



# ARTIFICIAL INTELLIGENCE UNTUK KENDARAAN OTONOM

Dr. Ir. Agus Wibowo, M.Kom, M.Si, MM



YAYASAN PRIMA AGUS TEKNIK



# ARTIFICIAL INTELLIGENCE UNTUK KENDARAAN OTONOM

**Dr. Ir. Agus Wibowo, M.Kom, M.Si, MM**



YAYASAN PRIMA AGUS TEKNIK

**PENERBIT :**  
YAYASAN PRIMA AGUS TEKNIK  
Jl. Majapahit No. 605 Semarang  
Telp. (024) 6723456. Fax. 024-6710144  
Email : penerbit\_ypat@stekom.ac.id

ISBN 978-634-7227-27-0 (PDF)



9 786347 227270

# **ARTIFICIAL INTELLIGENCE UNTUK KENDARAAN OTONOM**

**Penulis :**

Dr. Ir. Agus Wibowo, M.Kom, M.Si, MM

**ISBN : 978-634-7227-27-0**

**Editor :**

Dr. Joseph Teguh Santoso, S.Kom., M.Kom.

**Penyunting :**

Dr. Mars Caroline Wibowo. S.T., M.Mm.Tech

**Desain Sampul dan Tata Letak :**

Irdha Yuniato, S.Ds., M.Kom

**Penebit :**

Yayasan Prima Agus Teknik Bekerja sama dengan  
Universitas Sains & Teknologi Komputer (Universitas STEKOM)

**Anggota IKAPI No:** 279 / ALB / JTE / 2023

**Redaksi :**

Jl. Majapahit no 605 Semarang

Telp. 08122925000

Fax. 024-6710144

Email : [penerbit\\_ypat@stekom.ac.id](mailto:penerbit_ypat@stekom.ac.id)

**Distributor Tunggal :**

**Universitas STEKOM**

Jl. Majapahit no 605 Semarang

Telp. 08122925000

Fax. 024-6710144

Email : [info@stekom.ac.id](mailto:info@stekom.ac.id)

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara  
apapun tanpa ijin dari penulis

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmat dan karunia-Nya sehingga buku berjudul *“Artificial Intelligence Untuk Kendaraan Otonom”* ini dapat disusun dan hadir di tangan pembaca. Buku ini dihadirkan sebagai sumbangsih ilmiah dalam menjawab kebutuhan informasi dan pengetahuan di era perkembangan teknologi kecerdasan buatan (AI) yang semakin pesat, khususnya dalam penerapannya di bidang kendaraan otonom.

Kendaraan otonom kini bukan lagi sekadar impian, melainkan telah menjadi topik utama di dunia industri dan akademik. Kehadiran AI membuka cakrawala baru dalam merealisasikan kendaraan yang mampu beroperasi tanpa intervensi manusia. Buku ini membahas secara komprehensif beragam aspek yang melingkupi teknologi kendaraan otonom, mulai dari tren kecerdasan buatan, pipeline aktivitas AV (Autonomous Vehicles), standar industri, tantangan, hingga peluang masa depan. Tidak hanya itu, pembahasan diperluas hingga ke inovasi di bidang drone untuk layanan kesehatan, metode anti-tabrakan, sistem bantuan pengemudi, kontrol kendaraan bawah air, hingga isu-isu keamanan dan privasi.

Susunan sebelas bab di buku ini dipilih secara hati-hati untuk membekali pembaca dalam memahami setiap aspek penting: mulai dari tren AI, fondasi pipeline kendaraan otonom, standar serta tantangan industri, hingga konsep keamanan, privasi data, dan visi masa depan kendaraan otonom yang terkoneksi dengan ekosistem digital dan IoT. Disertai studi kasus, metodologi mutakhir, serta analisis kritis, buku ini diharapkan tidak hanya menjadi referensi akademik—tetapi juga membangkitkan inspirasi nyata bagi mahasiswa, peneliti, praktisi, hingga pengambil kebijakan.

Harapan kami, buku ini menjadi bahan bakar bagi inovasi lebih lanjut, memperluas wawasan, dan mendorong kolaborasi lintas disiplin demi terwujudnya kendaraan otonom yang lebih aman, cerdas, dan bermanfaat bagi masyarakat luas. Tak lupa, terima kasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam proses penulisan dan penyusunan buku ini. Kritik serta saran sangat terbuka demi perbaikan karya masa depan.

*Selamat membaca. Semoga buku ini menginspirasi dan memberi manfaat nyata dalam perjalanan Anda menyongsong masa depan mobilitas!*

Semarang, Juni 2025

Penulis

Dr. Ir. Agus Wibowo, M.Kom, M.Si, MM

## DAFTAR ISI

<b>Halaman Judul .....</b>	<b>i</b>
<b>Kata Pengantar .....</b>	<b>ii</b>
<b>Daftar Isi .....</b>	<b>iii</b>
<b>BAB 1 AI PADA KENDARAAN OTONOM .....</b>	<b>1</b>
1.1 Pendahuluan.....	1
1.2 Tren Dalam AI Untuk AV .....	3
1.3 Aktivitas AV-Pipeline.....	5
1.4 Kumpulan Data Dalam Literatur Kendaraan Otonom .....	13
1.5 Standar Industri Saat Ini Dalam AV.....	14
1.6 Tantangan Dan Peluang Dalam Kendaraan Otonom .....	15
1.7 Kesimpulan .....	16
<b>BAB 2 ERA AI KOMPUTASIONAL UNTUK KENDARAAN OTONOM.....</b>	<b>18</b>
2.1 Pendahuluan.....	18
2.2 Otonomi.....	23
2.3 Klasifikasi Kemajuan Teknologi Dalam Teknologi Kendaraan .....	31
2.4 Adaptasi Arsitektur Kendaraan.....	33
2.5 Arah Masa Depan Mengemudi Otonom .....	40
2.6 Kesimpulan .....	41
<b>BAB 3 INOVASI AI MENUJU KENDARAAN OTONOM.....</b>	<b>42</b>
3.1 Pendahuluan.....	42
3.2 Peran Ai Dalam Mobil Tanpa Pengemudi .....	44
3.3 Kesimpulan .....	56
<b>BAB 4 SURVEI ARSITEKTUR KENDARAAN OTONOM.....</b>	<b>58</b>
4.1 Pendahuluan.....	58
4.2 Teknologi Yang Digunakan Dalam AV .....	60
4.3 Analisis Arsitektur Kendaraan Otonom .....	64
4.4 Analisis Pada Salah Satu Arsitektur Yang Diusulkan .....	70
4.5 Arsitektur Fungsional Kendaraan Otonom .....	72
4.6 Tantangan Dalam Membangun Arsitektur Kendaraan Otonom.....	73
4.7 Keuntungan Kendaraan Otonom.....	75
4.8 Kasus Penggunaan Untuk Teknologi Kendaraan Otonom .....	76
4.9 Aspek Masa Depan Kendaraan Otonom .....	77
4.10 Kesimpulan .....	79
<b>BAB 5 SISTEM BANTUAN PENGEMUDI MOBIL OTONOM .....</b>	<b>81</b>
5.1 Pendahuluan.....	81
5.2 Pekerjaan Terkait .....	86
5.3 Metodologi .....	87
5.4 Deteksi Zona Navigasi.....	96
5.5 Kesimpulan .....	98
<b>BAB 6 DRONE BERTENAGA AI UNTUK LAYANAN KESEHATAN .....</b>	<b>100</b>
6.1 Pendahuluan.....	100
6.2 Jenis Drone Yang Digunakan Oleh Tenaga Medis .....	103
6.3 Pengawasan Medis Dan Kesehatan Masyarakat .....	104
6.4 Potensi Manfaat Drone Dalam Industri Kesehatan .....	108

6.5	Kesimpulan .....	112
<b>BAB 7</b>	<b>METODE ANTI-TABRAKAN MOBIL OTONOM .....</b>	<b>113</b>
7.1	Pendahuluan.....	113
7.2	Karya Terkait .....	116
7.3	Metodologi Pekerjaan Yang Diusulkan .....	119
7.4	Hasil Eksperimen Dan Analisis.....	122
7.5	Pemrosesan Tangkapan Gambar Mobil Otonom .....	124
7.6	Kesimpulan .....	127
<b>BAB 8</b>	<b>Pengenalan Emosi Pengemudi Di Kendaraan Otonom .....</b>	<b>128</b>
8.1	Pendahuluan.....	128
8.2	Deteksi Wajah.....	133
8.3	Permodelan Pengenalan Emosi.....	135
8.4	Model Pengenalan Wajah .....	138
8.5	Kesimpulan .....	142
<b>BAB 9</b>	<b>Model Untuk Sistem Bantuan Pengemudi .....</b>	<b>143</b>
9.1	Pendahuluan.....	143
9.2	Penyebab Kecelakaan .....	145
9.3	Permodelan Sistem Bantuan Pengemudi .....	147
9.4	Studi Eksperimen.....	152
9.5	Kesimpulan .....	154
<b>BAB 10</b>	<b>Kontrol Kendaraan Bawah Air Otonom .....</b>	<b>156</b>
10.1	Pendahuluan.....	157
10.2	Kontrol Gerakan.....	158
10.3	Masalah Kontrol Dalam Sistem Kontrol AUV.....	160
10.4	Metodologi .....	162
10.5	Stabilisasi Sistem .....	165
<b>BAB 11</b>	<b>Keamanan &amp; Privasi AI Kendaraan Otonom.....</b>	<b>168</b>
11.1	Pendahuluan.....	168
11.2	Pengembangan Mobil Otonom .....	171
11.3	Tingkat Otomatisasi Kendaraan Otonom .....	171
11.4	Arsitektur Kendaraan Otonom .....	172
11.5	Model Ancaman .....	173
11.6	Kendaraan Otonom Dengan AI Di Lingkungan Yang Mendukung IoT .....	174
11.7	Serangan Fisik Menggunakan AI Terhadap Kendaraan Otonom .....	176
11.8	Masalah Keamanan Siber AI Untuk Kendaraan Otonom .....	177
11.9	Mekanisme Pertahanan Serangan Siber .....	179
11.10	Solusi Berbasis Pembelajaran Mesin.....	181
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>.....</b>	<b>182</b>

# BAB 1

## AI PADA KENDARAAN OTONOM

Potensi kendaraan otomatis yang terhubung memiliki banyak segi, dan kemajuan otomatis berkaitan dengan lebih banyak pengembangan *Internet of Things* (IoT) yang memungkinkan kecerdasan buatan (AI). Kemajuan awal dalam bidang teknik, elektronik, dan banyak bidang lainnya telah menginspirasi AI. Ada beberapa usulan teknologi yang digunakan dalam kendaraan otomatis. Kendaraan otomatis berkontribusi besar terhadap pengoptimalan lalu lintas dan pengurangan korban. Dalam mempelajari otonomi kendaraan, ada dua kategori pengembangan yang tersedia: integrasi sistem tingkat tinggi seperti kendaraan energi baru dan sistem transportasi cerdas dan yang lainnya melibatkan kemajuan subsistem mundur seperti sistem sensor dan pemrosesan informasi.

Sistem Bantuan Pengemudi Lanjutan menunjukkan hasil yang memenuhi harapan masalah dunia nyata dalam otonomi kendaraan. Kecerdasan situasional yang mengumpulkan sejumlah besar data dipertimbangkan untuk pembuatan peta kota definisi tinggi, survei tanah, dan pemeriksaan kualitas jalan juga. Sistem infotainment transportasi mencakup pengenalan gerakan pengemudi, transaksi bahasa, dan persepsi lingkungan sekitar dengan bantuan kamera, Deteksi Cahaya dan Pengukuran Jarak (LiDAR), dan Deteksi dan Pengukuran Jarak Radio (RADAR) beserta pelokalan objek dalam pemandangan. Bab ini membahas sejarah kendaraan otonom (AV), tren bidang dalam Bab teknologi kecerdasan buatan dalam AV, kumpulan data canggih yang digunakan untuk dalam Bab AV, dan beberapa algoritma Pembelajaran Mesin (ML)/Pembelajaran Mendalam (DL) yang menyusun fungsi AV sebagai suatu sistem, diakhiri dengan tantangan dan peluang AI dalam AV.

### 1.1 PENDAHULUAN

Kendaraan otonom secara sederhana adalah kendaraan yang pergerakannya dimulai dari awal hingga berhenti dengan mode "autopilot". Teknologi kendaraan otonom dikembangkan untuk memberikan beberapa kelebihan dibandingkan dengan transportasi yang dikendarai manusia. Peningkatan keselamatan di jalan raya merupakan salah satu keunggulan potensial tersebut—kendaraan yang terhubung dapat secara drastis mengurangi jumlah korban setiap tahun.

Perangkat lunak pengemudian otomatis adalah sistem transportasi paling nyaman yang sangat mendukung golongan orang yang tidak dapat mengemudi karena usia dan keterbatasan fisik. Kendaraan otonom membantu mereka menemukan ide-ide cerdas baru, dan diprediksi dapat memberi mereka berbagai peluang untuk bekerja di bidang yang memerlukan pengemudian. Keputusan otomatis diambil tanpa campur tangan manusia, dan tindakan yang diperlukan diterapkan untuk memastikan stabilitas sistem.

Kendaraan pintar yang terhubung didukung oleh sistem self-driving berbasis AI yang merespons kondisi eksternal melalui kemampuan untuk merasakan lingkungan sekitar menggunakan *Adaptive Driver Control* (ADC) yang menggunakan laser dan radar yang

diaktifkan dengan teknologi ML dan DL. Untuk mengekstrak informasi objek dari data sensor yang bising, komponen ini sering menggunakan algoritma berbasis *machine learning* (ML). Representasi kendaraan otonom yang dapat dipahami sebagai suatu sistem ditunjukkan pada Gambar 1.1.

Sejarah mobil tanpa pengemudi berawal dari tahun 1478 saat Da Vinci menciptakan prototipe mobil tanpa pengemudi pertama. Di dalam kendaraan Da Vinci, terdapat robot self-propelled yang digerakkan oleh pegas. Robot ini memiliki kemudi yang dapat diprogram dan dapat mengeluarkan rute yang telah ditentukan sebelumnya. Sejarah singkat ini menunjukkan asal-usul kecerdasan buatan dalam filsafat, sastra, dan imajinasi manusia. Kendaraan otonom (AV) pertama kali dikonseptualisasikan pada tahun 1930an. Proyek Houdina Radio Control-lah yang mendemonstrasikan mobil "tanpa pengemudi" yang dikendalikan radio.

Pada pertengahan abad ke-20, General Motors mengambil inisiatif untuk mengembangkan mobil konsep yang disebut Firebird II. Mobil ini dianggap sebagai dasar untuk mobil kendali jelajah pertama bernama "Imperial" yang dirancang oleh perusahaan Chrysler pada tahun 1958. Kembali pada tahun 1990an, organisasi perlahan-lahan melanjutkan dengan mempertimbangkan langkah-langkah keselamatan termasuk kendali jelajah dan rem.

Setelah pergantian abad, deteksi titik buta dan kendali stabilitas elektronik melalui sensor tersedia di kendaraan yang dapat dikemudikan sendiri. Salah satu pencapaian terbesar pada tahun 1995 adalah kendaraan otonom yang dirancang VaMP yang dapat melaju (hampir) sendiri sejauh 2.000 km. Antara tahun 1995 dan 1998, Konsorsium AHS Nasional diadakan untuk mobil yang diikuti oleh organisasi PATH yang melakukan demo bus dan truk otomatis. Pada tahun 2009, Proyek Mobil Google yang Dapat Dikemudikan Sendiri dimulai; akhirnya, Tesla Multinational Automotive merilis pembaruan dalam perangkat lunak autopilot. Mobil self-driving yang dirancang oleh Google, setelah mengalami kecelakaan uji coba pada tahun 2016, dianggap sebagai kerusakan besar bagi pengembangan AV.

Pada akhir tahun 2016, Bolt dan Super Cruise di Cadillac memiliki kontrol otonom. Pada awal Januari 2022, Volvo meluncurkan Ride Pilot, teknologi mengemudi otonom Level 3 yang baru, di pameran elektronik konsumen CES. Tanpa masukan manusia, sistem ini menavigasi jalan menggunakan LiDAR, radar, sensor ultrasonik, dan pengaturan kamera 360 derajat.



**Gambar 1.1** Representasi sistem AV.

Pada tahun 2019, kendaraan yang dapat dikemudikan sendiri memiliki fitur-fitur berikut:

Pengemudi dapat dikendalikan dengan tangan bebas, tetapi sistem juga perlu dipantau. Dengan peningkatan tambahan dalam kemudi dengan tangan bebas, kontrol jelajah adaptif (ACC) menjaga kendaraan pada perpindahan yang telah ditentukan dari objek di sekitarnya. Ketika gangguan terjadi seperti pengemudi yang menyeberang jalur, mobil akan memaksa sistem untuk melambat dan berpindah jalur. Salah satu masalah utama dengan mobilitas AV adalah bagaimana menggabungkan sensor dan memperkirakan keadaan untuk membedakan antara skenario berisiko dan yang kurang berbahaya.

Mobilitas AV cukup membosankan, tetapi rilis yang diterima secara berkelanjutan di bidang ini memberikan mobilitas yang lebih baik bagi kendaraan. AI memberikan perubahan yang fantastis dalam revolusi teknologi. Departemen Transportasi (DOT) dan NHTSA menangani keselamatan selain protokol otomatisasi. Bagian 1.2 dari bab ini menyajikan survei terperinci tentang algoritma pembelajaran mesin dan pembelajaran mendalam yang digunakan dalam literatur AV tempat aktivitas penting dalam jaringan AV dianalisis secara individual. Bagian 1.3 menyajikan survei tentang kumpulan data terkini yang digunakan dalam kendaraan otonom, dan Bagian 1.4 membahas standar industri, risiko, tantangan, dan peluang, dengan Bagian 1.5 merangkum analisisnya.

## **1.2 TREN DALAM AI UNTUK AV**

Untuk memberi pembaca gambaran komprehensif tentang status literatur AI pada AV, tren dalam Bab terkini tentang algoritma ML/DL dalam desain kendaraan otonom disajikan. Sistem tersebut bergantung pada beberapa kemajuan teknologi dalam teknis AI. Ketika melihat ideologi otomasi dalam kendaraan, sistem tersebut terdiri dari enam tingkatan yang berbeda. Dimulai dari tingkat 0, pengemudi manusia beroperasi tanpa kendali diri di dalam mobil. Kita dapat mengatakan bahwa tidak ada kerja mandiri di tingkat 0. Pada tingkat pertama, Sistem Bantuan Pengemudi Lanjutan (ADAS) di dalam kendaraan mendukung pengemudi dengan kontrol akselerasi atau kemudi. Selain tingkat 1, ADAS menyediakan kontrol rem ke sistem seperti Sistem Pengereman Darurat Otomatis (AEBS). Namun, pengemudi harus memberikan perhatian penuh pada lingkungan sekitar—level 2. Pada level 3, hampir semua proses otomasi dilakukan oleh sistem, tetapi akses pengemudi diperlukan dalam operasi tertentu. Peta definisi tinggi waktu nyata harus dapat diakses, lengkap, dan terperinci. Peta-peta ini diperlukan, dan digunakan untuk memutuskan jalur dan lintasannya. Pengembangan lebih lanjut dari level 3 adalah bahwa sistem pengemudian canggih (ADS) kendaraan menyediakan otomasi lengkap tanpa manusia bahkan jika seseorang tidak menanggapi permintaan dalam beberapa keadaan. Enam derajat kebebasan kendaraan ditunjukkan oleh posisi, yang dipantau oleh sensor pose AV:  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ,  $\phi$ ,  $\theta$ , dan  $\psi$ ; di sini,  $x$ ,  $y$ , dan  $z$  menggambarkan posisi sebenarnya dari sistem pada level 4.

Akhirnya, pada level 5, konsep sopir virtual diperkenalkan oleh ADS bersama dengan ACC dan melakukan semua pengemudian dalam semua keadaan. Kendaraan otonom dapat berhasil diimplementasikan dalam berbagai situasi kasus penggunaan dengan

menggabungkan fungsi lengkap sensor, aktuator, peta, detektor, dll. Penting untuk menunjukkan fungsionalitas dalam lingkungan nyata seperti pembangunan perkotaan dan pedesaan yang menggabungkan kendaraan pintar.

Teknologi LiDAR memastikan pengoperasian kendaraan otonom yang fungsional dan aman. LiDAR lebih efisien dalam membuat gambar 3D dari lingkungan sekitar yang dianggap penting dalam pengaturan perkotaan. Sensor LiDAR yang dipasang di atap yang berputar membuat dan memelihara peta 3D langsung dari jarak 60 m dari lingkungan sekitar dan dengan demikian menghasilkan rute khusus untuk perjalanan ke tujuan yang ditentukan oleh pengemudi. Radar dipasang untuk mengukur jarak antara penghalang dan ditempatkan di bagian depan dan belakang. Untuk menentukan posisi mobil di jalur mengenai peta 3D, sensor di roda belakang kiri melacak dan memberi sinyal gerakan menyamping sistem. Semua sensor terhubung ke program AI, yang menerima kumpulan data sesuai.

Ketiga, upaya pemetaan kolaboratif mengumpulkan sejumlah besar data mentah sekaligus dengan memanfaatkan teknologi GPS untuk memulihkan informasi tentang sinyal lalu lintas, landmark, dan proyek konstruksi yang menyebabkan penyimpangan. Dengan memperoleh lebih banyak pengetahuan tentang perilaku NVH seluruh kendaraan, sistem kinerja kendaraan dapat ditingkatkan. Memanfaatkan sistem NVH Simcenter memiliki keuntungan tambahan, seperti strategi berbasis AI untuk meningkatkan efektivitas pengujian NVH, dan prediksi kinerja NVH tanpa perlu model simulasi yang rumit.

Setelah pengembangan model 3D, pengembang berfokus pada zat-zat di sekitarnya. Arsitektur kendaraan YOLOv2 yang revolusioner telah dikembangkan untuk mengatasi masalah berbasis akurasi, meningkatkan identifikasi kelambatan, dan mengatasi kelambatan dalam kriteria klasifikasi. Sistem mengemudi otonom dilapisi dengan *augmented reality* (AR), yang ditampilkan di kaca depan. Sistem tampilan kendaraan AR diperlukan untuk navigasi. Kesadaran situasional telah dianggap sebagai antarmuka baris perintah yang dikembangkan menggunakan teknologi AR.

Kumpulan data INRIA digunakan untuk mengidentifikasi kendaraan dan pejalan kaki sebagai bagian dari demonstrasi instruksi keselamatan berkendara berbasis AR-HUD berdasarkan artikel yang dirilis oleh SAE International. Algoritma SVM dan HOG telah digunakan untuk membangun metode identifikasi, yang mendeteksi hambatan parsial dengan akurasi 72% dan 74% dalam bingkai per detik. Karena peningkatan pada sistem di atas telah dituntut, para teknolog memodelkan versi yang lebih baik melalui penggunaan kamera stereo dan augmented reality. Sistem peringatan tabrakan depan mendeteksi kendaraan dan orang dan menunjukkan peringatan dini saat menerapkan pengklasifikasi SVM untuk ketakutan yang menerima 86,75% untuk mengidentifikasi mobil dan 84,17% untuk mengidentifikasi pejalan kaki.

Meskipun sulit untuk menetapkan strategi pendeteksian gerakan, model tersebut mampu mengendalikan mobil dalam situasi kebingungan. Metode ini menetapkan basis aturan untuk menangani situasi yang tidak logis. Metode tersebut mungkin menyelesaikan 45,6 m perancangan jalur dalam 50,2 detik. Studi tersebut menyarankan penggunaan struktur data R-tree dan pencarian tetangga terdekat berkelanjutan. Untuk mensimulasikan hujan 3D,

gambar stereo digunakan. Metode tersebut dapat digunakan untuk foto yang sudah ada, mencegah kebutuhan untuk mengambil ulang. *Recurrent Rolling Convolution* (RRC) untuk prediksi objek dan dataset KITTI digunakan dalam pengujian studi di Institut Teknologi Karlsruhe. Hasil pengujian 450 foto menunjukkan bahwa presisi rata-rata yang diukur oleh algoritma berkurang sebesar 1,18%.

Otonomi kendaraan berkemampuan 5G yang paling mungkin terjadi menyatakan bahwa melalui C-RAN, kendaraan otonom dan terhubung yang berjalan pada 5G akan dapat mengakses ML/AI berbasis cloud untuk membuat keputusan mengemudi sendiri. Dalam pengaturan mobilitas tinggi, komputasi tepi dan 5G dapat mempercepat dan meningkatkan dekripsi data secara signifikan. Dalam kasus ini, analisis dan pemrosesan data berbasis komputasi tepi secara otomatis dijalankan di server yang paling dekat dengan mobil. Ini dapat secara signifikan mengurangi lalu lintas data, menghilangkan kendala Internet untuk menangani kecepatan yang lebih tinggi dalam transfer data, dan menurunkan biaya transmisi. Para peneliti mengonfirmasi bahwa akses Internet berkecepatan tinggi dapat meningkatkan transaksi data, dan akhirnya, mengemudi secara otonom sangat diuntungkan oleh hal yang sama.

Proses keputusan Markov stokastik (MDP) telah digunakan untuk mensimulasikan bagaimana kendaraan otonom berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya dan belajar mengemudi seperti pengemudi ahli. Model MDP mempertimbangkan tata letak jalan untuk memperhitungkan berbagai macam perilaku berkendara. Perilaku berkendara seperti ahli yang diinginkan kendaraan otonom dicapai dengan memilih strategi berkendara terbaik untuk mobil otonom. Jaringan saraf dalam (DNN) telah digunakan untuk membuat perkiraan fungsi imbalan pengemudi ahli yang tidak diketahui. Prinsip entropi maksimum (MEP) telah digunakan untuk melatih DNN. Simulasi menunjukkan karakteristik berkendara ideal kendaraan otonom. Penggunaan MEP telah dimodelkan untuk melatih fungsi reward DNN. Selain itu, derivasi penting untuk menerapkan MEP untuk mengetahui aplikasi dan cara kerja fungsi reward juga telah ditawarkan (fungsionalitas tertentu).

### **1.3 AKTIVITAS AV-PIPELINE**

Setiap domain diperiksa dengan melihat berbagai pendekatan dan teknik serta membandingkan manfaat, kekurangan, hasil, dan signifikansinya. Untuk mempercepat pembangunan AVS level 4 atau 5, pemeriksaan setiap domain dirangkum sebagai berikut.

#### **Deteksi Kendaraan**

Bagian ini menganalisis metode pembelajaran mendalam, yang digunakan untuk identifikasi dan pengenalan kendaraan yang lebih cepat dan lebih tepat dalam berbagai situasi berkendara yang tidak dapat diprediksi. Buku ini menyarankan arsitektur jaringan daring untuk mengidentifikasi dan melacak kendaraan. Dengan menggunakan set data KITTI dan perkiraan lintasan LSTM, kerangka kerja tersebut mengubah pose 3D saat instans dipindahkan dalam sistem koordinat global, mengungguli hasil LiDAR jarak jauh. LiDAR memperoleh 350,50 negatif palsu dalam rentang 30 m.

Skor negatif palsu berbasis LiDAR untuk pengujian 50 m dan 10 m telah disebutkan sebagai 857,08 dan 1.572,33. Untuk meningkatkan kecepatan pengenalan, dan sebagai cara untuk menyelesaikannya, arsitektur kendaraan YOLOv2 yang baru diusulkan. Salah satu masalah utama dengan pendekatan pemantauan lalu lintas waktu nyata adalah resolusi gambar yang rendah, yang mungkin disebabkan oleh faktor-faktor seperti cuaca buruk. Kendaraan dalam foto dan video beresolusi rendah diperiksa untuk masalah ini dalam hal efektivitas CNN.

Arsitektur yang digunakan oleh jaringan saraf beroperasi dalam dua tahap: pertama, mendeteksi fitur tingkat tinggi, dan kemudian mendeteksi atribut tingkat rendah. Ini mengevaluasi kemampuan model untuk mengenali mobil pada berbagai tingkat resolusi input. Hasil menyatakan bahwa CNN secara mengejutkan positif dalam identifikasi bahkan dengan resolusi rendah. Liu et al. menunjukkan pendekatan yang paling tidak rumit untuk AVS dengan menggabungkan jaringan YOLO yang ringan. Teknik ini diterapkan pada kumpulan data yang dibuat sendiri dan, dalam waktu 44,5 ms, mencapai presisi 90,38%. Ini bisa menjadi titik balik bagi AVS, solusi yang lebih cepat dan lebih tepat untuk berbagai bidang penglihatan dan implementasi di siang atau malam hari.

#### **Penghindaran Tabrakan dari Belakang**

Tabrakan berdampak negatif pada keselamatan jalan dan jaminan berkendara yang aman. Berbagai publikasi menekankan pentingnya mengusulkan metode untuk mengurangi tabrakan berdasarkan berbagai pendekatan seperti penghindaran tabrakan, peringatan tabrakan, dan penilaian risiko tabrakan (VANET). Algoritma ini diimplementasikan dalam jaringan ad hoc kendaraan. Dalam buku ini, penulis mengusulkan model teori penghindaran tabrakan. Model ini bekerja dengan memberikan bobot pada input. Karakteristik tertentu seperti usia pengemudi, daya penglihatan, kesehatan mental, dan kondisi kesehatan fisik diberikan pada algoritma. Algoritma menghitung bobot untuk karakteristik, memproses input, dan menghasilkan output.

Umumnya, output selalu berupa peringatan. Implementasi algoritma dilakukan di MATLAB, dan platform implementasi lainnya adalah Vissim. Buku di atas sepenuhnya didasarkan pada faktor manusia. Sedangkan model lain yang disebut peringatan tabrakan yang dibahas oleh penulis mempertimbangkan faktor manusia dan situasi serta waktu cuaca. Algoritma ini sangat berfokus pada kekuatan visual manusia dan mengajukan sistem peringatan berbasis visualitas. Perangkat lunak MATLAB dan perangkat lunak komersial PreScan digunakan untuk menguji sistem peringatan berbasis visualitas.

Sistem ini diterima untuk memberikan kinerja yang lebih baik daripada sistem peringatan lainnya. Untuk mencegah kecelakaan, Sistem Pencegahan Kecelakaan Jalan Berbasis Multi-Faktor (MFBRAPs) disarankan. Implementasinya menggunakan MATLAB dan NetLogo. Berdasarkan studi sebelumnya, penulis mengambil elemen signifikan baru yang dapat membantu algoritma penghindaran tabrakan dengan cara yang lebih efisien dalam pekerjaan ini. Mereka menambahkan parameter baru ini ke MFBRAPs untuk meningkatkan sistem peringatan tabrakan V2V. Algoritma yang disarankan mengaktifkan berbagai fungsi sistem bantuan pengemudi untuk mengendalikan kecepatan dan menerapkan rem setelah

memperkirakan kemungkinan kecelakaan. Alarm diproduksi seperlunya oleh sistem bantuan pengemudi.

### **Pengenalan Rambu dan Sinyal Lalu Lintas**

Literatur tentang pengenalan rambu lalu lintas sangat luas, dan masih banyak pertanyaan yang belum terpecahkan yang harus dijawab oleh para peneliti dari seluruh dunia. Deteksi rambu lalu lintas sangat diperlukan dalam desain kendaraan otonom, karena rambu-rambu tersebut mengomunikasikan perintah kepada pengemudi di tempat untuk mengambil tindakan yang tepat. Hasil pengenalan rambu lalu lintas menggunakan kumpulan data GTSRB ditunjukkan pada Gambar 1.2.

Struktur baru bernama *Branch Convolutional Neural Network* (B-CNN) kini diubah menjadi identifikasi sinyal pengunjung situs. Mekanisme keluaran cabang diperkenalkan ke dalam arsitektur dan disisipkan di antara lapisan penggabungan dan lapisan konvolusional untuk meningkatkan pengenalan beserta kecepatan dan akurasi mesin. Teknik berbasis B-CNN bekerja dengan sangat baik dalam pengaturan visual yang rumit. Arsitektur CNN LeNet-5 digunakan untuk melatih 16 lalu lintas Korea yang bervariasi. Set latihan terdiri dari positif benar—25.000—dan positif salah—78.000.

Selain itu, fitur identifikasi lampu lalu lintas konvolusional untuk AVS berdasarkan Quicker R-CNN sesuai untuk identifikasi lampu lalu lintas serta kategorisasi. Mereka menerapkan metode mereka ke kumpulan data yang cukup besar yang disebut lampu lalu lintas DriverU dan memperoleh presisi rata-rata 92%. Namun, pembatasan pada positif palsu akan disusutkan dengan menggunakan strategi atau RNN. Pengenalan rambu lalu lintas berdasarkan model warna HSV oleh arsitektur LeNet-5 dengan pengoptimal Adam diusulkan dan diuji dengan identifikasi lalu lintas berbasis teknologi Jerman dan menghasilkan akurasi rata-rata 99,75 dengan 5,4 ms per bingkai.

Sistem pengenalan dan klasifikasi lampu lalu lintas DeepTLR adalah sistem yang bergantung pada penglihatan waktu nyata, rumit, dan sangat kompleks yang tidak menginginkan informasi posisi atau prinsip temporal. Kumpulan data GTSRB berfungsi sebagai set pelatihan untuk sebagian besar teknik pembelajaran mendalam. Dalam CNN berbasis LetNet-5 pada dataset yang dibuat sendiri dengan segmentasi ambang batas spasial menggunakan HSV, dataset GTSRB mendapat skor terbaik untuk identifikasi rambu lalu lintas, meskipun ada penurunan kinerja dalam lingkungan yang rumit dan deteksi rambu yang terpisah.

Meskipun ada tindakan penurunan dalam pengaturan komposit dan pemahaman indikasi yang terbagi karena luas yang dikirimkan, dataset GTSRB mengungguli CNN berbasis LetNet-5 pada dataset yang dirancang yang menyertai pemisahan pembukaan geografis yang mengadopsi HSV. Meskipun mengandalkan data yang diberi label sebelumnya, teknik berbasis metode YOLO untuk deteksi lampu lalu lintas dengan pengenalan rambu interior memperoleh akurasi tertinggi dalam waktu tersingkat dari yang dibahas di atas.



**Gambar 1.2** Rambu lalu lintas dari dataset GTSRB.

### Deteksi dan Pelacakan Jalur

Deteksi dan pelacakan jalur telah dianggap sebagai modul penting dalam sistem kendaraan otonom yang lengkap. Dalam berbagai literatur, hal ini telah dianggap sebagai bidang yang penting dalam kendaraan otonom, dan banyak algoritma telah diusulkan untuk memecahkan masalah deteksi dan pelacakan jalur yang dihadapi. Ini adalah modul penting yang memecahkan masalah persepsi kendaraan otonom. Dibandingkan dengan deteksi jalur lurus, beberapa literatur memperkenalkan pelacakan deteksi jalur jalan melengkung sebagai hal yang menantang dan penting untuk menghindari kecelakaan. Gambar 1.3 dan Gambar 1.4 masing-masing menunjukkan garis jalur lurus dan garis jalur melengkung.



**Gambar 1.3** Garis lajur lurus.



**Gambar 1.4** Garis lajur lengkung.

Buku ini mengategorikan metode deteksi jalur menjadi tiga yaitu berbasis fitur, berbasis model, dan metode berdasarkan teknologi tren lainnya dan membahas algoritma deteksi jalan melengkung yang baru, di mana gambar jalan awalnya dibagi menjadi ROI dan latar belakang. ROI selanjutnya dibagi menjadi bagian linier dan melengkung. Pendekatan yang diusulkan berkembang sebagai serangkaian persamaan matematika dan transformasi Hough. Disimpulkan bahwa algoritma yang diusulkan efektif mengidentifikasi batas jalur dan cukup efektif untuk membantu pengemudi, meningkatkan standar keselamatan.

Buku ini menyajikan pendekatan deteksi dan pelacakan lajur berdasarkan filter partikel jumlah Gaussian. Pendekatan ekstraksi fitur yang diusulkan dalam buku ini didasarkan pada perambatan linier titik batas dan lajur saat memperbesar gambar. Tiga jenis algoritma yang digunakan untuk pelacakan, yaitu, filter partikel SIR, filter partikel Gaussian, dan GSPF yang digunakan, dibandingkan, dan telah disimpulkan bahwa GSPF mengungguli dua algoritma pelacakan lain yang banyak digunakan.

Buku ini menyajikan survei tren dan metode dalam deteksi jalan dan lajur, yang menyoroti kesenjangan dalam Bab. Tujuh modalitas yang berbeda, yaitu, penglihatan monokuler, LiDAR, pencitraan stereo, radar, dinamika kendaraan, GPS, dan GIS, telah digunakan untuk persepsi jalan dan lajur. Survei tersebut menyoroti kesenjangan dalam literatur masalah persepsi jalan multi-lajur dan lajur nonlinier. Deteksi pemisahan dan penggabungan lajur telah diusulkan sebagai masalah persepsi yang tidak diperhatikan yang akan dipecahkan dalam waktu dekat untuk pengembangan kendaraan yang sepenuhnya otonom. Kurangnya tolok ukur yang mapan juga telah dibahas sebagai masalah penting untuk membandingkan metode yang saat ini efisien dalam skenario yang berbeda.

Buku ini membandingkan teknik deteksi jalur berbasis visi komputer dengan algoritma berbasis sensor. Modul tradisional dalam algoritma deteksi jalur berbasis visi komputer konvensional seperti yang disorot dalam survei adalah praproses gambar, ekstraksi fitur, pemasangan jalur, dan modul pelacakan. Operator deteksi tepi yang populer seperti Canny, Sobel, Prewitt, operator deteksi garis, dan teknik thresholding telah disorot sebagai teknik ekstraksi fitur yang populer digunakan berdasarkan asumsi dalam struktur, tekstur, dan warna jalan. Potensi pembelajaran mendalam untuk ekstraksi fitur otomatis dan untuk mempelajari lingkungan dengan sebagian besar kondisi varians telah disorot. Survei tersebut juga mengkritik kurangnya kumpulan data yang dijadikan tolok ukur dan metrik evaluasi standar untuk menguji efisiensi algoritma.

Dalam buku ini, penulis menyajikan survei terperinci tentang metode pembelajaran mendalam yang digunakan dalam deteksi jalur. Survei mengkategorikan metode state-of-the-art menjadi dua berdasarkan jumlah modul sebagai metode dua langkah dan satu langkah berdasarkan ekstraksi fitur dan pascaproses. Klasifikasi, deteksi objek, dan arsitektur berbasis segmentasi telah dirinci sebagai tiga jenis arsitektur model yang digunakan untuk deteksi jalur. Buku ini juga membahas metrik evaluasi berbagai algoritma berdasarkan dataset TuSimple, yang telah dianggap sebagai dataset terbesar untuk deteksi jalur. Berdasarkan analisis, arsitektur CNN-LSTM(SegNet+) telah dilaporkan memiliki akurasi tertinggi sebesar 97,3%.

Kompleksitas komputasi model pembelajaran mendalam seperti CNN dan RNN telah ditekankan sebagai kerugian untuk implementasi pada perangkat dengan memori rendah. Dalam buku ini, penulis menerapkan algoritma pembelajaran CNN baru untuk deteksi jalur, yaitu, *Extreme Learning Machine* (ELM), untuk mengurangi waktu pelatihan, juga dengan menggunakan dataset yang relatif lebih kecil untuk pelatihan. Waktu pelatihan ELCNN telah dilaporkan 800 kali lebih cepat, dan hasil eksperimen menetapkan bahwa menggabungkan ELM ke CNN juga meningkatkan kinerja model berdasarkan akurasi. Buku ini menekankan arsitektur CNN berbasis edge-cloud computing untuk deteksi jalur, di mana konsep edge

computing dan cloud computing telah diperkenalkan untuk meningkatkan efisiensi pemrosesan data untuk deteksi jalur waktu nyata.

Pendekatan mereka mencapai akurasi yang wajar daripada algoritma canggih lainnya dalam skenario yang menantang dengan cahaya yang tidak mencukupi, oklusi bayangan, garis jalur hilang, dan garis jalur melengkung. Akurasi yang dicapai pada kondisi jalan normal adalah 97,57 dan semua metrik evaluasi telah diturunkan berdasarkan set data TuSimple. Dalam buku ini, penulis mengusulkan arsitektur deteksi jalur pembelajaran mendalam berbasis multi-frame menggunakan CNN dan RNN untuk menghindari ambiguitas yang muncul karena deteksi berdasarkan satu frame di hadapan bayangan, oklusi kendaraan, dll. Arsitektur berbasis pemandangan berkelanjutan memiliki lapisan CNN, di mana input-output multi-frame merupakan data deret waktu yang dimasukkan ke dalam jaringan saraf berulang.

Arsitektur CNN bertindak sebagai sirkuit encoder decoder untuk mengurangi ukuran input, dan arsitektur LSTM menentukan pemandangan berikutnya, sehingga mendeteksi jalur. Pekerjaan tersebut meletakkan dasar yang kuat untuk menggunakan arsitektur CNN-RNN untuk mendeteksi jalur dalam skenario yang menantang. Ini menetapkan gagasan bahwa situasi yang tidak dapat dianalisis menggunakan input gambar tunggal dapat ditingkatkan dengan menggunakan arsitektur input multi-frame. Dalam buku ini, penulis memperkenalkan algoritma deteksi rintangan dan jalur berbasis YOLO berdasarkan input video dan kumpulan data TuSimple.

Transformasi perspektif terbalik telah digunakan untuk membangun pandangan jalur dari atas. Model pembelajaran mendalam dikritik karena kinerjanya yang buruk, dan arsitektur berbasis YOLO-nya mencapai akurasi 97,9% untuk deteksi jalur dalam rentang waktu 0,0021 detik. Peningkatan kecepatan pemrosesan ini diklaim menguntungkan untuk implementasi dalam skenario kendaraan otonom waktu nyata.

### **Deteksi Pejalan Kaki**

Salah satu masalah utama berbasis penglihatan untuk AVS adalah mengenali dan melokalisasi pejalan kaki secara akurat di jalan dalam berbagai situasi. Studi tentang otonomi kendaraan bertujuan untuk meningkatkan akurasi dalam mengidentifikasi dan melokalisasi pejalan kaki untuk mencegah kematian. Sejumlah dalam Bab telah berhasil menurunkan tingkat kecelakaan dan mengembangkan pendekatan yang lebih akurat dan tahan lama terhadap teknologi mengemudi otonom. Pendekatan yang digunakan untuk deteksi pejalan kaki dapat dikategorikan secara luas menjadi dua, yaitu yang menggunakan ekstraksi fitur man-in-the-loop dan metode berbasis pembelajaran mendalam.

Untuk deteksi pejalan kaki, model pembelajaran mendalam yang paling dicari adalah jaringan saraf konvolusional, yang telah digunakan dalam banyak dalam Bab untuk mendeteksi pejalan kaki. Dengan cara itu, jaringan dalam yang disebut *large-field-of-view* (LFOV) diimpor untuk secara seragam menelusuri representasi pejalan kaki yang membingungkan. Struktur yang diajukan dibuat untuk menganalisis dan membuat penilaian kategorisasi di seluruh lingkungan secara bersamaan dan efisien.

Jaringan LFOV secara implisit dapat menggunakan kembali kalkulasi karena menganalisis wilayah yang sangat luas dengan kecepatan yang lebih tinggi yang secara

substansial lebih cepat daripada jaringan dalam standar. Sistem deteksi pejalan kaki ini menunjukkan kinerja yang meyakinkan untuk aplikasi praktis, membutuhkan waktu 280 ms per gambar pada GPU dan memiliki tingkat kesalahan rata-rata 35,85%. Untuk penemuan pejalan kaki, versi struktural CNN baru diusulkan.

Untuk memberi anotasi posisi pejalan kaki dalam model, mereka menggunakan foto sintetis dan pembelajaran transfer, bersama dengan saran kotak pembatas untuk wilayah yang tidak tertutup. Ketika skenario yang padat diperhitungkan, ia memperoleh 26% jumlah yang hilang dalam kumpulan data CUHK08 dan 14% proporsi yang hilang dalam kumpulan data pejalan kaki Caltech. Manfaat utamanya adalah ia tidak memerlukan metode usulan wilayah dan tidak memerlukan deteksi eksplisit selama pelatihan.

Dalam buku ini, penulis menyajikan survei terperinci tentang algoritma deteksi pejalan kaki terkini dalam domain mobil dan keselamatan. Posisi manusia di jalur, pose, warna, lingkungan, cuaca, tekstur, dll., meningkatkan kompleksitas masalah deteksi pejalan kaki, membuat pendekatan pencocokan templat klasik menjadi tidak efisien untuk deteksi waktu nyata. Pendekatan deteksi berbasis fitur memerlukan metode ekstraksi fitur man-in-the-loop, sedangkan model pembelajaran mendalam mempelajari sendiri fitur selama pelatihan. Ini telah disorot sebagai keuntungan dari metode deteksi berbasis pembelajaran mendalam di mana model dapat mencapai akurasi yang wajar dengan set pelatihan yang besar; namun, kedua pendekatan tersebut telah dianggap diimplementasikan setara satu sama lain.

CNN telah dianggap sebagai algoritma yang paling banyak digunakan untuk deteksi pejalan kaki. Bounding box, missing rate, TP, TN, FP, FN, False Positives per Window, AMR, dan IoU dianggap sebagai metrik evaluasi yang paling umum digunakan. Telah disimpulkan bahwa akurasi dan biaya masih merupakan trade-off yang harus diseimbangkan dalam deteksi pejalan kaki, karena solusi yang kuat untuk masalah kompleks ini belum diusulkan dengan lebih efisien. Dalam buku ini, penulis mencontohkan kesamaan antara jalur deteksi pejalan kaki dan jalur deteksi objek dan melakukan eksperimen untuk mengoptimalkan jalur deteksi berbasis CNN untuk deteksi pejalan kaki. Algoritma Sliding Window, Selective Search, dan LDCF telah diuji untuk efisiensi terbaik dalam pemilihan kandidat wilayah.

Pencarian Selektif telah disimpulkan tidak cocok, pendekatan Sliding Window mencapai recall yang lebih baik, dan algoritma LDCF telah disimpulkan sebagai algoritma proposal wilayah terbaik. Pendekatan mereka telah dievaluasi berdasarkan dataset Caltech-Pedestrian menggunakan metrik kesalahan seperti MR dan FPPI. Seluruh eksperimen telah diuji pada NVIDIA Jetson TK1, perangkat keras yang paling banyak digunakan dalam mobil pintar. Dalam buku ini, penulis mengusulkan pendekatan hybrid dengan menggabungkan HOV, LUV, dan pengklasifikasi CNN, yaitu, kerangka fitur saluran multilayer. Telah dibahas bahwa dengan menghilangkan jendela yang tumpang tindih, biaya CNN telah berkurang. Pendekatan yang diusulkan telah dievaluasi dalam dataset Caltech, KITTI, INRIA, TUD-Brussels, dan ETH.

Kinerja MCF telah dianggap adil dibandingkan dengan metode terkini. Dalam buku ini, penulis mengusulkan arsitektur jaringan saraf dalam berbasis berbagi fitur untuk deteksi pejalan kaki, sehingga mengurangi biaya komputasi ekstraksi fitur selama fase pelatihan

model. Berbagai fitur telah ditekankan di antara berbagai detektor berbasis ConvNet yang berbeda dalam ukuran jendela modelnya.

INRIA dan Caltech telah digunakan untuk mengevaluasi pendekatan mereka, dan telah dilaporkan menggunakan empat unit detektor ConvNet; waktu untuk deteksi menurun hampir 50%. Dalam buku ini, penulis mengkritik kecepatan deteksi yang lambat dari algoritma pembelajaran mendalam konvensional dan menggunakan arsitektur YOLO untuk deteksi pejalan kaki. Eksperimen telah dilatih menggunakan dataset INRIA dan beberapa gambar terpilih dari PASCAL VOC. YOLOv2 telah disimpulkan memiliki kecepatan deteksi yang lebih tinggi daripada pendekatan yang disajikan dalam buku ini.

Dalam buku ini, penulis mengusulkan arsitektur deteksi pejalan kaki dua-modular berdasarkan jaringan saraf konvolusional. Dalam modul pembangkitan wilayah, berbeda dengan piramida gambar, piramida fitur digunakan untuk menangkap fitur dengan resolusi yang berbeda. Arsitektur ResNet-50 yang dimodifikasi telah digunakan sebagai jaringan latar belakang kedua modul. Modul prediksi wilayah berbasis pengawasan mendalam dengan demikian mencapai skor presisi 88,6% dan MR 8,9%. Telah disimpulkan bahwa keseimbangan trade-off yang adil telah dicapai antara prediksi waktu nyata dan akurasi.

Dalam buku ini, penulis mengusulkan arsitektur jaringan saraf konvolusional untuk tugas deteksi pejalan kaki waktu nyata. Pendekatan tersebut menandakan arsitektur ringan untuk deteksi dan peringatan waktu nyata untuk menghindari kecelakaan. Pendekatan pemecahan masalah berbasis regresi telah diterapkan sebagai kontras dengan modul klasifikasi konvensional untuk meningkatkan kecepatan inferensi. Teknik pemangkas dan kuantisasi telah disorot sebagai teknik kompresi model yang digunakan. Kecepatan inferensi yang diamati adalah 35 bingkai per detik dengan mAP 87% dalam perangkat keras yang dirancang khusus untuk kendaraan otonom.

Deteksi pejalan kaki pada cuaca berkabut dianggap lebih menantang daripada deteksi pejalan kaki pada hari cerah. Dalam buku ini, penulis mengusulkan kerangka kerja deteksi pejalan kaki pada cuaca berkabut berdasarkan arsitektur YOLO yang dimodifikasi, mengurangi biaya, sehingga meningkatkan akurasi. Kontribusi yang dibuat dalam pekerjaan dalam Bab juga mencakup kumpulan data deteksi pejalan kaki pada cuaca berkabut. Mereka menyajikan tiga model deteksi berbasis YOLO, yaitu Simple-YOLO, VggPrioriboxes-YOLO, dan MNPrioriboxes-YOLO. MNPrioriboxes-YOLO yang menggunakan konvolusi kedalaman berdasarkan arsitektur MobileNetV2 memiliki jumlah parameter paling sedikit di antara semua metode lainnya.

Disimpulkan bahwa strategi yang digunakan mengurangi jumlah parameter, sehingga mengurangi waktu berjalan algoritma. Dalam buku ini, penulis menyajikan pendekatan untuk deteksi pejalan kaki dalam skenario malam hari menggunakan gambar multispektral berdasarkan CNN. Penulis mempelajari berbagai metode fusi gambar dan fusi CNN. Teknik fusi gambar tingkat piksel dianggap lebih unggul daripada metode fusi CNN. Semua kesimpulan eksperimental yang disajikan dalam Bab ini didasarkan pada basis data multispektral KAIST.

Dalam buku ini, penulis mempertimbangkan pendekatan multispektral untuk deteksi pejalan kaki sebagai solusi untuk mengatasi tantangan yang dihadapi dalam kasus deteksi

dalam pencahayaan yang buruk, oklusi, dll. Detektor berbasis R-FCN telah digunakan, dan informasi tentang gambar berwarna dan termal digabungkan menggunakan jaringan dalam model jaringan. Pendekatan mereka yang dievaluasi berdasarkan kumpulan data KAIST mengungkapkan bahwa pendekatan yang diusulkan memiliki kinerja yang lebih baik daripada metode canggih lainnya yang diterapkan untuk gambar multispektral.

#### **1.4 KUMPULAN DATA DALAM LITERATUR KENDARAAN OTONOM**

Kumpulan data berisi informasi yang canggih dan sampai batas tertentu ditingkatkan dalam banyak studi ilmiah dengan memanfaatkan pemecahan model masalah pengalaman yang sah. Mereka memungkinkan analisis kuantitatif metode, mengungkapkan informasi penting tentang kekuatan dan kelemahannya. Kinerja algoritme harus dipastikan pada kumpulan data dunia nyata. Algoritma yang digunakan, misalnya, harus menangani objek dan pengaturan yang rumit sambil berhadapan dengan faktor lingkungan yang sulit seperti pencahayaan langsung, bayangan, dan hujan. Bagian ini mensurvei kumpulan data terkini yang digunakan dalam literatur kendaraan otonom.

##### **Rekonstruksi Stereo dan 3D**

Untuk mengevaluasi efektivitas algoritma pencocokan stereo, stereo Middlebury dikembangkan pada tahun 2002 yang menciptakan *Middlebury Multi-View Stereo (MVS)*. Karena ukurannya hanya dua pemandangan, tolok ukur tersebut sangat penting dalam pengembangan metode MVS. Sebagai perbandingan, 124 skenario beragam ditangkap dalam lingkungan laboratorium yang terkendali. Pemindaian cahaya dari setiap posisi kamera digabungkan untuk membuat data referensi, dan hasil pemindaian sangat padat, dengan rata-rata 13,4 juta titik per pemindaian.

Seluruh model 360 derajat untuk 44 pemandangan dibuat dengan memutar dan memindai, berbeda dengan kumpulan data sejauh ini. Data beresolusi tinggi ditangkap. Gambar DSLR dan video stereo yang disinkronkan dalam berbagai pengaturan interior dan luar ruangan juga disertakan. Dengan penggunaan prosedur yang andal, semua gambar dapat didaftarkan menggunakan pemindai laser presisi tinggi. Evaluasi rekonstruksi 3D menyeluruh dimungkinkan oleh foto beresolusi tinggi.

##### **Aliran Optik**

Konsep mobilitas dalam AI memiliki kemampuan yang sangat besar dan meningkatkan efisiensi kerja dengan mengumpulkan sejumlah besar data, dan norma akan mengarahkan sistem ke platform keluaran; dengan demikian, konsep ini memenuhi tujuan otonomi kendaraan. Sikat gigi digunakan untuk melacak keberadaan fluoresensi tersembunyi pada objek dalam semua urutan yang tidak tetap untuk memutuskan kemajuan realitas dasar. Kumpulan data terdiri dari delapan urutan berbeda dengan jumlah bingkai masing-masing 8. Untuk setiap urutan, sepasang menerima aliran kebenaran dasar.

Berbeda dengan kumpulan data lainnya, kumpulan data Middlebury menawarkan kebenaran dasar yang sangat akurat dan mendalam, yang memungkinkan evaluasi presisi subpiksel. Data referensi yang akurat dihasilkan dengan memantau piksel pada volume ruang-waktu yang diambil sampelnya secara ekstensif menggunakan kamera video berkecepatan

tinggi. Dengan teknik ini, kebenaran dasar aliran optik dapat diperoleh secara otomatis dalam pengaturan sehari-hari yang sulit, dan elemen realistis seperti gerakan kabur dapat ditambahkan untuk membandingkan pendekatan dalam berbagai keadaan.

### **Pengenalan dan Segmentasi Objek**

Kumpulan data Microsoft COCO diperkenalkan pada tahun 2014 untuk deteksi objek. Kumpulan data tersebut menawarkan representasi visual dengan skenario rumit dengan item-item khas yang ditetapkan dalam lingkungan normalnya. Jumlah situasi melalui pembagian untuk Microsoft COCO memang di atas dengan mempertimbangkan standar pemisahan target PASCAL VOC. Kumpulan data tersebut berisi 328 ribu foto, 2,5 juta detail yang dikomentari, dan 91 kelas objek. Dalam kelompok yang signifikan, semua objek memiliki segmentasi per-instance yang ditandai di dalamnya. Ukuran irisan-atas-gabungan digunakan untuk evaluasi, seperti halnya PASCAL VOC.

### **Kumpulan Data Pelacakan**

Benchmark pelacakan multi-objek terdiri dari 14 urutan video sulit yang direkam dalam konteks tak terbatas dengan kamera diam dan bergerak. Kelompok trio tersebut diberi anotasi: pejalan kaki yang bergerak atau diam, manusia yang tidak berdiri tegak, dan lainnya. Mereka menilai pendekatan tersebut menggunakan dua standar pelacakan yang terkenal, MOTA—*Multiple Object Tracking Accuracy*, dan yang lainnya adalah MOTP—*Multiple Object Tracking Precision*.

### **Kumpulan Data untuk Citra Udara**

Data dari sensor udara untuk mendeteksi objek perkotaan serta rekonstruksi dan segmentasi bangunan 3D ditunjukkan oleh tolok ukur ISPRS. Tolok ukur tersebut terdiri dari basis data Vaihingen dan Downtown Toronto. Pemandangan di jalan merupakan kelas objek yang diperhitungkan dalam proses deteksi objek. Tiga lokasi dengan kelas objek yang berbeda dan metode uji deteksi jalan yang cukup besar tersedia dalam kumpulan data Vaihingen. Ada dua bagian yang lebih kecil untuk rekonstruksi bangunan dan ekstraksi objek, mirip dengan Vaihingen.

### **Set Data Sinkronisasi Sensor**

Sinkronisasi kamera menghubungkan berbagai level dan sudut foto. Waktu pemicu eksposur diwakili oleh stempel waktu gambar, dan rotasi penuh bingkai LiDAR saat ini diwakili oleh stempel waktu pemindaian LiDAR. Metode ini biasanya menghasilkan penyelarasan data yang baik karena sinkronisasi kamera bersifat instan.

## **1.5 STANDAR INDUSTRI SAAT INI DALAM AV**

Teknologi inovatif seperti AV disertai dengan risiko dan konsekuensi yang dapat mengurangi penerimaan masyarakat. Risiko ini mencakup risiko yang terkait dengan lingkungan, pasar, masyarakat, organisasi, politik, ekonomi, teknologi, dan turbulensi. Pemeriksaan 86 dokumen yang dihasilkan oleh 29 perusahaan teknologi AV terkemuka merangkum standar industri. Topik utama esai ini adalah risiko teknologi yang didefinisikan sebagai potensi dampak sosial, ekonomi, dan fisik yang merugikan yang terkait dengan kekhawatiran individu tentang pemanfaatan teknologi mutakhir.

Konsekuensinya adalah karena tidak ada satu kerangka kerja tunggal yang dapat secara memadai memperhitungkan berbagai macam aplikasi keputusan mesin yang potensial, kita tidak boleh mencoba membuat model aplikasi kecerdasan buatan yang generik "satu ukuran untuk semua". AV terkait dengan lima kategori risiko teknologi yang berbeda: keamanan, privasi, keamanan siber, kewajiban, dan dampak industri. Pemerintah harus menerapkan kebijakan dan undang-undang baru untuk mengatasi risiko yang terkait dengan AV guna menjamin masyarakat memperoleh manfaat sebanyak mungkin dari sektor AV yang sedang berkembang. Menurut perkiraan, kesalahan manusia menjadi penyebab setidaknya 90% dari tabrakan mobil.

Dengan melampaui pengemudi (manusia) dalam persepsi, pengambilan keputusan, dan pelaksanaan, adopsi AV berpotensi mengurangi atau menghilangkan penyebab utama kecelakaan mobil. Menurut penulis Collingwood dan Litman, sangat sedikit pengemudi yang menggunakan sabuk pengaman dan pejalan kaki mungkin menjadi kurang berhati-hati karena merasa lebih aman. Ini berarti bahwa model relasional non-linier dari gagasan klasifikasi harus dibangun dan bahwa teknologi harus diterima apa adanya untuk membingkai setiap situasi pilihan yang unik dengan tepat. Selain itu, tidak adanya kesalahan manusia tidak berarti tidak adanya kesalahan mekanis.

Kemungkinan kelemahan ilmiah yang membahayakan keamanan kendaraan selain konsekuensi telekomunikasi. Kecelakaan sistem kemudi otomatis Tesla yang dahsyat pada tahun 2016 menekankan hambatan keterampilan komponen untuk menghindari kecelakaan dan menemukan ketidakjelasan pemahaman pengaturan yang dikembangkan. Kekhawatiran muncul tentang bagaimana "algoritma kecelakaan" harus digunakan untuk memprogram AV agar bereaksi jika terjadi kecelakaan yang tak terelakkan. Aturan untuk mengendalikan respons AV terhadap standar moral diperlukan karena kerugian yang ditimbulkan oleh AV dalam kecelakaan tidak dapat dinilai secara subjektif karena "tidak adanya tanggung jawab." Nada keseluruhan laporan AV yang diperiksa untuk studi ini sebagian besar menguntungkan. Namun, temuan ini harus diambil dalam konteks fakta bahwa laporan ini disiapkan untuk kelompok pemangku kepentingan tertentu, termasuk investor, konsumen, dan badan pengatur. Buku industri AV membuat banyak referensi tentang dilema etika, meskipun kurang dalam kepastian dan wawasan deskripsi dalam esai eksperimental. Hal ini menunjukkan bahwa keandalan, keberlanjutan, kenyamanan, pendengaran, pengendalian, dan pengawasan manusia, serta hubungan sains-kebijakan, merupakan isu etika yang ditangani oleh sebagian besar organisasi, sedangkan keselamatan dan keamanan siber berada pada posisi kedua.

## **1.6 TANTANGAN DAN PELUANG DALAM KENDARAAN OTONOM**

Tidak diragukan lagi, mobil tanpa pengemudi memiliki banyak manfaat, seperti menyediakan sarana transportasi bagi orang yang tidak dapat mengemudi dan mengurangi stres pengemudi di jalan. Namun, selain hasil positif ini, banyak kendala yang ditemui dan harus diatasi untuk menerapkan model kendaraan otonom yang sukses. Berikut ini adalah beberapa kesulitan utama yang dihadapi bersama dengan jip tanpa pengemudi:

### **Biaya**

Banyak produsen mobil harus menginvestasikan sejumlah besar uang untuk membangun kendaraan otonom ini. Kita dapat menggunakan Google sebagai contoh, yang membayar sekitar Rp 800 juta untuk salah satu model kendaraan otonomnya, sehingga harganya sama sekali tidak terjangkau bagi kebanyakan orang atau bisnis. Harga ini diperkirakan akan turun setengahnya di masa mendatang, yang masih lebih terjangkau, menurut proyeksi. Menurut survei JD Power baru-baru ini, 37% konsumen mengatakan mereka akan memilih kendaraan otonom sebagai kendaraan berikutnya di masa mendatang.

### **Masalah Keamanan**

Masalah terbesar dengan sistem elektronik biasanya adalah keamanan dan privasi. Sistem AI yang menjadi dasar kendaraan otonom membutuhkan koneksi Internet untuk mengelola dan mengirimkan informasi, sehingga menjadikannya media yang rentan yang dapat dieksploitasi oleh para peretas. Kekhawatiran utama kedua adalah kemungkinan aksi teroris, di mana platform mobil otonom dapat menyediakan lokasi yang nyaman bagi mereka untuk melaksanakan tugas bunuh diri. Selain itu, jip bergantung pada skema GPS; siapa pun dapat mengoperasikannya untuk tujuan jahat dengan mendapatkan akses ke sana.

### **Standar dan Peraturan**

Ada beberapa aturan dan peraturan yang harus ditetapkan sebelum kendaraan otonom dapat digunakan. Tidak hanya pemilik kendaraan ini tetapi juga produsen mobil yang menggunakan teknologi ini harus secara resmi mengadopsi dan mematuhi kriteria ini secara ketat. Amerika Serikat telah mengusulkan undang-undang dan pedoman berikut yang mencakup Nevada (NRS 482.A dan NAC 482.A) dan California (Cal Veh. Code Division 16.6).

## **1.7 KESIMPULAN**

Bab ini menyoroti alur dalam Bab dan isu-isu yang terkait dengan kecerdasan buatan dalam mobil otonom, menguraikan sejarah kendaraan otonom. SVM diidentifikasi sebagai algoritma ML yang telah diberi perhatian signifikan untuk pengembangan model klasifikasi dalam literatur AV. Selain SVM, sebagian besar algoritma pembelajaran mendalam seperti arsitektur CNN, R-CNN, dan YOLO digunakan untuk semua pekerjaan pengenalan dan klasifikasi objek. Performa model sangat bergantung pada kualitas data.

Algoritma pembelajaran mendalam memerlukan kumpulan data yang besar untuk mencapai akurasi yang wajar. KITTI, KAIST, COCO, PASCAL VOC, GTSRB, INRIA, dan TuSimple adalah beberapa kumpulan data acuan yang diamati digunakan secara luas dalam survei. Dalam aktivitas alur kerja AV, algoritma berbasis pembelajaran mesin menuntut metode ekstraksi fitur man-in-the-loop; oleh karena itu, pembelajaran mendalam telah disarankan sebagai alternatif yang lebih baik. Namun, karena kompleksitas komputasional model pembelajaran mendalam, model tersebut tidak cocok untuk implementasi waktu nyata.

Literatur tentang AI dalam AV secara mendalam menyarankan desain model desain yang lebih murah dan lebih akurat untuk memecahkan masalah aktivitas jalur AV. Untuk aktivitas deteksi dan pengenalan objek, YOLO menggantikan arsitektur konvolusional tradisional. Untuk implementasi berbasis tepi, dalam beberapa buku dalam Bab, arsitektur

konvolusional ringan yang kompatibel dengan tepi diusulkan menggunakan teknik seperti konvolusi yang dapat dipisahkan berdasarkan kedalaman.

Kurangnya kumpulan data yang tepat dan yang dijadikan tolok ukur untuk perbandingan algoritme terkini telah dilaporkan dalam beberapa literatur. Beberapa dalam Bab juga menyarankan bahwa kinerja algoritme mungkin tidak sama di semua kumpulan data; karenanya, tanpa perbandingan yang tepat berdasarkan kumpulan data, efisiensi algoritme tidak dapat disimpulkan. Modul yang dijelaskan dalam jalur AI, misalnya, deteksi pejalan kaki, telah dianggap tidak hanya dalam literatur AV tetapi juga dalam domain dalam Bab lain di mana ada kebutuhan untuk mengidentifikasi manusia.

Literatur AI dalam kendaraan otonom dapat disimpulkan sebagai bidang dalam Bab yang sedang berkembang pesat dengan semakin banyaknya fokus yang diberikan pada pengembangan mobil self-driving, ADAS, dll. Dengan kemajuan komputasi awan, komputasi tepi, dan desain GPU yang kompatibel dengan tepi yang disempurnakan dengan cepat, dalam Bab dalam AV menjanjikan hasil yang lebih maju di masa mendatang.

## BAB 2

### ERA AI KOMPUTASIONAL UNTUK KENDARAAN OTONOM

Kendaraan otonom telah memberikan dampak besar pada dalam Bab dan pertumbuhan industri selama era lampau. Industri otomotif kini tengah mengalami revolusi dengan teknologi self-driving (atau tanpa pengemudi) berkat kendaraan otonom yang disempurnakan dan canggih yang memanfaatkan metode komputasi mutakhir dari bidang kecerdasan mesin dan kecerdasan buatan (AI). Kendaraan otonom kini mampu menilai lingkungan sekitarnya dengan akurasi tinggi, membuat pilihan yang masuk akal dalam lingkungan waktu nyata, dan berfungsi secara sah tanpa campur tangan manusia dan kemajuan teknologi di bidang algoritma AI yang berdaya komputasi tinggi.

Pengembangan kendaraan otonom sangat bergantung pada teknologi komputasi mutakhir. Bab ini bertujuan untuk meninjau metode model komputasi kontemporer dari waktu ke waktu dan menyajikan model komputasi di bidang Pembelajaran Mesin, subsetnya Pembelajaran Mendalam, dan Kecerdasan Buatan. Bab ini awalnya membahas peran AI, diikuti oleh tingkat otonominya. Algoritma pembelajaran yang melakukan pembelajaran berkelanjutan dibahas bersama dengan kemajuan dalam kendaraan cerdas. Kami dengan meremehkan mengevaluasi isu-isu utama dengan pendekatan komputasi untuk aplikasi kompleks tanpa pengemudi.

*\*Penulis yang sesuai: rsr026@gmail.com*

Integrasi teknologi komputasional disajikan secara singkat, membahas bagaimana teknologi dapat memberdayakan kendaraan otonom. Klasifikasi kemajuan teknologi dengan arah masa depan diberikan dan disimpulkan.

#### 2.1 PENDAHULUAN

Kendaraan otonom adalah kendaraan yang dapat beroperasi secara independen dari pengemudi manusia, sebuah pengembangan ilmiah yang bertujuan untuk merevolusi transportasi dan saat ini menjadi salah satu tren terbesar. Meskipun pengembangan kendaraan otonom telah mendapatkan popularitas selama 20 tahun terakhir, memang benar bahwa itu pertama kali dimulai pada tahun 1990an. Francis Houdina, seorang insinyur listrik dari New York, adalah orang pertama yang menerapkan gagasan kendaraan otonom pada tahun 1925; namun, kendaraannya memerlukan kendali jarak jauh. Sebuah mobil menabrak prototipe saat dipamerkan kepada publik di Manhattan, menunda jalurnya selama hampir 19 km antara Broadway dan Fifth Avenue. Chandler, mobil Houdina, tetap diciptakan antara tahun 1926 dan 1930.

Sebuah van Mercedes-Benz kemudian diubah menjadi kendaraan otonom pada tahun 1980an oleh Ernst Dickmanns dari Jerman, yang dianggap sebagai penemu kendaraan otonom modern. Kendaraan ini dikendarai oleh komputer terintegrasi. Kendaraan tersebut mampu menempuh jarak 63 km per jam melalui jalan-jalan tanpa lalu lintas pada tahun 1987. Manuver serupa dilakukan pada tahun 1994 dengan sebuah mobil yang menempuh jarak lebih dari

1.000 km melalui Paris yang padat. Sebuah Mercedes-Benz melakukan perjalanan otonom dari Munich ke Kopenhagen pada tahun 1995.

Prakarsa-prakarsa ini didanai oleh Komisi Eropa sebagai bagian dari Proyek Eureka, yang memberikan Dickmanns lebih dari 800 juta euro untuk melakukan dalam Bab kendaraan semacam ini. Mobil tanpa pengemudi memang merupakan topik utama dalam bidang teknologi kendaraan, yang sekarang telah berkembang pesat dalam hal keunggulan. Selama beberapa dekade terakhir, banyak bisnis dan akademisi mulai tertarik pada bidang kendaraan otonom yang sedang berkembang pesat, yang meliputi mobil, pesawat nirawak, kereta api, dan peralatan pertanian yang dapat mengemudi sendiri selain untuk keperluan militer. Chandler pertama yang dikendalikan radio, American Wonder, yang memperkenalkan gagasan kendaraan otonom, dipamerkan di New York City pada tahun 1920an. Setelah beberapa tahun, Universitas Carnegie Mellon membangun mobil pertama yang dapat mengemudi sendiri, yang diluncurkan pada tahun 1986; mobil itu hanyalah sebuah van yang dapat mengemudi sendiri.

Pada tahun 2005, tim lain dari Universitas Carnegie Mellon mengembangkan mobil self-driving yang berhasil menempuh jarak 8 mil dan memenangkan DARPA Grand Challenge. Pada tahun 2010, peneliti Google menciptakan kendaraan otonom yang telah menempuh jarak lebih dari 140.000 mil antara San Francisco dan Los Angeles. Perangkat keras self-driving diimplementasikan ke dalam produk banyak produsen mobil pada tahun 2016, yang terdiri dari Mercedes-Benz, BMW, Tesla dan Uber yang digunakan oleh berbagai perusahaan angkutan. Beberapa kategori kendaraan otomatis, seperti drone atau kereta api, mungkin berevolusi lebih cepat sementara habitat mereka kurang dipengaruhi oleh aktivitas manusia daripada kendaraan otomatis.

Konsep utama di balik kendaraan self-driving adalah menggunakan kecerdasan buatan (AI) untuk memandu kendaraan secara cerdas tergantung pada lingkungan sekitarnya. Disiplin ilmu ini meliputi (a) pendekatan yang diawasi dan tidak diawasi oleh pembelajaran mesin untuk pengambilan keputusan; (b) untuk menganalisis informasi dari video, teknologi deep learning dan computer vision digunakan; dan (c) untuk memastikan keamanan dan kendali kendaraan, teknik pemrosesan berbasis sensor diterapkan. Kemajuan kendaraan otonom juga sangat bergantung pada peningkatan perangkat keras terdistribusi, yaitu, teknologi data besar dan konektivitas jaringan, dan menggunakan unit pemrosesan grafis (GPU) untuk pemrosesan cepat.

### **Kendaraan Otonom**

Pengguna kendaraan otomatis sangat antusias dengan kehadirannya di sektor publik. Kendaraan yang dapat mengemudi sendiri adalah kendaraan yang dapat berjalan tanpa pengawasan dan tanpa campur tangan manusia. Kendaraan otonom modern, menurut Campbell et al., dapat menilai lingkungan sekitar, mengklasifikasikan berbagai benda yang ditemuinya, dan menginterpretasikan data sensor untuk memilih rute terbaik yang akan diambil sambil mematuhi peraturan lalu lintas.

Pelanggaran yang luar biasa telah terbentuk dalam reaksi yang relevan terhadap keadaan yang tidak terduga di mana mungkin ada pengembalian dalam sistem penggerak atau di mana media luar mungkin tidak berfungsi seperti yang diantisipasi oleh prototipe yang

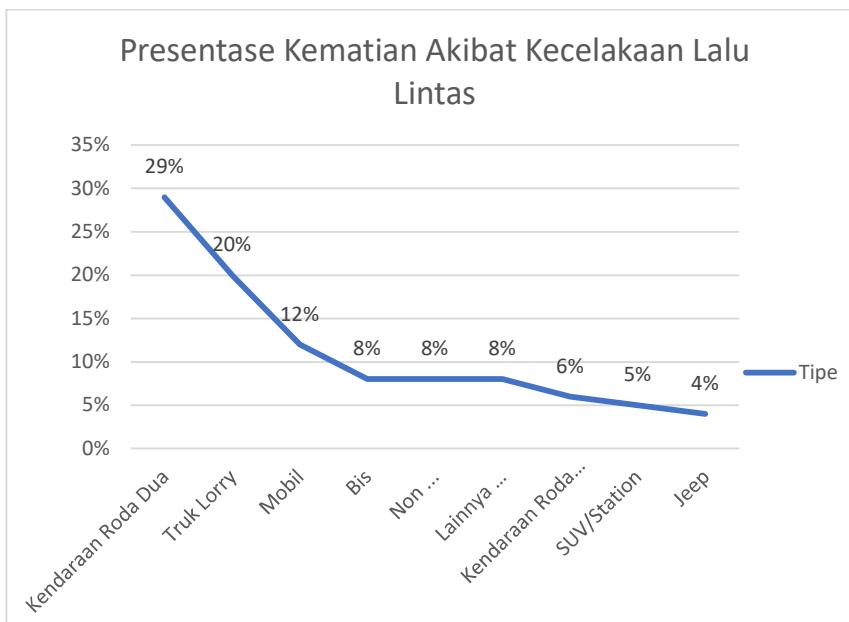
mendasarinya. Untuk berhasil menjalankan navigasi yang mengatur diri sendiri dalam situasi seperti itu, sangat penting untuk mengintegrasikan berbagai teknologi dari berbagai bidang, terutama teknik elektronika, teknik mesin, ilmu komputer, teknik kontrol, dan teknik listrik, di antara banyak lainnya.

Mobil pertama yang dikendalikan radio, yang dikenal sebagai "Linriccan Wonder," menandai dimulainya era kendaraan otonom pada tahun 1926. Penekanannya sebagian besar pada struktur yang dipandu penglihatan yang menggunakan GPS, LiDAR, visi komputer, dan radar sejak peluncuran kendaraan yang dipandu penglihatan Mercedes-Benz, sebuah van robotik pada tahun 1980, dan telah ada perkembangan yang cukup besar dalam teknologi untuk kendaraan otonom sejak saat itu. Sebagai salah satu cara, bantuan kemudi, kendali jelajah adaptif, dan parkir jalur menjadi teknologi otonom yang terlihat di mobil modern. Kita akhirnya akan hidup di dunia dengan kendaraan yang sepenuhnya otonom, sesuai dengan proyeksi resmi yang diberikan oleh produsen mobil.

Bencana lalu lintas adalah beberapa alasan kematian yang paling umum secara global. Dunia dapat mencegah 5 juta kematian warga sipil dan 50 juta cedera serius pada tahun 2020 dengan menerapkan ide-ide kreatif baru dan meningkatkan keselamatan jalan di semua skala—dari yang kecil hingga global. Menurut pendapat Komisi Keselamatan Jalan Global, sangat penting untuk mengakhiri peningkatan kecelakaan lalu lintas yang mengerikan dan tidak perlu ini dan memulai penurunan dari tahun ke tahun.

Menurut sebuah buku, lebih dari 50% dari 3.000 orang yang meninggal setiap hari akibat bencana lalu lintas bukanlah penumpang mobil. Deshpande et al. juga telah menyatakan bahwa jika tindakan mendesak tidak diambil, jumlah cedera terkait transportasi diperkirakan akan meningkat menjadi 2,4 juta per tahun dan menempati peringkat kelima penyebab kematian terbesar di seluruh dunia. Jumlah kecelakaan lalu lintas akibatnya akan menurun drastis sebagai akibat dari daya tahan sistem otomatis yang lebih besar dan waktu respons yang lebih cepat daripada manusia.

Kendaraan otonom juga akan mengurangi kesenjangan keselamatan dan meningkatkan manajemen arus lalu lintas, yang akan meningkatkan volume jalan raya dan mengurangi kemacetan lalu lintas. Gambar 2.1 menyajikan ringkasan kematian akibat kecelakaan lalu lintas. Dengan diperkenalkannya kendaraan otonom, kekurangan tempat parkir akan menjadi masa lalu karena kendaraan dapat menjemput penumpang, menurunkan mereka, parkir di tempat yang tersedia, lalu menjemput mereka lagi. Akibatnya, tempat parkir yang tersedia akan berkurang. Rambu-rambu jalan fisik akan menjadi kurang penting karena kendaraan otonom memperoleh semua informasi yang mereka butuhkan melalui jaringan.



**Gambar 2.1** Ringkasan kematian akibat kecelakaan lalu lintas.

Permintaan untuk petugas lalu lintas akan berkurang. Oleh karena itu, kendaraan otonom dapat memangkas pengeluaran pemerintah untuk hal-hal seperti penegakan hukum lalu lintas. Seiring dengan menurunnya pencurian mobil, permintaan asuransi mobil juga akan berkurang. Penghapusan penumpang yang tidak perlu sama sekali akan memungkinkan pembentukan sistem yang efisien untuk transportasi barang dan kendaraan bersama. Tidak semua orang cocok. Oleh karena itu, kendaraan otonom meringankan kebutuhan untuk mengemudi dan bernavigasi. Selain itu, waktu perjalanan akan dipersingkat karena kendaraan otonom dapat bergerak lebih cepat dengan sedikit risiko kesalahan.

Perjalanan akan lebih nyaman bagi penumpang mobil daripada kendaraan non-otonom. Meskipun kendaraan otonom memiliki banyak kelebihan, ada juga beberapa kekurangan. Meskipun gagasan tersebut telah dibantah, masih diyakini bahwa pengenalan kendaraan otonom akan mengakibatkan penurunan pekerjaan yang melibatkan mengemudi. Kesulitan signifikan lainnya adalah ketika pengemudi kehilangan kendali atas kendaraannya karena kurangnya pengalaman, misalnya.

Banyak orang senang mengemudi, jadi menyerahkan kendali atas kendaraan mereka akan sulit bagi mereka. Selain itu, yang menantang adalah interaksi antara mobil yang dikendarai manusia dan mobil otonom dalam jalur yang sama. Kekhawatiran lain dengan mobil yang dapat mengemudi sendiri adalah siapa yang harus bertanggung jawab atas kerusakan: produsen mobil, pengguna atau pemilik mobil, atau pemerintah. Oleh karena itu, menentukan mekanisme hukum dan peraturan pemerintah untuk mobil otomatis merupakan hal yang sangat penting. Masalah penting lainnya adalah keandalan perangkat lunak. Selain itu, ada kemungkinan komputer atau sistem komunikasi di dalam mobil dapat diretas. Ada kemungkinan aktivitas teroris dan kriminal dapat meningkat.

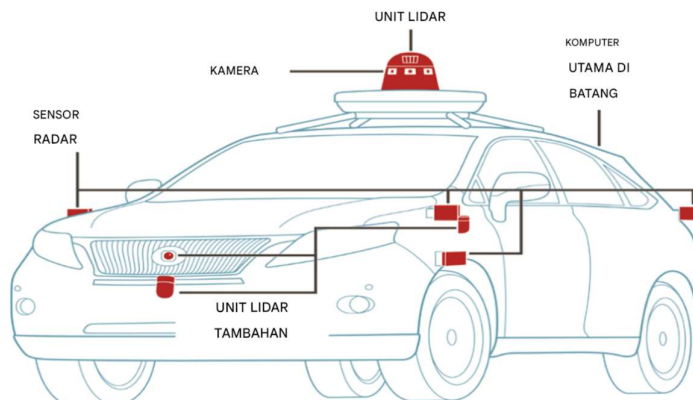
Misalnya, kelompok teroris dan penjahat mungkin mengemas mobil dengan bahan peledak. Mobil-mobil itu mungkin juga digunakan dalam berbagai kejahatan lain dan sebagai mobil pelarian. Oleh karena itu, kendaraan otonom memiliki manfaat dan kekurangan. Artikel ini membahas sejarah kendaraan otonom secara berurutan, dimulai dengan preseden historis dan beralih ke perkembangan dan proyeksi modern untuk masa depan. Pengembangan teknologi kendaraan otonom telah maju secara signifikan selama beberapa dekade terakhir. Kemampuan kendaraan yang adaptif, aman, dan hemat energi ditingkatkan secara signifikan, yang menjadikannya sebagai bidang studi tersendiri bagi teknik otomotif, tren bagi industri otomotif, dan kekuatan bagi kemajuan ekonomi.

Integrasi begitu banyak teknologi canggih dan mutakhir ke dalam kendaraan otonom menghadirkan banyak kendala dan peluang. Pertanyaan kritis mencakup apa tujuan kendaraan otonom, apa kendala teknis utamanya, dan bagaimana cara mengatasinya sehingga tujuan dapat tercapai. Ilmu komputer dalam sains diakui sebagai metode terbaik untuk melacak aktivitas dan tren dalam Bab dan dapat dikelompokkan untuk mempelajari subjek terpanas di bidang tertentu. Ini dapat menawarkan detail yang berguna mengenai status dalam Bab kendaraan otonom. Studi ini menganalisis titik-titik dalam Bab yang telah berubah selama 20 tahun terakhir, menunjukkan jalur untuk dalam Bab tambahan dan menelusuri evolusi teknologi kendaraan otonom. Ini juga membahas pencapaian terkini berdasarkan analisis bibliometrik dan evaluasi literatur.

### **AI dalam Kendaraan Otonom**

John McCarthy, seorang ilmuwan komputer, menciptakan istilah “kecerdasan buatan” pada tahun 1955. Kecerdasan buatan adalah kemampuan program komputer atau mesin untuk bernalar, belajar, dan membuat keputusan. Dalam kebanyakan kasus, frasa tersebut menggambarkan mesin yang meniru kecerdasan manusia. Melalui AI, kita dapat memerintahkan komputer dan gawai lain untuk melakukan tugas yang dapat dilakukan manusia.

Algoritme dan gawai tersebut dipompa dengan volume data yang sangat besar, yang kemudian dievaluasi dan diproses untuk berpikir secara logis dan melakukan tindakan manusia. Komponen utama teknologi tanpa pengemudi diberikan pada Gambar 2.2. AI digunakan dalam alat bantu mengemudi otomatis dan pencitraan diagnostik dengan tujuan menyelamatkan nyawa, dan mengotomatisasi pekerjaan manusia yang berulang hanyalah gagasan dari gunung es AI.



**Gambar 2.2** Komponen utama dalam teknologi tanpa pengemudi.

### Fungsi AI dalam Kendaraan Otonom

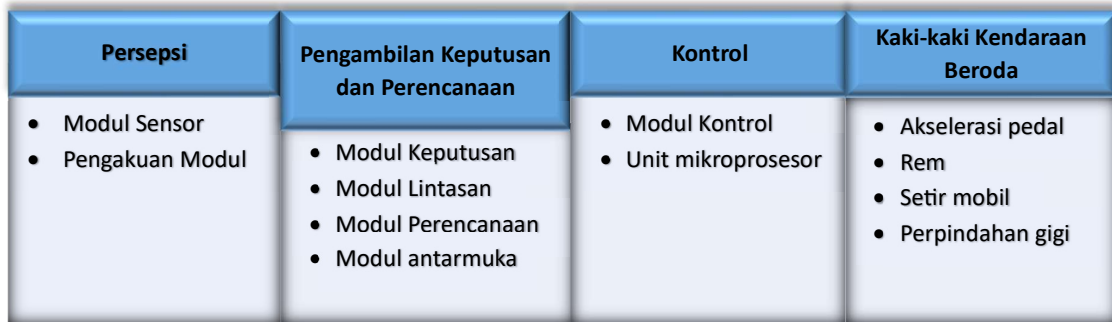
Meskipun AI baru-baru ini mendapatkan popularitas, bagaimana cara kerjanya dalam kendaraan tanpa pengemudi? Mari kita pikirkan tentang bagaimana seseorang mengendarai mobil saat menggunakan penglihatan dan pendengarannya untuk mengawasi jalan dan mobil lain. Kita dengan cepat memutuskan apakah mobil harus berhenti di lampu merah atau menunggu seseorang menyeberang jalan dengan menggunakan ingatan kita. Puluhan tahun praktik mengemudi mengajarkan kita untuk selalu mencari hal-hal kecil seperti polisi tidur yang lebih besar atau rute yang lebih langsung ke tempat kerja.

Sementara kita mengembangkan kendaraan otonom, kita ingin kendaraan tersebut beroperasi serupa dengan pengemudi manusia. Karena itu, penting untuk memungkinkan robot ini mengakses proses sensorik, intelektual, dan eksekutif yang dimiliki individu saat mengendarai mobil. Sektor otomotif telah mengalami perubahan yang stabil selama beberapa tahun terakhir untuk mencapai hal ini.

Menurut Gartner, beberapa teknik V2X (*vehicle-to-every-thing*) akan menghubungkan 250 juta kendaraan satu sama lain dan fungsi terkait pada tahun 2020. Karena jumlah informasi yang dimasukkan ke dalam sistem telematika atau unit infotainment dalam kendaraan (IVI) meningkat, kendaraan tidak hanya akan mampu menangkap dan menyiarkan status sistem dan informasi lokasi yang mendasarinya, tetapi juga mengubahnya di lingkungannya secara real-time. Dengan penambahan sensor, kamera, dan sistem komunikasi, mobil otonom akan mampu menghasilkan sejumlah besar fakta yang, jika digabungkan melalui AI, akan memungkinkan mereka untuk melihat, mendengar, berpikir, dan bertindak dengan cara yang sama seperti pengemudi manusia.

## 2.2 OTONOMI

Tanpa masukan manusia, kendaraan otonom adalah kendaraan yang dapat memahami lingkungannya dan beroperasi sendiri. Pengendara manusia tidak diharuskan mengendalikan kendaraan kapan pun. Gambar 2.3 menggambarkan diagram blok arsitektur yang dipadatkan untuk kendaraan otonom.



**Gambar 2.3** Diagram blok skematik untuk kendaraan otonom.

### Tahapan Otonomi

Istilah "otonom" memiliki banyak definisi, dan ketidakjelasan ini menyebabkan para spesialis di bidang mobil otonom mengkategorikan otonomi ke dalam beberapa tingkatan, dengan tahapan berikut menunjukkan tingkat kendali sistem otomatis dan keterlibatan pengemudi dalam kendaraan. Tingkat otonom dirangkum dalam Gambar 2.4. Tingkat 0: Hanya alarm berbahaya opsional dan yang diperlukan yang ditawarkan sebagai kemampuan mengemudi otonom dan tanpa kendali pada tingkat ini.



**Gambar 2.4** Tingkat otonom.

Level 1: Pengemudi masih memiliki kendali penuh atas kendaraan, tetapi sistem kendali otomatis berbagi kekuatan itu dengan mereka. Mobil-mobil ini sering kali dilengkapi dengan alat bantu mengemudi yang canggih.

Level 2: Sistem kendali otomatis memberikan kesempatan untuk mengambil kendali penuh atas mobil, tetapi pengemudi tetap bertanggung jawab penuh untuk mengoperasikannya.

Level 3: Mobil otonom dapat melaju sepenuhnya tanpa bergantung pada penumpang, tetapi pengemudi harus mengambil alih jika sistem alarm meminta intervensi fisik apa pun.

Level 4: Tanpa keterlibatan atau pengamatan pengemudi, mekanisme otomatis mengambil alih kendali penuh atas kendaraan, kecuali dalam kejadian tak terduga di mana pengemudi mendapatkan kembali kendali.

Level 5: Tidak ada pertimbangan yang diberikan pada campur tangan manusia di level terakhir ini.

Kecerdasan buatan, yang juga telah mengubah sektor otomotif secara mendasar, telah mempercepat kemajuan kendaraan otonom Level 4 dan Level 5. Kendaraan otonom (AV) adalah sarana transportasi yang ahli dalam menangani berbagai kondisi dan mengemudi sendiri di jalan raya umum dengan interaksi manusia langsung yang minimal atau tanpa interaksi manusia. Kendaraan cerdas dan terhubung (ICV) merupakan konsep yang lebih luas dan longgar, dan evolusinya dapat dipecah menjadi empat tahap: pengemudian yang sepenuhnya otomatis, bantuan yang terhubung, otomatisasi kooperatif, dan sistem bantuan pengemudi tingkat lanjut (ADAS). Menurut standar ini, tahap AV ICV merupakan kesimpulannya.

Gambar 2.5 menunjukkan komponen yang diperlukan untuk fungsionalitas navigasi. Estimasi posisi yang akurat, akurasi plot digital, kemudian teknik pencocokan peta semuanya berperan dalam menentukan posisi alat transportasi untuk navigasi otonom.



**Gambar 2.5** Fungsi navigasi fundamental.

*Pemetaan:*

Menetapkan hubungan spasiotemporal antara kendaraan dan sekelilingnya diperlukan untuk memandu kendaraan. Hal yang sama dapat dilihat melalui pemodelan dan pemahaman wilayah dari perspektif pengemudi atau kontrol komputer.

*Gerakan:*

Fungsi ini dapat dijelaskan sebagai serangkaian aktivitas yang memungkinkan platform bergerak dengan aman dan efektif. Aktivitas ini meliputi pengaturan jalur untuk mencapai target, penghindaran tabrakan, dan kontrol kendaraan. Interaksi tingkat tinggi terjadi antara

tugas pelokalan, pemetaan, dan aktuasi. Pada tingkat kendaraan, mereka mematuhi sistem ketergantungan rumit yang berkembang dalam lingkungan yang sangat tidak dapat diprediksi.

### **Metodologi Pembelajaran untuk Pembelajaran Berkelanjutan dalam Sistem Otonomi di Dunia Nyata**

#### **Pembelajaran Terbimbing**

Ini adalah teknik pembelajaran menggunakan informasi pelatihan yang telah diberi label dan memiliki informasi komprehensif tentang masukan dan keluaran sistem. Dimungkinkan untuk memetakan fakta ke label di seluruh rangkaian menggunakan pembelajaran berkelanjutan terbimbing, yang memungkinkan pembelajaran dari data streaming berurutan. Kompleksitas metode pembelajaran dikurangi dengan penggunaan pembelajaran berkelanjutan dalam pembelajaran terbimbing.

#### **Pembelajaran Tanpa Pengawasan**

Algoritma yang tidak memerlukan label mencakup yang digunakan dalam pembelajaran tanpa pengawasan. Aplikasi yang paling umum adalah pelatihan model generatif yang mereplikasi distribusi data masukan. Ketika pergeseran distribusi terjadi dalam skenario pembelajaran berkelanjutan, model generatif dimodifikasi, yang menyebabkan hasil akhir dihasilkan dari penyebaran masukan yang lengkap. Pendekatan pembelajaran berkelanjutan pengulangan generatif telah terlihat paling sering menggunakan model-model ini.

Dalam sistem otonom, pembelajaran berkelanjutan tanpa pengawasan dapat membantu membangun ilustrasi yang semakin kuat selama interval, yang selanjutnya dapat disempurnakan melalui indikasi umpan balik luar dari lingkungan. Tujuan utama pembelajaran tanpa pengawasan adalah untuk menciptakan sinyal pembelajaran mandiri yang memadai yang dapat berfungsi sebagai pengganti yang sesuai untuk membangun representasi yang dapat beradaptasi dan kuat.

#### **Pembelajaran Penguatan**

Ini melatih agen untuk melakukan serangkaian tindakan dalam lingkungan tertentu dengan menggunakan fungsi hadiah sebagai tag. Dimungkinkan untuk menganggap pembelajaran penguatan dalam lingkungan yang rumit sebagai situasi pembelajaran berkelanjutan karena mereka tidak memberikan akses pengguna ke semua data sekaligus. Pembelajaran penguatan menggunakan banyak elemen model pembelajaran berkelanjutan yang penting, termasuk kapasitas untuk mempelajari beberapa agen secara bersamaan dan penggunaan memori replay, untuk mengasumsikan distribusi data. Selain itu, algoritma TRPO, teknik pembelajaran penguatan stabil yang disukai, meningkatkan pembelajaran dengan cara yang sebanding dengan strategi pembelajaran berkelanjutan karena Matriks Fisher digunakan di dalamnya. Pembatasan kuat pada algoritma pembelajaran penguatan adalah masalah pembelajaran berkelanjutan.

Oleh karena itu, meningkatkan pembelajaran berkelanjutan juga akan meningkatkan efektivitas pembelajaran penguatan. Sistem elektromekanis yang sederhana memberi jalan menuju sistem elektromekanis berinteraksi yang dikendalikan komputer yang canggih saat sistem transportasi darat berkembang. Awalnya ditujukan untuk rekreasi, mobil sekarang

menjadi komponen penting dalam kehidupan kita sehari-hari. Moda transportasi yang sangat praktis. Infrastruktur jalan telah dibuat sebagai hasil dari Biaya kendaraan telah menurun selama bertahun-tahun dan sebagai hasil dari produksi massal dan kemampuan masyarakat umum untuk membelinya. Namun, modifikasi ini telah menimbulkan berbagai masalah, termasuk cedera fatal atau serius, kecelakaan lalu lintas, kemacetan, polusi, dan pengemudi yang agresif.

### **Kemajuan dalam Kendaraan Cerdas**

Cara masyarakat memandang jaringan transportasi telah berubah selama beberapa tahun terakhir. Mobil sebelumnya dipandang sebagai sumber status sosial dan kenyamanan yang memberi industri banyak fleksibilitas, meskipun tingkat kecelakaan tinggi, kendala lingkungan, biaya bahan bakar tinggi, dll. Struktur transportasi modern saat ini menjadi dasar kekhawatiran yang signifikan. Untuk mengatasi masalah tersebut di atas, pemerintah, bisnis, dan masyarakat luas beralih ke apa yang dikenal sebagai bentuk transportasi berkelanjutan. Produsen mobil dipaksa oleh harapan masyarakat akan keselamatan, pengurangan polusi, dan mobilitas jaringan untuk terus menyesuaikan lini produk mereka dan mengeksplorasi cara-cara baru untuk berinovasi dalam penawaran mereka.

Kemajuan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) menciptakan prospek untuk penambahan fitur inovatif pada kendaraan yang ada. Kendaraan ini sudah menyertakan berbagai sensor proprioseptif dan secara bertahap menambahkan sensor eksteroseptif, yaitu kamera, radar, dan perangkat lainnya. Selain itu, beberapa metode propulsi digunakan, dan sebagian besar mobil memanfaatkan jaringan komputer internal yang dapat diidentifikasi di mana berbagai simpul menangani fungsi yang berbeda. Kendaraan juga dapat terhubung satu sama lain dan infrastruktur yang menyediakan komunikasi konstan dengan membentuk jaringan. Hasilnya, mobil secara bertahap berevolusi dari entitas tunggal yang sebagian besar mekanis menjadi jaringan platform cerdas mutakhir.

Pendekatan berbasis algoritma genetik untuk pengurangan dan penghindaran kemacetan lalu lintas dengan transportasi pintar yang berfokus pada kendaraan cerdas disajikan. Identifikasi wilayah, ekstraksi fitur, dan klasifikasi adalah tiga klasifikasi luas pengenalan objek. Proses penggunaan sensor untuk menemukan pejalan kaki di dalam atau di dekat rute AV dikenal sebagai deteksi pejalan kaki. Segmentasi, Ekstraksi Fitur, Klasifikasi Segmen, dan Klasifikasi Lintasan adalah empat bagian penyusunnya. Sebuah studi terkait melihat bagaimana orang menyalahkan peristiwa baik atau buruk di bawah Teori Pelanggaran Harapan kepada manusia atau agen kecerdasan buatan. Berbagai model prediktif tingkat lanjut disajikan. Ini dapat diterapkan untuk manajemen lalu lintas pintar dan lingkungan yang berkelanjutan. Sistem berbasis agen untuk pemantauan dan pengendalian lampu lalu lintas diilustrasikan.

Algoritma AI modern digunakan oleh mobil otonom untuk melokalisasi diri mereka dalam pengaturan yang diketahui dan tidak diketahui. Mengenai prediksi jangka pendek, teknik berbasis pola yang memanfaatkan pembelajaran tertimbang lokal disarankan. Ringkasan kemajuan terbaru dalam arsitektur kendaraan otonom dibuat dalam karya dalam Bab. Terlepas dari kenyataan bahwa beberapa orang mungkin tampak curiga tentang

penerapan praktis mengemudi otonom (AD) sebagai semacam pengganti mobil saat ini, banyaknya dalam Bab dan uji coba yang dilakukan menunjukkan sebaliknya.

Peneliti dan organisasi kendaraan otomatis sedang mengembangkan alat dan strategi yang efektif. Investigasi ekstensif terhadap metodologi desain untuk kerangka kerja dan alat yang lebih cerdas untuk mengemudi otomatis berbasis AI dan IoT dilakukan dalam Bab ini. Selain itu, implikasinya mencakup fungsionalitas kendaraan listrik otomatis. Dalam artikel ini, beberapa negara dan organisasi mengeksplorasi implementasi truk, mobil, bus, shuttle, rover, helikopter, dan kendaraan bawah tanah tanpa pengemudi yang sebenarnya. Sementara dalam Bab robotika akademis bergeser dari penggunaan sistem seluler internal melalui sarana transportasi skala penuh dengan tahap otomatisasi yang tinggi, industri otomotif mengalami pergeseran pada saat yang sama.



**Gambar 2.6** Wawasan tentang mobil yang dapat mengemudi sendiri.

Sistem motor kendaraan modern telah berubah, membuatnya lebih mudah ditangani oleh komputer. Kendaraan modern kini juga memiliki berbagai sensor untuk keperluan navigasi, dan memiliki simpul dalam jaringan komunikasi yang luas. Kemajuan terbaru dalam kendaraan cerdas saat mengembangkan kemampuan navigasi otonom dibahas. Intuisi khas mobil self-driving diberikan pada Gambar 2.6. Kekuatan pendorong di balik revolusi kendaraan modern yang sedang berlangsung ini dibahas dalam konteks aplikasi, keamanan, dan masalah eksternal seperti polusi dan pembatasan bahan bakar fosil.

Navigasi:

Untuk berkonsentrasi pada kecerdasan perangkat dan metodologi pengambilan keputusan yang ada yang sedang ditetapkan dan diterapkan untuk merenovasi mobil kontemporer menjadi komponen modular melalui fitur-fitur canggih yang mutakhir, analisis provinsi disusun dalam hal fungsionalitas infotainment kendaraan. Ini membahas masalah

dengan persyaratan mengemudi, interaksi, dan tantangan otonom. Dengan menyusun kognisi kendaraan di dalam kendaraan sebagai tantangan navigasi, ini menetapkan kriteria fungsional bagi mobil untuk menunjukkan kemampuan navigasi otonom.

Tiga pandangan utama telah digunakan untuk mengkategorikan perkembangan terkini dalam teknologi kendaraan terkait: (1) sistem yang berpusat pada pengemudi bertujuan untuk meningkatkan kesadaran situasional pengemudi dengan menawarkan sejumlah teknologi bantuan mengemudi yang memungkinkan pengemudi membuat keputusan; (2) sistem yang berpusat pada jaringan menekankan praktik komunikasi nirkabel untuk memungkinkan berbagi fakta di antara infrastruktur dan mobil, meningkatkan kesadaran operator dan mesin di luar kemampuan sistem kendaraan yang berdiri sendiri; (3) Sistem yang berpusat pada kendaraan berfokus pada tujuan membuat mobil sepenuhnya otonom, dengan pengemudi di luar kendali. Kami akan menjelaskan berbagai sudut pandang ini dan membahas kemajuan terbaru dalam dalam Bab dan bisnis. Sudut pandang tentang potensi kemajuan di masa depan dan bagaimana teknik-teknik ini dapat diimplementasikan sambil tetap memperhatikan batasan sosial, hukum, dan finansial dalam interpretasi disajikan.

Kendaraan otonom merupakan salah satu penggunaan utama AI. Kendaraan otonom menggunakan berbagai sensor untuk membantu mereka lebih memahami lingkungan mereka dan memetakan rute mereka, termasuk sistem kamera tertentu, sistem radar, dan LiDAR. Sensor-sensor ini menghasilkan sejumlah besar data. Untuk mengekstrak makna dari informasi yang dihasilkan oleh sensor-sensor ini, AV memerlukan kecepatan pemrosesan yang sebanding dengan superkomputer. Pengembang sistem AV sangat bergantung pada AI untuk melatih dan menilai teknik mengemudi otomatis mereka. Perusahaan beralih ke pembelajaran mendalam dan pembelajaran mesin, khususnya, untuk mengelola sejumlah besar data dengan cepat.

### **Integrasi Teknologi**

Meskipun konsep kecerdasan buatan, pembelajaran mesin, dan pembelajaran mendalam sering dipertukarkan, konsep-konsep ini tidak selalu terkait. AI, sebagaimana umumnya dikenal, adalah cabang ilmu komputer yang meneliti semua elemen untuk membuat komputer menjadi cerdas. Oleh karena itu, ketika suatu perangkat menyelesaikan aktivitas sesuai dengan aturan yang tepat yang membahas masalah tertentu, perilaku ini dapat dianggap sebagai perilaku cerdas atau AI. Pendekatan pembelajaran mendalam dan pembelajaran mesin dapat digunakan untuk mengembangkan AI. Studi tentang informasi terstruktur kemudian metode yang digunakan perangkat untuk melakukan aktivitas tertentu tanpa instruksi yang tepat disebut sebagai pembelajaran mesin. AI digunakan dalam pembelajaran mesin, yang memungkinkan komputer menjadi lebih baik melalui kesalahan yang dibuatnya.

Pembelajaran mendalam adalah komponen pembelajaran mesin; jika tidak, merupakan perkembangan pembelajaran mesin. Pembelajaran mendalam mengambil inspirasi dari cara otak mamalia menangani informasi. Pembelajaran mendalam menggunakan jaringan saraf canggih yang terus-menerus belajar dari dan menilai data masukannya untuk mengekstrak informasi yang lebih tepat. Pembelajaran tanpa pengawasan menggunakan sumber pelatihan yang kurang terstruktur, sementara pembelajaran dengan pengawasan

menggunakan data pelatihan yang diberi label. Tampaknya, pembelajaran mendalam yang diawasi dan tidak diawasi dapat diterima.

Bisnis yang menciptakan teknologi AV terutama mengandalkan pembelajaran mendalam atau pembelajaran mesin atau keduanya. Pembelajaran mesin dan pembelajaran mendalam sangat berbeda karena pembelajaran mesin membutuhkan fitur yang diberi label secara eksplisit dengan rangkaian aturan yang kurang fleksibel, sementara dalam tugas tanpa pengawasan, pembelajaran mendalam mungkin tidak dapat dihindari untuk menentukan fitur yang akan digunakan untuk kategorisasi.

Berbeda dengan pembelajaran mesin, pembelajaran mendalam memerlukan sejumlah besar daya komputasi dengan fakta pelatihan untuk menciptakan hasil yang lebih tepat. AV ditujukan untuk mengurangi kecelakaan kendaraan, meningkatkan arus lalu lintas dan kemampuan manuver, menggunakan lebih sedikit bahan bakar, menghilangkan kebutuhan untuk mengemudi, dan memudahkan operasi komersial dan transit. Meskipun manfaat potensialnya sangat besar, ada banyak tantangan teknologi, sosial, etika, hukum, dan peraturan yang belum terselesaikan.

Pembelajaran mendalam telah membantu bisnis dalam mempercepat upaya pengembangan AV dalam beberapa tahun terakhir. Bisnis-bisnis ini semakin bergantung pada jaringan saraf dalam (DNN) untuk lebih efektif menginterpretasikan informasi sensor. DNN memungkinkan AV untuk mempelajari cara menavigasi dunia pada informasi sensor tertentu daripada harus diprogram secara fisik dengan serangkaian instruksi seperti "berhenti jika Anda melihat warna merah." Karena prosedur ini dimodelkan berdasarkan otak manusia, kemungkinan besar mereka belajar melalui pengalaman. Seorang ahli pembelajaran mendalam bernama NVIDIA mengklaim bahwa ketidakpastian DNN yang terpapar pada foto tanda berhenti dalam berbagai pengaturan, dapat mempelajari tanda berhenti pada khususnya. Namun, untuk menyediakan pengemudian otonom yang aman, bisnis yang membuat AV harus membuat serangkaian DNN lengkap, yang masing-masing difokuskan pada tugas yang berbeda. Jumlah DNN yang dibutuhkan untuk pengemudian otonom tidak memiliki batas atas yang telah ditentukan sebelumnya dan sebenarnya meningkat seiring dengan pengembangan kemampuan baru. Indikasi yang dihasilkan oleh setiap persyaratan DNN yang berbeda dikelola secara real time oleh platform komputer yang canggih untuk benar-benar mengoperasikan mobil.

### **Aplikasi AI Sebelumnya dalam Mengemudi Otomatis**

Dalam Tantangan Kendaraan Cerdas *Defense Advanced Research Projects Agency* (DARPA) Kedua, mobil robotik otonom bernama "Stanley" dari Tim Balap Universitas Stanford pada tahun 2005 menandai dimulainya penggunaan AI untuk mengemudi otomatis. Beberapa sensor dan perangkat lunak khusus, termasuk teknik pembelajaran mesin, mendukung kemampuan Stanley untuk mengenali rintangan dan menghindarinya sambil mempertahankan jalurnya. Thurn kemudian mengelola "Proyek Mobil Mengemudi Sendiri" milik Google, yang pada tahun 2016 berkembang menjadi Waymo. Waymo sangat memanfaatkan AI untuk menghadirkan mengemudi yang sepenuhnya otonom kepada

masyarakat luas. Bekerja sama dengan tim Google Brain, para insinyur perusahaan mengembangkan pendekatan deteksi pejalan kaki yang mengintegrasikan DNN.

Dengan menggunakan model pembelajaran mendalam, para insinyur telah mampu mengurangi tingkat kesalahan untuk identifikasi pejalan kaki hingga setengahnya. CTO Waymo dan wakil presiden bidang teknik, Dmitri Dolgov, membahas bagaimana AI dan pembelajaran mesin membantu bisnis dalam mengembangkan skema AV dalam sebuah posting blog di Medium tahun lalu.

### **2.3 KLASIFIKASI KEMAJUAN TEKNOLOGI DALAM TEKNOLOGI KENDARAAN**

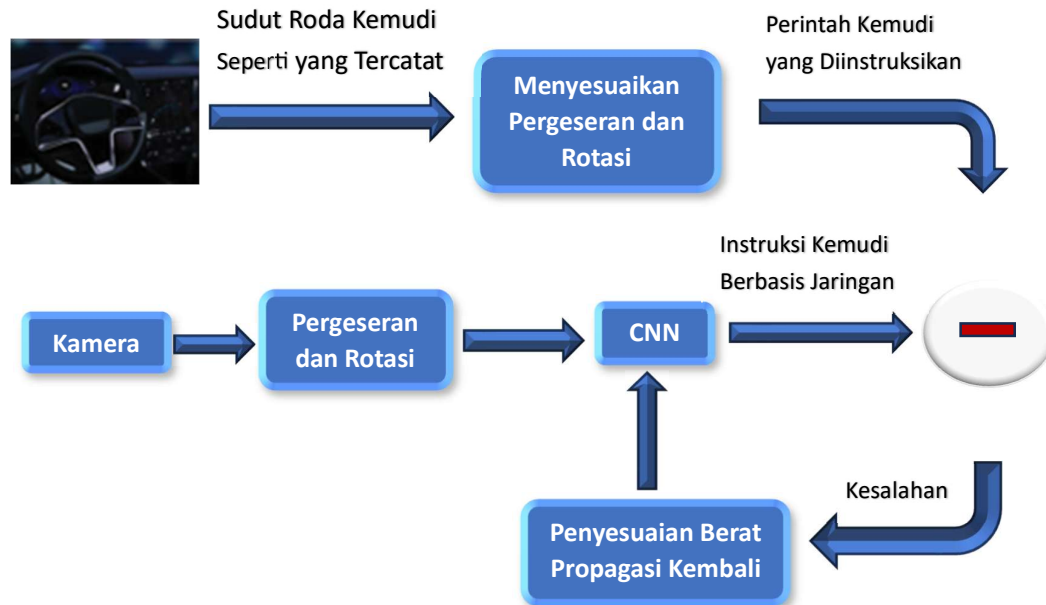
Perkembangan terkini dalam kecerdasan buatan dan pembelajaran mendalam telah membuat kendaraan otonom menjadi lebih canggih. Sebagian besar komponen mobil self-driving modern menggunakan algoritma AI terkini. Kendaraan otonom adalah sistem canggih untuk mengangkut orang atau barang. Mirip dengan membangun sistem mengemudi otomatis bertenaga AI di jalan raya umum, melakukannya di jalan umum juga memiliki sejumlah kesulitan. Mengendalikan platform bergerak saat bergerak dengan aman dari titik awal ke tujuannya sambil menavigasi infrastruktur disebut sebagai navigasi kendaraan, yang dibuat untuk pengemudian manusia, perkembangan terkini dalam penginderaan dan komputasi. Jika platform seluler dapat membuat keputusan saat ini, platform tersebut dapat melintasi sebagian besar jaringan jalan.

Tantangan utamanya adalah memanfaatkan infrastruktur bersama dengan entitas tambahan, seperti beberapa platform seluler dengan sumber daya yang bervariasi, pengemudi yang berisiko, dll. Meskipun memiliki undang-undang dan norma mengemudi, perilaku mereka tidak dapat diprediksi. Meskipun ada tindakan penegakan hukum, kesalahan pengemudi masih terjadi dan mengakibatkan banyak kecelakaan lalu lintas. Kendala terbesar untuk adopsi mobil tanpa pengemudi adalah mengidentifikasi solusi yang memungkinkan pemanfaatan ruang kerja yang sama dengan pihak lain.

Pengembangan kendaraan otonom dipengaruhi oleh kemajuan yang berpusat pada jaringan, berpusat pada kendaraan, dan berpusat pada pengemudi, itulah sebabnya penting untuk memeriksa teknologi navigasi kendaraan yang digunakan dalam kendaraan penumpang. Ilustrasi pelatihan model dengan pembelajaran mendalam ditunjukkan pada Gambar 2.7. Kendaraan cerdas sekarang sedang dikembangkan dari berbagai sudut oleh sektor transportasi, lembaga akademis, dan fasilitas R&D pemerintah. Misalnya, industri otomotif menerapkan teknologi onboard kendaraan untuk meningkatkan kenyamanan dan keselamatan pengemudi. Artinya, beberapa aktivitas dilakukan oleh sistem kontrol komputer yang ditetapkan pada kendaraan yang menggunakan sensor. Taktik ini ditentukan oleh dua perhatian utama, dan tanggung jawab.

Cara orang memandang mobil telah berubah sebagai akibat dari akhir tahun 1970an, tidak lagi dianggap sebagai simbol status atau membangkitkan emosi; sebaliknya, kenyamanan masa kini. Penentu utama perolehan kendaraan adalah biaya dan kegunaan. Sensor eksteroseptif, termasuk pemindai laser serta kamera inframerah, telah terbukti memiliki kemampuan untuk mengidentifikasi rintangan dalam lalu lintas biasa, tetapi penerapannya

saat ini terbatas pada kendaraan kelas atas karena biaya terkait. Maksudnya adalah bahwa biayanya terlalu tinggi untuk mobil dengan harga menengah, di mana radar dan kamera video masih dipilih meskipun ada kekurangannya. Dari sudut pandang ini, peningkatan pada kendaraan siap pakai modern.



**Gambar 2.7** Melatih model menggunakan teknik pembelajaran mendalam.

Definisi pertama kendaraan cerdas adalah kendaraan yang mengutamakan pengemudi. Metode yang berpusat pada pengemudi memungkinkan untuk memahami keadaan yang akan dihadapi kendaraan yang dapat mengatur dirinya sendiri saat digunakan dalam kondisi lalu lintas yang sebenarnya. Ini membuktikan bahwa metode yang digunakan oleh struktur yang dikendalikan manusia untuk meningkatkan perlindungan juga berlaku untuk kendaraan otonom. Selain itu, metode ini memungkinkan transfer teknologi dari platform eksperimental tingkat lanjut ke kendaraan pasar massal dan sebaliknya, yang meningkatkan keahlian teknik OEM kendaraan.

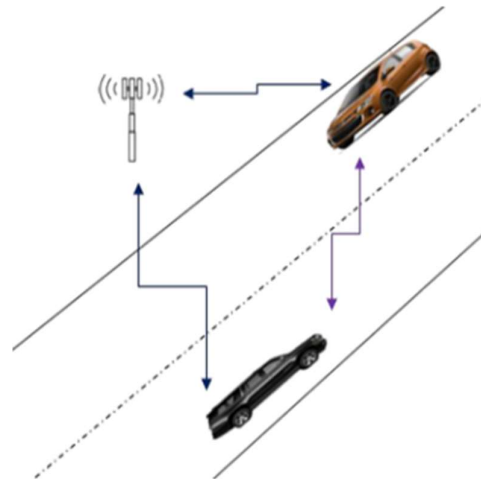
Kontrol longitudinal dan lateral kendaraan otonom, misalnya, dapat dipengaruhi oleh antarmuka, aktuasi, dan mekanisme keselamatan yang disediakan oleh kendaraan yang dilengkapi dengan sistem bantuan parkir otomatis, yang menghabiskan waktu organisasi untuk melakukan gerakan yang dapat dikelola komputer berbasis sensor.

Dalam distribusi data yang berpusat pada jaringan, kendaraan ke kendaraan (V2V) atau kendaraan ke infrastruktur (V2I) dimungkinkan dengan penyertaan teknologi komunikasi dalam kendaraan penumpang. Komunikasi antara V2V dan unit kendaraan-ke-pinggir jalan (V2R) digambarkan pada Gambar 2.8. Hal ini mengarah pada pengembangan berbagai jenis kendaraan yang dikenal sebagai kendaraan kooperatif, yang operasinya bergantung pada penggabungannya ke jaringan transportasi yang mendukung konektivitas V2V dan V2I nirkabel.

Jenis kendaraan ini dikategorikan sebagai yang berpusat pada jaringan dari perspektif fungsional. Semua pelaku dalam jaringan jalan raya kini dapat berbagi informasi—berkat teknologi yang berpusat pada jaringan. Data kemudian dapat dikumpulkan dan dianalisis oleh jaringan sebelum disebarkan ke jaringan lain. Ini merupakan kontribusi penting bagi kendaraan tanpa pengemudi karena menyiratkan bahwa kendaraan otonom masa depan tidak perlu menjadi sistem yang berdiri sendiri. Kendaraan tersebut harus menjadi simpul bergerak yang bekerja sama melalui simpul bergerak lebih lanjut untuk bergerak.

Berpusat pada Kendaraan:

Strategi yang beragam melibatkan otomatisasi fitur navigasi mobil sebanyak yang praktis. Keterlibatan pengemudi berkurang hingga diperpanjang ke bagian loop pengatur kendaraan, di mana kendaraan tersebut dikendalikan komputer dan menjadi otonom. Desain sistem difokuskan pada utilitas kendaraan karena arsitekturnya menduplikasi fungsionalitas yang dibutuhkan untuk mengendarai mobil otonom.



**Gambar 2.8** Komunikasi antara V2V dan V2R.

Desain kendaraan ini dapat dikategorikan sebagai mobil yang berpusat pada kendaraan. Mobil yang berpusat pada kendaraan adalah sistem kendaraan otonom yang memperhitungkan platform eksperimental paling terkenal yang telah dibuat sejauh ini dan teknologi terkait. Ringkasan kehadiran teknologi yang dibuat untuk kendaraan yang dapat mengatur dirinya sendiri diberikan oleh panorama lengkap ini.

## 2.4 ADAPTASI ARSITEKTUR KENDARAAN

Dari sudut pandang pengendalian mobil, jika pengemudi memiliki kendali penuh, tidak akan ada sistem navigasi di dalam mobil. Aplikasi saat ini cenderung berpusat pada pengemudi, yang awalnya berfokus pada penyediaan informasi sebelum mengizinkan pengemudi mengendalikan mobil. Tidak banyak aplikasi yang memerlukan manajemen mesin secara langsung, tetapi aplikasi yang memerlukannya ditambahkan satu per satu, seperti Lane Keeping Support. Komputer dengan cepat mengambil alih kendali mobil dari pengemudi. Dari

sudut pandang yang beragam, kendaraan yang dikendalikan komputer menjadi lebih otonom saat mereka beralih dari tugas-tugas dasar.

Prototipe OEM kendaraan terkini telah menunjukkan bahwa komunikasi nirkabel dapat digunakan untuk fungsi energi terkait keselamatan, karena memungkinkan informasi dibagikan dan dengan demikian meningkatkan kesadaran pengemudi. Teknologi ini seharusnya dapat digunakan dalam sistem yang berpusat di sekitar mobil, karena jaringan komunikasi membantu menciptakan lingkungan cerdas yang memudahkan penggunaan kendaraan otonom. Desain yang berpusat pada jaringan adalah desain yang dihasilkan dari pemanfaatan sistem komunikasi. Untuk mengomersialkan teknologi ini sepenuhnya, transaksi kendaraan otonom telah memanfaatkan sejumlah besar mata uang dalam dalam Babnya. Ada beberapa masalah yang menghalangi tujuan ini.

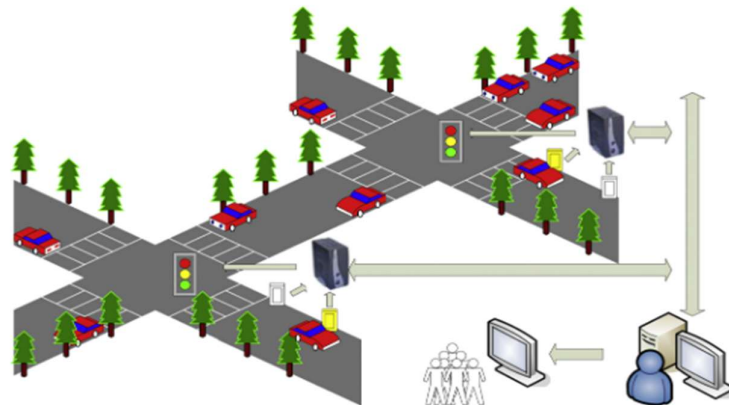
Kesulitan-kesulitan ini meliputi komplikasi hukum, nonhukum, dan teknis. Lebih dari sebelumnya, kita sangat dekat untuk mencapai tujuan otomatisasi kendaraan yang telah lama diinginkan. Selain itu, produsen mobil besar menghabiskan miliaran dolar untuk membuat kendaraan otomatis. Di antara keuntungan lainnya, teknik inovatif ini memiliki prospek untuk meningkatkan keselamatan penumpang, mengurangi kemacetan lalu lintas, merampingkan lalu lintas, menghemat bahan bakar, mengurangi polusi, dan meningkatkan pengalaman perjalanan. Demikian pula, AV dapat memeriksa teknologi mutakhir lainnya seperti blockchain dan kuantum. Untuk mengomunikasikan informasi, mobil otonom menggunakan jaringan sensor nirkabel.

Arsitektur untuk penyulingan pengetahuan yang efektif menggunakan transformer diusulkan dalam Liu et al. untuk segmentasi semantik insiden berkendara di jalan raya. Misalnya, segmentasi diusulkan untuk menggunakan teknologi jaringan saraf konvolusional yang merupakan perhatian multiskala terkemuka. Pendekatan pemosisian kooperatif (RCP) yang kuat yang menambahkan pita ultra lebar ke GPS memang telah disajikan untuk mendapatkan posisi yang akurat (UWB). Untuk memperkirakan peta grid, disarankan jaringan saraf berulang multitugas. Data semantik, perkiraan hunian, prakiraan kecepatan, dan area yang dapat dilalui semuanya disediakan melalui peta grid. Kontrol gerakan kendaraan otonom AS sekarang menempatkan penekanan signifikan pada teknik berbasis pembelajaran mendalam. Tetapi pengoptimalan terintegrasi dari sensorik, pengambilan keputusan, dan kontrol gerakan juga dapat dicapai dengan memanfaatkan kekuatan DNN.

Dalam kategori teknologi yang berpusat pada pengemudi, pengemudi masih mempertahankan kontrol keseluruhan kendaraan. Berbagai fitur dibuat untuk meningkatkan kesadaran situasional dan keselamatan pengemudi melalui peningkatan penginderaan lingkungan atau menjaga stabilitas dan pengendalian mobil. Setiap fungsi persepsi bertujuan untuk memberikan informasi kepada pengemudi mengenai apa yang terjadi di lingkungan sekitarnya. Penggabungan data dari sensor proprioseptif dan eksteroseptif inilah yang disorot, yang memungkinkan konstruksi model interaksi spasiotemporal antara kendaraan dan lingkungan sekitarnya serta kondisinya saat ini.

Kemudian, informasi situasional disimpulkan menggunakan model ini. Keputusan terus-menerus dibuat dalam semua aspek berkendara. Seperti yang dinyatakan sebelumnya,

kesalahan yang dibuat oleh pengemudi yang mengakibatkan keputusan yang buruk merupakan penyebab utama kecelakaan. Fokusnya adalah pada pengumpulan dan asosiasi data untuk meningkatkan kesadaran dan memberikan pilihan terbaik untuk meningkatkan kesadaran situasional pengemudi dan, sebagai hasilnya, membantu dalam pengambilan keputusan. Ini biasanya memerlukan pengamatan apa yang terjadi di area dekat di depan mobil atau untuk mengukur bagaimana reaksinya.



**Gambar 2.9** Sistem kontrol otomatis.

Ilustrasi umum adalah deteksi pejalan kaki menggunakan sistem penglihatan atau pemindai laser baik untuk memberi tahu pengemudi atau menurunkan kecepatan kendaraan. Di sinilah fitur yang sekarang sedang dimasukkan ke dalam generasi mobil baru. Karena berbagai situasi yang dapat terjadi, desain sensor dan kemampuannya, dan biaya penerapannya, sistem persepsi menghadapi tantangan terbesar. Ada banyak program yang tersedia untuk membantu Anda dalam berkendara. Banyak di antaranya dapat ditemukan pada mobil-mobil masa kini atau sudah terpasang pada produk-produk mendatang.

Program-program lainnya telah didemonstrasikan dan sedang diuji dalam dunia nyata. Saat ini, pengemudi lebih diutamakan untuk mendapatkan informasi. Pembenerannya terkait dengan tanggung jawab; khususnya, dengan mengamati pengemudi di lingkaran selama pengendalian kendaraan, pengemudi bertanggung jawab atas setiap manuver kendaraan. Komunikasi dan pengendalian kendaraan secara otomatis terhadap indikasi rambu jalan diilustrasikan dalam Gambar 2.9.

Pengoperasiannya didasarkan pada integrasi data apriori dari peta navigasi kardinal dan penggunaan gabungan sensor di dalam kendaraan. Tiga kelompok fungsi tersebut meliputi persepsi yang ditingkatkan, kontrol longitudinal dan lateral, dan panduan rute (navigasi). Aplikasi yang menggunakan peta jalan digital disertakan di kolom pertama, aplikasi yang memiliki beberapa tingkat kontrol atas pergerakan mobil ada di kolom kedua, dan aplikasi yang meningkatkan persepsi pengemudi ada di kolom ketiga. Kendaraan dapat dioperasikan secara tidak pasti atau di bawah kendali server utama, seperti halnya penggunaan kendaraan berpemandu otomatis (AGV), dan peran sebelumnya akan menjadi pengemudian tambahan—berkat arsitektur yang berpusat pada pengemudi.

***Pengoperasian jarak jauh kendaraan:***

Hal ini menunjukkan bahwa keselamatan pengemudi yang mengoperasikan kendaraan dari jarak jauh dapat dipertahankan sambil bertukar informasi yang cukup. Militer lebih menyukai domain aplikasi ini untuk mengelola kendaraan darat dalam kondisi berbahaya. Untuk tujuan ini, kamera video digunakan untuk memeriksa lingkungan. Pemindai laser digunakan untuk memberikan kesan kedalaman, dan dicampur dengan gambar video untuk menciptakan gambar berwarna kedalaman. Teknologi semacam ini memerlukan cara untuk menggerakkan pengendali kendaraan di dekat kendaraan dan sekelilingnya.

Kendaraan pertahanan menggunakan strategi mengemudi di mana pengemudi hanya berinteraksi dengan lingkungan eksternal dan instruksi kendaraan melalui mekanisme elektro-optik, yaitu, campuran kamera dan sensor perseptif lainnya digunakan untuk menunjukkan lingkungan kepada pengemudi. Pengemudi menggunakan matanya alih-alih mengevaluasi dan terlibat dengan dunia luar melalui monitor yang menunjukkan gambar sistem kamera langsung dan informasi sensor lainnya.

Dengan demikian, memungkinkan untuk mengidentifikasi Dalam hal mobil militer, pengemudi akan diposisikan di mana pun di dalam ditempatkan di area yang aman, sehingga menghasilkan penurunan risiko dan biaya yang substansial. Ini mengatasi tantangan dalam kebutuhan untuk menemukan pengemudi di titik pengawasan yang membantu sambil tetap aman dan mampu menanggapi arahan kendaraan. Kemampuan untuk membuat representasi 3D yang akurat dari area di sekitar kendaraan dimungkinkan oleh ketersediaan teknologi persepsi yang canggih, seperti laser pemindai lalu kamera video, bersama dengan GPS selain unit Pengukuran Inersia. Akibatnya, dapat dibayangkan untuk memberikan pengemudi interpretasi panorama yang komprehensif dari area di sekitar kendaraan, membantu pengenalan situasional dan, akhirnya, pengoperasian kendaraan dalam keadaan sulit.

Koneksi nirkabel antara kendaraan (V2V) dan antara kendaraan dan infrastruktur (V2I) menjadi lebih umum karena perkembangan dalam teknologi komputer dan komunikasi diterapkan di jaringan-sentris. V2X mengacu pada kedua jenis jalur komunikasi. Koneksi ini mengubah cara kendaraan dibuat. Ini memungkinkan berbagi dan pengumpulan informasi yang menghasilkan cakrawala kesadaran yang lebih luas bagi pengemudi di luar apa yang akan dideteksi oleh sensor mobil di dalam mobil. Dari sudut pandang keselamatan, ini memungkinkan kemampuan pengemudi atau mesin untuk mengantisipasi dan menanggapi interaksi dengan entitas seluler lainnya serta modifikasi di lingkungan.

Konsep mobil yang berpusat pada jaringan didasarkan pada tiga komponen penting: peta digital, komunikasi nirkabel, dan lokalisasi. Informasi tentang titik dan percepatan kendaraan di sekitarnya dan ekstrapolasinya ke peta digital yang mencerminkan jaringan jalan dan atribut terkait memungkinkan untuk menentukan skenario spasiotemporal mobil lain tertentu sehubungan dengan kendaraan subjek (SV) serta komunikasinya dengan jaringan transportasi. Informasi ini kemudian digunakan untuk menentukan apakah skenario risiko ada atau tidak, yang memungkinkan kendaraan yang dikendalikan komputer atau operator untuk merespons jauh lebih awal daripada yang dapat dilakukan sensor di dalam kendaraan karena kendala fisik pada mereka.

Jika SV hanya memiliki sensor yang melihat ke depan saat mendekati persimpangan, tentu saja radar, kamera, atau laser pemindai, pengemudi atau pengontrol komputer mungkin hanya memiliki akses ke informasi parsial karena bidang pandang (FOV) sensor yang terbatas. Di sini tidak ada pengetahuan, misalnya, bahwa skenarionya lebih bermasalah karena SV akan mengganggu persimpangan jalan atau bahwa mobil mendekat dengan cepat dan mungkin tidak dapat berhenti tepat waktu seperti yang ditunjukkan oleh lampu lalu lintas di jalan yang terhubung dengan lintasannya.

Dalam situasi ini, adalah mungkin untuk meningkatkan kesadaran dengan memasukkan informasi dari sensor onboard mobil ke pengaturan dengan menggabungkan fakta dari plot digital. OEM kendaraan dan pemerintah saat ini sangat tertarik dengan penyebaran kendaraan kooperatif secara global. Menurut statistik, meskipun faktanya pengurangan kecelakaan melambat meskipun ada peningkatan dalam keselamatan jalan. Studi menunjukkan bahwa penggunaan keselamatan kendaraan kooperatif adalah tahap berikutnya dalam menurunkan keselamatan. Diklaim bahwa menyebarkan sistem keselamatan pasif dan aktif saja tidak akan cukup untuk terus mengurangi tingkat kecelakaan; sebaliknya, aplikasi keselamatan V2X harus diperkenalkan untuk mengurangi kecelakaan dengan cara yang tidak dapat dilakukan oleh metode saat ini.

Biaya adalah salah satu alasannya; menggunakan peta dan peralatan komunikasi onboard di dalam kendaraan akan jauh lebih murah daripada menggunakan sensor canggih seperti radar dan kamera. Ketika semua simpul struktural dihubungkan bersama, perhitungan terdistribusi dapat dijalankan pada jaringan untuk mengendalikan bagaimana semua simpul mobilitas bergerak. Kendaraan otonom mengembangkan jaringan ad hoc saat bergerak di atas jaringan jalan dalam sistem yang berpusat pada jaringan. Mobil modern menyertakan sistem kontrol gerak elektromekanis yang mengubahnya menjadi simpul yang dapat dikendalikan.

Manuver otonom dapat dilakukan dengan mengintegrasikan kecerdasan bawaan dan wawasan jaringan. Tugas pengumpulan dan penanganan konteks disebarkan melalui jaringan sensor dan jalur transmisi nirkabel untuk menurunkan jumlah kemampuan intelektual bawaan dan sistem persepsi yang dibutuhkan kendaraan untuk bekerja dengan aman di bawah pengawasan mengemudi parsial atau perangkat lunak kontrol. Model terpusat seperti itu dapat mengumpulkan informasi dari berbagai sumber, termasuk mobil yang bergerak, lampu lalu lintas, peralatan pengawasan, orang yang menggunakan telepon pintar, dan rambu jalan.

Data ini kemudian digunakan untuk membangun model lingkungan yang luas di atas prediksi jaringan jalan yang tepat. Informasi tentang semua entitas kemudian dapat diperoleh dengan mengunduh keputusan strategis (seperti memprioritaskan persimpangan yang diberi sinyal) sebagai perintah ke kendaraan yang sesuai. Ketika digunakan, kendaraan otonom niscaya akan memanfaatkan sebagian teknologi tersebut.

Ketika teknologi nirkabel dan peningkatan tingkat otomatisasi dikembangkan untuk mobil kooperatif, komunikasi berubah menjadi barang umum. Secara ekonomi, mungkin lebih menarik untuk menempatkan peralatan komunikasi sebagai pengganti sensor di dalam kendaraan. Ini juga dapat diterapkan untuk membantu kendaraan ambulans. Kendaraan darurat harus dioperasikan dengan sensor dan dapat membantu menavigasi lokasi mereka.

Lokasi kendaraan ambulans dicontohkan dalam Gambar 2.10. Jika jalur sangat padat, maka kendaraan dapat disarankan untuk mengambil rute alternatif untuk menyelamatkan nyawa manusia. Rute alternatif yang menghubungkan ambulans diberikan dalam Gambar 2.11. Ini selanjutnya dapat dihubungkan ke teknologi tanpa pengemudi untuk meningkatkan keselamatan dan keandalan.



**Gambar 2.10** Identifikasi lokasi ambulans.



**Gambar 2.11** Rute alternatif untuk mencapai target.

Kendaraan bergerak secara otonom ketika kontrol ditempatkan pada sistem pemrosesan di dalam kendaraan; karenanya, pengembangan yang berpusat pada kendaraan dihasilkan.

Setiap fungsi persepsi beroperasi dengan cara yang harus dapat dipahami oleh komputer. Dengan kata lain, saat kendaraan melaju ke tujuannya, kecerdasan di dalam kendaraan menganalisis lingkungan kendaraan dan memilih manuver terbaik. Seluruh desain ekosistem ini ditujukan untuk sekelompok sistem otomatis yang memiliki kapasitas untuk persepsi, pemahaman, pengambilan keputusan, dan penggerakan. Hal ini tidak lagi menjadi masalah, meskipun pada awalnya dirancang untuk tujuan pertahanan atau antariksa.

Para peneliti dari Departemen Pertahanan (DOD) dan Departemen Transportasi (DOT) berkumpul untuk membahas potensi dalam Bab kendaraan otomatis pada konferensi bersama setelah hubungan antara aplikasi ini dan aplikasi di sektor otomotif ditemukan sebelumnya (IVVT 2011). Sementara yang terakhir dikhususkan untuk meningkatkan efisiensi, keamanan, dan keselamatan kendaraan penumpang, upaya awal difokuskan pada penggunaan teknik robotika untuk aplikasi militer. Gerakan otomatis aplikasi transportasi dimulai dari robot paling awal. Robot bergerak yang volumenya seperti meja kartu yang disebut Stanford Cart yang dilengkapi dengan kamera televisi dan pemancar adalah salah satu contoh pertama.

Hanya dengan menggunakan visual yang diproyeksikan oleh sistem TV onboard, komputer dilatih untuk mengarahkan kereta melalui area dalam dan luar yang ramai. Kereta bergerak dalam semburan 1 m, dengan jeda 10–15 menit untuk analisis gambar dan perencanaan rute. Mengamati terjadinya halangan di sepanjang jalur yang ditargetkan diperlukan untuk menentukan apakah kendaraan dapat menavigasi lingkungan sekitar atau tidak.

Fokus utamanya adalah menemukan halangan dan memahami bagaimana hal itu berhubungan dengan SV. Kemudahan mendapatkan sensor bagi peneliti dan bisnis mungkin merupakan hal yang memperlambat pertumbuhan saat platform seluler otomatis berpindah dari lingkungan lab ke tempat kerja yang terorganisasi dengan baik seperti gudang ke navigasi di luar jalan raya dan akhirnya ke lingkungan perkotaan. Kemajuan ini terkait dengan aksesibilitas banyak sensor. Faktor penentu utama bagi produsen kendaraan adalah biaya, dan banyak sensor yang dimasukkan sebagai komponen sistem bantuan pengemudi hampir identik dengan yang digunakan dalam sistem yang berpusat pada kendaraan.

Sejak awal 1980an, platform robotik dengan berbagai sistem persepsi telah digunakan, pertama dengan penggunaan sensor ultrasonik yang cukup besar dan pembatasan akurasi pengumpulan dan penemuan terkait. Sensor inframerah tetap menjadi komponen khas di sebagian besar mobil penumpang yang baru dibuat dan digunakan tidak hanya untuk membantu pergerakan di ruang terbatas tetapi juga untuk mengarahkan mobil otonom saat melakukan manuver parkir, seperti sistem parkir otomatis penuh INRIA.

Penggunaan kamera sinematik di masa lalu telah dibuat, maka ini memerlukan perangkat keras komputasi khusus, yang mencegah penggunaannya secara luas, dengan contoh-contoh. Penglihatan stereo telah digunakan untuk mengambil informasi terperinci untuk aplikasi otomasi robotik di masa lalu. Kamera video digunakan dalam sistem pendeteksian saat ini. Sistem pengontrol pengawasan digunakan untuk mengawasi berbagai sistem dan memastikannya beroperasi dengan aman atau bebas dari kegagalan. Sistem ini

berisi prosedur dan mekanisme pemantauan yang diaktifkan ketika satu atau lebih sistem berkinerja buruk atau tidak berfungsi.

Mayoritas fungsi didasarkan pada kondisi kendaraan, khususnya posisinya. Selama tahap perencanaan, data ini digunakan untuk meningkatkan kejelasan situasi mesin yang berkaitan dengan model global kendaraan. Estimasi status kendaraan adalah apa yang dikenal sebagai dan mencakup alat untuk memperkirakan lokasi kendaraan secara komparatif terhadap dunia dan dinamikanya baik secara lokal maupun dalam kaitannya dengan suatu rangka.

## 2.5 ARAH MASA DEPAN MENGENAL OTONOM

Menurut penilaian mereka, mobil tanpa pengemudi akan maju dalam segmen mundur atau bergabung dengan sistem tingkat tinggi di kemudian hari. Klaim ini didukung oleh teori TRIZ serta isu dalam Bab hot spot dan kemenangan terkini dalam tiga sistem penting. Salah satu keuntungan dari kerumitan yang dihasilkan adalah kapasitas untuk mendistribusikan beban fungsional di antara beberapa bagian penyusun, karena prinsip pengembangan subsistem yang tidak seragam mengatakan bahwa subsistem yang paling tidak stabil diperlukan untuk mempercepat perubahan adaptasi.

### *Beradaptasi dengan sistem transportasi cerdas (ITS):*

ITS dapat memainkan peran penting di masa depan, karena berupaya untuk meningkatkan efisiensi energi, mengurangi ancaman terhadap lingkungan yang terkait dengan transportasi, meningkatkan keselamatan kendaraan, dan meningkatkan efisiensi transportasi. Mobil tanpa pengemudi memiliki keuntungan dalam menyesuaikan diri dengan persyaratan ITS, karena dapat berkomunikasi dengan mobil lain dan melaju tanpa kesalahan atau keacakan. Selain itu, sistem dapat menerima komponen fungsi dari setiap kendaraan.

Kebutuhan akan sistem persepsi lingkungan dan sistem pengambilan keputusan setiap kendaraan dapat dikurangi, misalnya, jika informasi mengenai jarak antara dua mobil dapat diperoleh dari keduanya, dihitung sekali, dan dikirim ke keduanya pada saat yang sama. Sinkronkan dengan kendaraan ramah lingkungan yang canggih (i-EFV). Dengan meningkatkan arus lalu lintas, ITS dapat mengatasi masalah lingkungan dan energi, sementara gagasan tentang i-EFV mendorong lebih banyak pemikiran tentang pemasangan dengan kendaraan energi baru. Selain lebih aman dan menggunakan lebih sedikit energi, kendaraan otonom memudahkan integrasi sistem energi dan transportasi. Hasilnya, aliran saluran energi dipersingkat, kehilangan informasi berkurang, dan keduanya dapat bekerja sama secara efisien.

### *Kemajuan dalam teknologi sensor:*

Karena sebagian besar sistem kesadaran lingkungan tidak memadai, sebagian besar kendaraan otonom modern hanya dapat beroperasi dalam cuaca yang baik dan di jalan yang terstruktur. Studi tentang LiDAR yang ringkas, kurang terjangkau, stabil, atau bahkan alternatif lain yang sesuai, seperti yang ditunjukkan di atas, dan penyelidikan pada sistem fusi sensor dengan kecepatan operasional yang cepat dan memadai serta tuntutan perangkat keras yang

wajar adalah dua cara utama untuk meningkatkannya. Secara khusus, memenuhi tujuan yang saling bersaing dari waktu nyata dan murah.

Tiga di antara pendekatan metodologi AI yang paling mengesankan yang digunakan adalah pembelajaran mendalam, pembelajaran penguatan terbalik (dalam), dan pembelajaran penguatan (dalam). Teknik-teknik ini telah terbukti efektif untuk pengambilan keputusan dan pengenalan objek, dan mereka telah mengembangkan teknologi mengemudi otomatis dalam beberapa cara yang menarik. Namun, mungkin ada beberapa tantangan. Misalnya, kebutuhan akan sejumlah besar sampel pelatihan, banyak sumber daya komputer, atau kurangnya teori untuk membalikkan kesalahan kemajuan atau umpan baliknya. Kualitas metode yang lebih canggih meliputi pembuatan data pelatihan secara independen, generalisasi kinerja ke keadaan yang tidak dibuktikan, dan memenuhi persyaratan teknik.

## **2.6 KESIMPULAN**

Bab ini telah memberikan analisis menyeluruh tentang kebutuhan kendaraan otonom dan kondisi terkini yang mendasari model komputasi, yang dapat membantu kemajuan teknologi tanpa pengemudi. Teknologi kecerdasan buatan dan pembelajaran mesin modern telah ditekankan dalam diskusi. Ada juga interpretasi tentang bagaimana kendaraan tanpa pengemudi memengaruhi model komputasi. Berbagai tingkat otonomi dan teknologi mutakhir dalam kendaraan cerdas dibahas secara menyeluruh.

Bab ini menyajikan wawasan tentang pentingnya pembelajaran berkelanjutan dalam melatih model dan bagaimana sistem otomatis kontemporer dapat memperoleh manfaat darinya. Masalah utama dengan metode komputasi untuk aplikasi tanpa pengemudi yang canggih juga dibahas, di mana para peneliti harus meningkatkan kemampuan kendaraan otonom. Arah masa depan dan klasifikasi kemajuan teknologi diberikan. Di masa mendatang, kami mengantisipasi pengembangan model otomatis menggunakan pendekatan pembelajaran transfer yang akan memajukan sistem otonom saat ini. Lebih jauh, keamanan dan berbagai gaya mengemudi memang akan dinilai dengan bantuan agen.

## **BAB 3**

### **INOVASI AI MENUJU KENDARAAN OTONOM**

Selama beberapa dekade terakhir, jumlah kendaraan di jalan raya terus meningkat karena meningkatnya permintaan mobilitas perkotaan dan logistik kontemporer. Dua dari sekian banyak dampak buruk dari semakin banyaknya kendaraan di jalan raya, yang juga menghambat pembangunan ekonomi, adalah meningkatnya kemacetan lalu lintas dan kecelakaan lalu lintas. Masalah yang disebutkan di atas dapat diatasi secara signifikan dengan membuat kendaraan lebih cerdas dengan mengurangi ketergantungannya pada manusia. Selama seabad terakhir, berbagai negara telah melakukan dalam Bab ekstensif yang telah mendorong otomatisasi kendaraan jalan raya.

Pengembangan teknologi kendaraan otonom (AV) saat ini sedang diupayakan oleh semua produsen motor terkemuka di seluruh dunia. Tidak diragukan lagi, meluasnya penggunaan mobil otonom lebih mendesak daripada yang kita sadari mengingat perkembangan kecerdasan buatan (AI). Agar AV dapat memahami lingkungan sekitar dan membuat keputusan yang tepat secara real time, AI telah muncul sebagai komponen krusial. Perkembangan AI ini didorong oleh pertumbuhan data besar dari berbagai perangkat penginderaan dan sumber daya komputasi mutakhir. Pertama-tama kita harus meneliti perkembangan dan sejarah AI untuk memahami fungsinya dalam sistem AV.

#### **3.1 PENDAHULUAN**

Perkembangan komunikasi dan robotika telah memberikan dampak yang signifikan pada kehidupan kita sehari-hari, khususnya transportasi. Kemajuan teknologi kendaraan otonom (AV) telah dimungkinkan oleh terobosan-terobosan ini. Sebagai makhluk yang mengandalkan indera, manusia menggunakan pengenalan objek sebagai bagian dari kehidupan sehari-hari. Masa depan mobil adalah pengenalan objek berbasis komputer. Transisi dari pengenalan objek manual ke pengenalan objek otomatis merupakan hal yang signifikan. Ribuan kecelakaan lalu lintas dan tabrakan mobil di kota-kota kontemporer yang sebagian besar disebabkan oleh kesalahan manusia menyebabkan gangguan yang tak berkesudahan serta hilangnya banyak nyawa, harta benda, dan produktivitas.

Mobil dapat sepenuhnya diotomatisasi sehingga tidak diperlukan keterlibatan manusia sebagai cara untuk mengurangi hal ini. Efisiensi bahan bakar, kenyamanan, dan kemudahan merupakan manfaat tambahan dari kendaraan otonom. Manfaat terbesar bagi masyarakat yang mengemudi sendiri adalah penghapusan kesalahan pengemudi. Kesalahan pengemudi, yang mencakup lebih dari 90% dari semua kecelakaan, merupakan penyebab utama dari lebih dari 31.000 kecelakaan mobil fatal yang terjadi setiap tahun di Amerika Serikat saja.

Menurut Eno Center for Transportation, akan ada pengurangan tabrakan lebih dari 4 juta, penghematan lebih dari seratus miliar dolar, dan penghematan 21.000 kematian setiap tahun jika 90% kendaraan di jalan-jalan Amerika mengemudi sendiri. Kemajuan signifikan baru-baru ini dalam kecerdasan buatan (AI), bersama dengan teknologi pengumpulan dan

pemrosesan data mutakhir, adalah yang mendorong dalam Bab AV ke tingkat yang baru. AV telah menerima banyak perhatian baru-baru ini karena perkembangannya yang cepat. Besarnya keberhasilan AV bergantung pada sensor pendeteksi rintangan yang lebih baik dan AI yang membuka jalan bagi penggabungannya.

Komputer menggunakan kecerdasan buatan dengan cara yang sama seperti yang dilakukan manusia. AI dalam pengembangan AV telah sangat dipengaruhi oleh keberhasilan AI dalam banyak aplikasi kompleks seperti analitik prediktif untuk memvalidasi kebutuhan akan pembedahan. Khususnya, pengembangan pembelajaran mendalam (DL) telah memungkinkan banyak dalam Bab untuk mengatasi kompleksitas di bidang kendaraan otonom, yang mengidentifikasi dan menemukan rintangan di jalan secara tepat, membuat keputusan yang tepat pada waktu yang tepat seperti mengendalikan kecepatan dan arah pergerakan kendaraan, dll. Logika fuzzy, metode komputasi di mana dasar keputusan didasarkan pada derajat kebenaran daripada logika Boolean benar atau salah standar dan jaringan saraf tiruan (ANN), dan sistem komputasi yang dimodelkan setelah jaringan saraf biologis yang membentuk otak hewan adalah dua dari banyak teknik AI yang digunakan.

Saat ini, berbagai sensor pasif dan aktif, termasuk yang merekam gema berikutnya yang mirip dengan LiDAR, RADAR, Sistem Satelit Navigasi Global (GNSS), kamera, dan sensor GPS, dapat diintegrasikan secara ekstensif dalam kendaraan otonom. Cahaya laser digunakan oleh sensor LiDAR untuk menerangi sekelilingnya. Waktu tunda atau interval diukur setelah cahaya ini dipantulkan. Ini membantu dalam membangun gambar 3 dimensi dari sekelilingnya. Informasi ketinggian, lintang, dan bujur yang disediakan oleh sensor posisi seperti GNSS dan GPS memungkinkan mobil untuk ditempatkan secara tepat di peta untuk tujuan navigasi. Gelombang mikro atau gelombang radio digunakan oleh sistem radar untuk mengukur kecepatan, arah, dan jarak rintangan dari kendaraan otonom.

Gelombang pantulan ditangkap oleh pemancar setelah gelombang dipantulkan atau dipantulkan. Di lokasi pemancar, gelombang pantulan ditangkap setelah gelombang dipantulkan atau dipantulkan. Dengan menggunakan informasi dari kamera, sensor, sensor geolokasi, peta, pemrograman navigasi, dan sistem yang disebutkan di atas untuk menghubungkan dengan kendaraan otonom lainnya, perangkat lunak yang dikombinasikan dengan AI memproses data yang terkumpul dan mengatur operasi mekanis mobil. Teknik-teknik ini meniru upaya yang sangat menantang yang dilakukan pengemudi manusia ketika mereka harus memantau jalan, kendaraan, dan diri mereka sendiri untuk mengemudi.

Gagasan mobil tanpa pengemudi telah ada sejak lama, tetapi biayanya yang mahal telah mencegah produksinya secara luas. Konsep AV telah maju ke tingkat yang sebelumnya tidak pernah terdengar—terima kasih kepada aktivitas dalam Bab dan pengembangan yang cepat selama 10 tahun terakhir. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa berbagai pemangku kepentingan, seperti agen transit, oligopoli TI, perusahaan jaringan transportasi, pembuat mobil, produsen chip dan semikonduktor, dan lainnya, telah melakukan investasi besar dan mendorong peningkatan ini.

Kebutuhan untuk merawat populasi geriatri di negara-negara maju dan kemajuan pesat teknologi komunikasi mungkin telah membuat AV penting untuk operasi bisnis. Pada tahun

2040, ini diantisipasi untuk menyialip separuh keseluruhan jumlah total penjualan kendaraan dan 40% perjalanan, menurut perkiraan berdasarkan teknologi transmisi otomatis atau penyebaran kendaraan hibrida dan adopsi kendaraan pintar sebelumnya.

AV dikaitkan dengan banyak efek sosial yang menguntungkan, termasuk keselamatan selama transportasi, pengurangan biaya perjalanan, dan beberapa mobilitas bagi orang-orang dengan mobilitas terbatas dan mereka yang tinggal di keluarga berpenghasilan rendah. Baru-baru ini, diprediksi bahwa pada tahun 2025, sekitar 1,9 triliun dolar nilai sosial langsung tahunan akan dihasilkan.

Efek menguntungkan inilah yang mendorong pengembangan teknologi AV dan akan terus berlanjut dalam jangka panjang. Kendaraan otonom harus diperhitungkan saat merencanakan transportasi di masa mendatang, karena kemungkinan besar akan berdampak besar pada cara orang bepergian dan bagaimana sistem jalan berfungsi. Dalam bab ini, kita akan membahas keadaan masa lalu dan saat ini terkait kendaraan otonom dan potensi dampaknya terhadap transportasi di masa mendatang.

### **3.2 PERAN AI DALAM MOBIL TANPA PENGEMUDI**

#### **Apa itu Kecerdasan Buatan?**

Istilah “kecerdasan buatan” pertama kali digunakan pada tahun 1955 oleh ilmuwan komputer John McCarthy. Kemampuan untuk kognisi, pembelajaran, dan pengambilan keputusan dalam program komputer atau mesin dikenal sebagai kecerdasan buatan (AI). Frasa ini umumnya merujuk pada mesin yang meniru kecerdasan manusia.

AI memungkinkan kita untuk memprogram mesin dan program komputer untuk melakukan tugas-tugas seperti manusia. Program dan mesin ini menerima sejumlah besar data dari kita, yang kemudian dievaluasi dan diproses sehingga mereka dapat bertindak seperti manusia dan berpikir secara logis. Mengotomatiskan pekerjaan manusia yang umum hanyalah puncak gunung es AI; potensi penggunaannya meliputi kendaraan tanpa pengemudi dan peralatan medis diagnostik yang menyelamatkan nyawa. Mesin reaktif, memori terbatas, teori pikiran, dan kesadaran diri adalah empat kategori AI yang berbeda.

Mesin reaktif, jenis AI yang paling dasar, tidak memiliki kapasitas untuk mengingat atau mampu mengingat masa lalu atau menarik kesimpulan darinya untuk memberikan penilaian saat ini. Superkomputer Deep Blue milik IBM yang dapat bermain catur dapat dianggap sebagai salah satu contoh terbaik dari jenis sistem AI ini, yang pada awal tahun 1997 mengalahkan grandmaster catur. Jenis kognisi ini melibatkan komputer yang secara aktif mempelajari lingkungan luar dan bereaksi sesuai dengan pengamatannya yang tidak dipengaruhi oleh ideologi pribadi apa pun. Rodney Brooks, seorang ahli AI Australia, berpendapat bahwa, berbeda dengan apa yang sering diasumsikan dalam domain AI, kita tidak terlalu mahir dalam memodelkan simulasi komputer yang realistis.

Tipe kedua mampu melihat ke belakang. AV telah menggabungkan beberapa hal ini. Misalnya, mereka mengawasi kecepatan dan arah mobil lain di jalan. Dibutuhkan waktu dan ketekunan untuk mencapainya; diperlukan identifikasi hal-hal tertentu dan pemantauan terus-menerus terhadapnya. Ini kemudian digabungkan ke model dunia yang telah diprogram

sebelumnya yang dimiliki AV, yang juga berisi marka jalur, lampu lalu lintas, dan beberapa aspek penting lainnya, termasuk tikungan di jalan.

Untuk menghindari pelanggaran etika berkendara atau tertabrak mobil atau kendaraan yang lewat, hal-hal tersebut diperhitungkan saat menentukan kapan harus berpindah jalur oleh kendaraan. Namun, informasi dasar dari sejarah ini tidak bersifat permanen. Kendaraan bermotor tidak dapat belajar darinya, karena tidak tersimpan dengan cara yang sama seperti pengalaman berkendara selama bertahun-tahun membantu pengemudi manusia menjadi pengemudi yang lebih baik.

Tipe ketiga dapat dipilih sebagai pembeda yang menentukan antara mesin generasi saat ini dan mesin yang akan dikembangkan di tahun-tahun mendatang. Kejelasan yang lebih baik lebih disukai saat membahas tipe representasi yang harus dihasilkan mesin dan subjek penggambaran tersebut. Kategori mesin yang lebih kompleks berikutnya menghasilkan penggambaran tidak hanya lingkungan tetapi juga agen atau entitas lain yang menghuninya. "Teori pikiran" adalah frasa psikologis yang digunakan untuk mendukung gagasan bahwa manusia, hewan, dan makhluk lain semuanya dapat memiliki kemampuan untuk berpikir dan merasakan yang memengaruhi perilaku seseorang baik secara langsung maupun tidak langsung.

Kesadaran diri adalah tahap akhir dalam fase pengembangan AI. Akhirnya, peneliti AI harus mengembangkan mesin cerdas yang berpotensi mampu memahami lingkungan yang disebutkan di atas tempat AI tersebut digunakan. Ini semacam kelanjutan dari "teori pikiran" yang dimiliki AI di level ini. Istilah "kesadaran diri" adalah nama lain untuk kesadaran. Makhluk sadar menyadari siapa mereka, menyadari bagaimana perasaan mereka secara internal, dan dapat mengantisipasi perasaan orang lain. Kita tentu percaya bahwa setiap orang yang membunyikan klakson kepada kita di jalan raya sedang marah atau kesal karena kita memiliki perasaan yang sama ketika kita membunyikan klakson kepada orang lain. Tanpa teori pikiran, kesimpulan seperti itu tidak akan dapat dipahami.

### **Apa itu Kendaraan Otonom?**

Fitur utama AI dalam menafsirkan lingkungan sekitarnya memungkinkan atau memberi jalan kepada jenis kendaraan fungsional independen yang diotomatisasi, kendaraan otonom, untuk mengemudikan sendiri dan melakukan tindakan yang diperlukan tanpa interaksi atau bantuan manusia. Sistem pengemudian yang sepenuhnya otomatis memungkinkan AV untuk membuat keputusan dalam situasi yang rumit seperti yang dilakukan pengemudi manusia. Mobil tanpa pengemudi yang beroperasi secara independen adalah yang paling otomatis dengan level paling banyak 6; oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa seiring dengan meningkatnya derajat, demikian pula kecanggihannya dan operasinya. Mobil/kendaraan tingkat dasar sepenuhnya dikemudikan oleh manusia dan tidak memiliki kendali operasional. Pergerakan mobil diarahkan oleh pengemudi. Misalnya, seseorang harus mengendalikan kecepatan kendaraan secara manual, menggunakan rem, dan menentukan kapan harus berhenti. Hal ini berlaku untuk mobil yang menyertakan fitur seperti sistem kendali jelajah tradisional yang harus diatur atau disesuaikan secara manual agar dapat berfungsi.

Sistem bantuan pengemudi tingkat lanjut (ADAS) di AV dapat membantu pengemudi dengan tugas-tugas dasar Level 1 seperti pengereman atau kemudi atau akselerasi. Satu atau beberapa teknologi untuk mengemudi dengan bantuan, seperti sensor parkir atau kendali jelajah adaptif, tersedia di mobil Level 1. Seperti sistem kendali mengemudi tradisional, sistem kendali mengemudi adaptif dapat mengubah kecepatan kendaraan dan mempertahankan jarak berhenti yang aman selain mempertahankan kecepatan yang telah ditentukan sebelumnya. Meskipun fitur ini dapat memperlambat mobil, pengemudi harus tetap waspada dan mengatur tekanan rem sesuai dengan informasi yang ada.

Sensor parkir membunyikan peringatan saat mengidentifikasi objek di rute parkir pengemudi. Meskipun ini dimaksudkan untuk membantu pengemudi, mobil tetap harus dipindahkan secara fisik saat parkir. Sebagian besar kendaraan yang kita temui di jalan saat ini memiliki otomatisasi mengemudi Level 1. Sistem bantuan pengemudi tingkat kedua hanya dapat mengendalikan tugas-tugas terbatas seperti pengereman, kemudi, dan akselerasi, sehingga harus berinteraksi dengan pengemudi untuk membuat keputusan berdasarkan kondisi jalan. Kendaraan di tingkat kedua memiliki dua atau lebih teknologi pengemudian berbantuan secara bersamaan. Misalnya, mobil Tingkat 2 dapat menyesuaikan akselerasi dan kemudinya di jalan raya sesuai dengan kecepatan lalu lintas di depannya. Mobil-mobil ini hanya dapat mengemudi sendiri dalam situasi tertentu.

Pada tingkat ketiga, mobil ini mampu menangani aktivitas mengemudi hampir sepanjang waktu, tetapi tetap diperlukan seorang pengendali untuk dapat mengendalikan kendaraan saat diperlukan. Dengan demikian, skenario luar biasa ditangani oleh pengemudi manusia. Pilot kemacetan lalu lintas AI Audi merupakan contoh dari otomatisasi bersyarat. Saat terjadi kemacetan lalu lintas, sistem memiliki kemampuan untuk turun tangan dan bergerak perlahan melewatinya. Saat jalan sudah bersih, kendaraan memberi sinyal kepada pengemudi untuk mengambil kendali lagi karena kondisi untuk operasi otonom tidak lagi terpenuhi. Dalam situasi tertentu, mobil hanya mengawasi sekelilingnya; dalam semua situasi lain, pengemudi yang bertanggung jawab.

Pada level keempat, ADS kendaraan terbuka untuk menangani sendiri semua tugas mengemudi dalam situasi di mana perhatian dan interaksi manusia tidak diperlukan. Otomatisasi lengkap disertakan di Level 5, di mana ADS kendaraan mampu menangani setiap tugas dalam semua situasi tanpa memerlukan bantuan pengemudi manusia. Teknologi 5G akan membawa AV ke tingkat berikutnya dengan mengaktifkan otomatisasi penuh dengan memungkinkan AV berkomunikasi tidak hanya dengan kendaraan lain tetapi juga dengan lampu lalu lintas, jalan, dan rambu-rambu; karenanya, otomatisasi lengkap akan terwujud.

### **Sejarah Kecerdasan Buatan dalam Mobil Tanpa Pengemudi**

Mobil produksi pertama, yang dijuluki "Benz Patent-Motorwagen," diciptakan pada tahun 1885 oleh Karl Benz di Mannheim, Jerman, dan mobil tersebut menggunakan mesin pembakaran internal bertenaga bensin. Sejak Benz Patent-Motorwagen pertama kali diciptakan, orang-orang menginginkan mobil yang dapat berjalan sendiri.

Pada tahun 1925, Francis Houdina, sang penemu, mengoperasikan kendaraan tanpa awak yang dikendalikan dari jarak jauh di jalanan Manhattan. Radio tersebut memiliki

kemampuan untuk menyalakan mesin, membunyikan klakson, dan memindahkan gigi. Terdapat pameran kendaraan tanpa pengemudi pertama yang diciptakan oleh General Motors. Paku-paku logam di jalan membantu berfungsinya kendaraan listrik yang dikendalikan oleh medan elektromagnetik yang dikendalikan melalui radio.

Pada tahun 1960an, para pendukung AI mulai membayangkan mobil tanpa pengemudi yang dapat melaju di jalanan biasa. Merekayasa ulang sistem yang diperlukan yang mirip dengan yang ditemukan pada hewan yang bergerak menimbulkan masalah besar yang mencakup penginderaan, pemrosesan, dan reaksi. Dengan teknologi yang tersedia bagi mereka, langkah pertama dan terakhir menjadi mungkin. Pemrosesan, kecerdasan mesin yang dibutuhkan di antara keduanya, adalah komponen yang tidak diketahui. Bisa sangat mematikan ketika AI kendaraan membingungkan manusia di jalan dengan pantulan genangan air di sampingnya.

Beberapa tim berkompetisi pada tahun 2004 untuk mendapatkan Rp 10 miliar oleh DARPA AS untuk mencapai impian tersebut. Pada tahun 2015, sepertiga kendaraan militer AS akan diotomatisasi. Kelompok awal yang terdiri dari 15 peserta gagal total, sehingga hanya berjarak pendek dari balapan 227 km yang direncanakan sebelum bertabrakan. Itu tidak terjadi pada waktu berikutnya. Gurun Mojave di California dilintasi oleh armada mobil dan truk tanpa pengemudi yang aneh tanpa goresan tahun berikutnya di mana mobil robot otonom "Stanley" dari Tim Balap Universitas Stanford meraih Juara Pertama.

Tim ini dibimbing oleh direktur Laboratorium AI Stanford dan profesor madya departemen CS, Sebastian Thrun, dan merupakan pemenang dalam penggunaan ML. Stanley sangat ahli dalam integrasi algoritma pembelajaran mesin dengan sensor yang membantunya mengenali rintangan dan menghindarinya sambil mempertahankan jalurnya. Pada tahun 2007, Urban Challenge telah memperluas pencapaian tersebut ke lingkungan perkotaan fiktif. Fondasi untuk mengemudi sendiri telah dibuat oleh para ahli Eropa, tetapi Amerika Serikat sekarang menjadi pesaing yang kuat. Kesenjangan tersebut disebabkan oleh beberapa hal yang mencakup sensor radar dan laser yang lebih baik, serta perangkat lunak yang ditingkatkan untuk mengikuti jalan dan pencegahan tabrakan. Pemetaan yang baik juga membantu. Hewan lebih baik dalam menganalisis lingkungan mereka daripada robot, tetapi mobil yang selalu menyadari lingkungan sekitarnya dapat berkonsentrasi pada beberapa variabel. Setelah memimpin tim balap Universitas Stanford untuk memenangkan DARPA Grand Challenge pada tahun 2005, Thrun memimpin proyek mobil self-driving Google dan menjadi Waymo pada tahun 2016.

Untuk menghadirkan pengemudian otonom sepenuhnya kepada masyarakat luas, Waymo memanfaatkan AI secara maksimal. Insinyur dari perusahaan dan tim Google Brain bekerja sama untuk mengintegrasikan jaringan saraf dalam (DNN) ke dalam sistem deteksi pejalan kaki mereka. Diusulkan pada tahun 1960an, DNN, yang juga dikenal sebagai pembelajaran saraf dalam, merupakan bagian dari area kecerdasan buatan yang lebih luas. DNN lebih kompleks dan abstrak daripada jaringan saraf yang lebih kecil, yang memungkinkan mereka mempelajari fitur tingkat tinggi.

Dengan bantuan DNN, para insinyur mampu memangkas kesalahan identifikasi pejalan kaki hingga setengahnya menggunakan teknik pembelajaran mendalam. Lebih dari 10 juta kilometer pelatihan jalan dan ratusan juta interaksi yang melibatkan pejalan kaki, pengendara sepeda, dan mobil telah diintegrasikan ke dalam program pelatihan modular pembelajaran mendalam Waymo. Waymo mencatat bahwa mereka telah menempuh perjalanan dalam mode otonom lebih dari 10 miliar mil dalam simulasi sebagai bagian dari pelatihan pembelajaran mendalam perusahaan.

### **Kemajuan Selama Bertahun-tahun**

Seperti terobosan otomotif sebelumnya, butuh waktu yang lama bagi teknologi ini untuk berkembang hingga ke titik seperti sekarang. Konsep kendaraan otonom merupakan hasil kerja keras sejumlah lembaga pendidikan dan peneliti, serta perusahaan mobil raksasa. Konsep ini mirip dengan pengembangan cruise control, ABS, dan kantung udara, serta pengereman darurat (AEB) canggih saat ini.

Sistem baru untuk kendaraan uji AV Continental dikembangkan oleh para ahli dari industri seperti Siemens dan universitas teknik di Darmstadt dan Munich. Untuk menstandarisasi pengujian, Continental menciptakan kendaraan otonom pada tahun 1969. Yang mengejutkan para penonton, kendaraan tanpa pengemudi pertama Continental yang dikendalikan secara elektronik memulai debutnya di lintasan uji Lüneburg Heath Contidrom pada tanggal 11 September 1968.

Mobil ini diarahkan oleh kabel konduktor di jalur permukaan jalan. Sensor pada sistem elektronik kendaraan memungkinkannya menentukan apakah kendaraan masih berada di jalur yang benar dan secara otomatis mengubah kemudi sesuai kebutuhan. Hans-Jürgen Meyer berkata, "Pada akhirnya, mobil ini adalah mobil yang digerakkan oleh kabel." Para teknisi memasang beberapa teknologi canggih pada Mercedes-Benz 250 otomatis dengan kemudi elektromekanis, pengontrol katup gas, dan sistem radio untuk mengirimkan pengukuran. Ada banyak antena di bumper, dan kontrol elektronik serta sistem pengereman elektro-pneumatik ada di bagasi. Stasiun kontrol di sebelah lintasan uji mengirimkan instruksi ke mobil melalui kabel yang memerintahkannya untuk berakselerasi atau membunyikan klakson atau mengerem.

Di Laboratorium Teknik Mesin Tsukuba di Jepang, S. Tsugawa dan rekan-rekannya menciptakan kendaraan otonom pertama yang sesungguhnya pada tahun 1977. Mobil ini mampu memproses gambar jalan di depannya dan dapat mengemudi sendiri. Mobil ini memiliki dua kamera dan memproses sinyal menggunakan teknologi komputer analog. Mobil ini mampu mengenali marka jalan putih saat melaju dengan kecepatan 33 km per jam. Konsep mobil tanpa pengemudi sebenarnya bermula dari kemajuan di bidang otomasi kendaraan. Kemudian, banyak produsen mobil besar mulai berupaya mengembangkan kendaraan otonom.

Peneliti Universitas Munich, Ernst Dickmanns pertama kali mulai bekerja secara independen pada AV pada tahun 1980an. Ia membeli sebuah van Mercedes dan mengisinya hingga penuh dengan barang elektronik. VaMoRs, atau "Versuchsfahrzeug für autonomous mobilität und Rechnerseh," adalah nama kendaraan ini yang berarti "mobil uji untuk

mengemudi sendiri dan visi komputer.” Kendaraan ini dilengkapi dengan chip logika Intel 16-bit, serta sejumlah perangkat penginderaan dan perangkat lunak tambahan yang membantunya mengidentifikasi apa pun di jalan. Saat diuji di Autobahn Jerman, kendaraan ini melaju sekitar 20 mil dengan kecepatan lebih dari 90 km per jam, dengan kecepatan tertinggi 96 km per jam.

Penemuan utama Dickmanns adalah “visi dinamis” yang dinamai dengan tepat, yang memungkinkan sistem pencitraan untuk menyingkirkan kebisingan yang tidak relevan dan berkonsentrasi secara eksklusif pada item yang relevan. Uji coba VaMoRs menggelitik minat Daimler pada karya Dickmanns. Ia diberi kesempatan untuk bekerja dengan Rp 8 triliun, yang lebih dari satu miliar dolar jika disesuaikan dengan inflasi, sebagai bagian dari Proyek EUREKA Prometheus untuk menciptakan VaMP, Mercedes-Benz W140 500 SEL yang dilengkapi dengan teknologi mengemudi otonom VaMoR. VITA-2 adalah saudara kembar identik VaMP. Inisiatif dalam Bab dan pengembangan terbesar yang pernah dilakukan di bidang mobil otonom adalah Eureka PROMETHEUS.

Di sini, pendanaan sebesar Rp 7,49 triliun diterima dari Negara Anggota EUREKA. Upaya pan-Eropa ini melibatkan partisipasi dari banyak perguruan tinggi dan produsen mobil. VaMP, yang dikembangkan setelah 7 tahun VaMoR, menggunakan dua kamera untuk memproses gambar 320 × 240 piksel pada jarak 100 m untuk membedakan penanda lajur, posisi korelatifnya di lajur, dan prevalensi mobil lain. Selama uji coba di dekat Paris, VaMP berhasil menavigasi lalu lintas dan melaju hingga 130 km per jam sambil mendeteksi waktu yang tepat untuk berpindah jalur. Tahun berikutnya, tim Dickmanns menempuh jarak 1.600 km dengan Mercedes S-Class antara Munich dan Denmark dengan kecepatan hingga 180 km per jam dengan "sekitar 95% jarak... ditempuh secara otomatis," menurut Dickmanns.

DARPA Grand Challenge yang diadakan pertama kali diadakan di Amerika Serikat di Gurun Mojave dan diumumkan pada tanggal 30 Juli 2002 telah disetujui oleh Kongres AS dan menawarkan hadiah Rp 10 miliar dengan tujuan mengurangi peperangan darat hingga sepertiga. Kendaraan digunakan oleh militer hingga tahun 2015. Tim Merah Universitas Carnegie Mellon menempuh jarak terjauh, menempuh 11,9 km dari rencana 227 km, meskipun tidak ada mobil yang berhasil menempuh seluruh jarak. Akibatnya, tidak ada tim yang bisa menang karena mereka hanya dapat menempuh 5% dari total jarak.

Pada bulan Juni tahun yang sama, tantangan besar berikutnya dengan lintasan off-road sepanjang lebih dari 200 km dan hadiah sebesar Rp 20 miliar diumumkan oleh DARPA pada tahun 2004, yang jumlahnya dua kali lipat dari yang pertama. Ke-23 kontestan final tampil pada bulan Oktober 2005 dengan keuntungan dari pelajaran yang dipetik dan mobil yang telah ditingkatkan. Lintasan yang sulit tersebut mencakup tiga terowongan, lintasan yang curam dengan turunan yang curam, dan lebih dari 100 tikungan dan belokan. Dengan waktu kemenangan 6 jam 53 menit, Tim Balap Stanford membawa pulang hadiah sebesar Rp 20 miliar, diikuti oleh Tim Merah Carnegie Mellon. Total ada lima tim yang menyelesaikan kontes tersebut. Karena tujuan dari kompetisi tersebut adalah untuk menciptakan kendaraan yang dapat mendeteksi rintangan yang datang dan melacak titik arah GPS, hal itu diumumkan sebagai salah satu landasan penerapan mengemudi secara otonom. Perkembangan ini

memicu rasa ingin tahu dan kreativitas, dan hasilnya menyenangkan untuk menandai tantangan berikutnya. Pada bulan Mei 2006, Departemen Pertahanan meluncurkan Urban Challenge, yang merupakan tantangan ketiga dalam rangkaian tantangan tersebut. Itu terjadi pada 3 November 2007 di lokasi California yang sebelumnya dikenal sebagai George AFB Victorville.

Tujuan dari kompetisi ini, yang dibangun di atas keberhasilan Grand Challenges pada tahun 2004 dan 2005, adalah untuk menciptakan kendaraan yang dapat beroperasi di lalu lintas tanpa pengemudi manusia dan menangani keadaan yang menantang termasuk parkir, menyalip, dan menavigasi persimpangan. Sebagai contoh pertama di mana mobil otonom dan mobil yang dikemudikan manusia berinteraksi dalam lalu lintas di lingkungan perkotaan, kejadian ini tunggal dan benar-benar revolusioner.

Dengan sirkuit perkotaan sepanjang 97 km, kompetisi kali ini lebih sulit. Dengan kecepatan rata-rata 22,5 km per jam selama 6 jam di wilayah metropolitan yang sulit, "Boss" Tartan Racing dari Universitas Carnegie Mellon menang. Menurut Tn. Tony Tether, direktur DARPA, teknologi kendaraan otonom dapat diandalkan dan pasti akan melindungi nyawa baik di dalam maupun di luar jalan. Tim peserta disponsori oleh produsen dan perusahaan teknologi besar seperti GM, VW, Caterpillar, Continental AG, Intel, Google, dan lainnya.

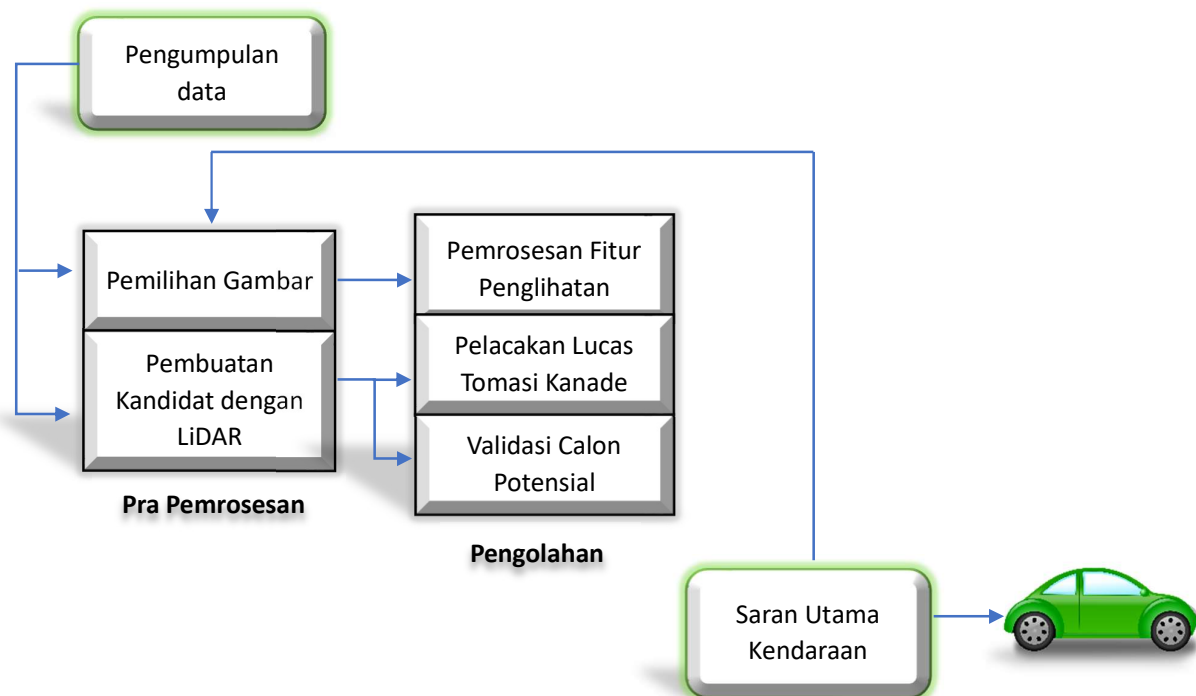
Rute uji coba mengemudi lintas benua pertama dilakukan oleh VisLab di Universitas Parma. Uji coba ini dimulai pada tanggal 20 Juli 2010 di Parma dan berakhir pada tanggal 28 Oktober 2010 di Shanghai, menempuh jarak 15.926 km melalui sembilan negara berbeda. Temuan ilmiah dari *VisLab Intercontinental Autonomous Challenge* (VIAC), yang melibatkan mengemudikan kendaraan listrik fotovoltaik melintasi jarak lebih dari 13.000 km, akan menjadi contoh pertama mengemudi secara otonom. Uji coba yang ketat ini menawarkan evaluasi menyeluruh terhadap teknologi yang sedang dikembangkan. Sistem ini diuji dalam berbagai pengaturan untuk melihat bagaimana kinerjanya dalam berbagai keadaan. Pada akhir perjalanan, data akan digunakan untuk analisis lab lebih lanjut. Ekspedisi ini terdiri dari empat kendaraan otonom, yang meliputi dua kendaraan perjalanan dan dua kendaraan cadangan ditambah satu kendaraan pendukung non-otonom. Seperti yang dijelaskan dalam Gambar 3.1, ketika pemimpin terlihat, mobil menggunakan metode pemimpin-pengikut, di mana pengikut mengikuti lintasan pemimpin secara tepat sementara penyempurnaan posisi lajur jalan dilakukan dengan penginderaan lokal menggunakan berbagai teknologi termasuk pemilihan gambar dan pelacakan KLT.

Data GPS digunakan untuk menentukan rute ketika pemimpin tersembunyi atau terlalu jauh untuk dilihat oleh yang mengikutinya. Mobil juga memiliki radio untuk komunikasi antar kendaraan, GPS, dan IMU. Selain itu, kendaraan memiliki panel surya yang dapat menyediakan listrik yang cukup untuk semua sistem di dalam kendaraan dengan benar. Setiap kendaraan memiliki tiga komputer pribadi (PC), dua di antaranya menangani data sensor dan satu di antaranya memiliki model dunia yang menerima pesan dari dua PC lainnya. Manuver optimal, dan akibatnya lintasan terbaik, dipilih dari model sintesis untuk menyelesaikan misi yang dipilih.

Sensor berbasis pengalaman BRAiVE digunakan sebagai pakaian, dengan pengecualian pemindai laser tambahan yang digunakan khususnya untuk berkendara di luar jalan raya dan diposisikan untuk meringkai tanah. Selain itu, kendaraan ini memiliki sistem komunikasi V2V, GPS, dan IMU. Atap mobil merupakan gadget inersia sekaligus mirip GPS yang ditenagai oleh TopCon AGI3. Penyesuaian Egnos/WAAS digunakan oleh GPS untuk mencapai akurasi sekitar 1 m. IMU terdiri dari giroskop, akselerometer, dan magnetometer sumbu 3 dan 2, secara berurutan. VIAC hingga saat ini merupakan proyek kendaraan self-driving yang paling banyak diuji, menempuh jarak 13.000 km melintasi beberapa negara, yaitu, dari daratan Italia hingga Tiongkok yang jauh, yang berakhir pada 28 Oktober 2010.

Perbedaan utama antara uji AV dan uji VIAC yang biasa, demonstrasi, atau uji kelincahan, seperti VIAC dan DARPA, adalah mampu melintasi jalan biasa dalam keadaan umum dan hal itu terkait lalu lintas, kondisi jalan, atau kepatuhan terhadap peraturan lalu lintas tidak dipertimbangkan dan diasumsikan. Menurut laporan Google pada September 2016, sejak peluncuran proyek pada tahun 2009, proyek ini telah menempuh jarak lebih dari 3,38 juta kilometer.

Pada tahun 2005, Stanford memenangkan hadiah sebesar Rp 20 miliar dalam tantangan DARPA dengan bantuan Sebastian Thrun, mantan direktur laboratorium AI Stanford dan salah satu penemu Google Street View yang menjabat sebagai penyelidik utama proyek tersebut. Sebastian Thrun, yang akhirnya mengakhiri masa jabatannya di perusahaan tersebut dengan ide untuk meluncurkan bisnisnya sendiri, digantikan oleh Chris Urmson, yang kemudian mengawasi tim tersebut. Pada bulan Agustus 2016, Tn. Urmson juga meninggalkan proyek tersebut.



**Gambar 3.1** Arsitektur sistem untuk memilih mobil pemimpin.

### Mobil Tanpa Pengemudi dan Teknologi yang Dibangunnya

Nomor seri	Nama	Tahun	Platform pengujian	Teknologi yang digunakan
1	Kontinental Kontinental	1969	Mercedes-Benz 250 Otomatis	Kemudi elektromekanis
				Kontrol throttle elektromekanis
				Sistem radio untuk melaporkan pengukuran
				Sistem pengereman elektro-pneumatik
2	Teknik Mesin Tsukuba	1977		Teknologi komputer analog
3	VaMoRs	1986	Mercedes-Benz van	Visi Sakkadik
				Filter Kalman
				Komputer Paralel
				Mikroprosesor Intel 16-bit
4	Proyek EUREKA PROMETHEUS	1987-1995	Mercedes-Benz W140 500 SEL	Prosesor terintegrasi PIMM1
				Morfologi matematika ASIC yang dikembangkan oleh CMM
				Filter morfologi dinamis temporal (TDF)
				PROLAB2
				Sistem otonomi EMS-Vision
5	Tim Stanford Racing dari DARPA Grand Challenge	2005	Volkswagen Touareg R5 modifikasi bernama Stanley	Komputer Pentium M
				Unit pengukuran 6DOF untuk inersia
				Penemuan jarak dengan bantuan laser
				Sepasang kamera stereo
				Tipe mata tunggal sistem penglihatan
				Sistem Penentuan Posisi Global
6	ViaLab Antarbenua Otonom Tantangan	2010	Piaggio Porter Electric Power	Platform BRAiVE
				Pemindai Laser
				Sistem komunikasi V2V
				IMU
				Sistem Penentuan Posisi Global
				Sistem kamera panorama
				LiDAR
				Kerangka EMAS
				Sistem deteksi posisi jalan Felisa dan Zani
VisLab merancang alat dan prosedur Kalibrasi				
7	Waymo LLC	2009 -Hadiah	Chrysler Pasifika Hibrida mobil mini, Jaguar	Aliran Tensor
				TPU
				Selancar GAN
				LiDAR
				Teknologi fusi sensor

		I-Pace dan truk Kelas 8 Freightliner milik Daimler Cascadia, Prius yang dimodifikasi, Toyota SUV Lexus, Kebiasaan dibuat prototipe kendaraan bernama Firefly,	Jaringan Saraf Dalam (DNN)
			Jaringan Saraf Prediksi Pusat (CPNN)
			Jaringan Saraf Properti Objek (OPNN)
			ML Otomatis
			NAS
			CNN

### Kemajuan Algoritma

Dengan menggunakan teknik pemrosesan gambar pada tahun 1979, Stanford Cart eksperimental yang menggunakan Algoritma Vision Cart mampu bergerak sendiri di lingkungan yang kecil. Algoritma ini, yang dimodelkan berdasarkan teknik perencanaan Blocks World, terbukti tidak efektif saat digunakan di luar ruangan meskipun secara efektif menurunkan kualitas gambar saat tepinya ditetapkan, di mana terdapat banyak bentuk dan warna yang kompleks. Namun, salah satu teknik paling terkenal dalam perencanaan kecerdasan buatan dan pengenalan lingkungan adalah metode Blocks World tahun 1960. Mobil otonom pertama yang mampu menempuh area yang telah ditentukan adalah kendaraan VaMP eksperimental pada tahun 1995, yang menempuh jarak lebih dari seribu kilometer tanpa bantuan manusia. Prototipe sistem otonom EMS-Vision dapat melaju melewati lalu lintas dan mobil—berkat data yang dikumpulkan dari sistem kamera bifokal yang dipasang pada platform biaxial.

Peta jaringan jalan, titik arah pada peta yang merupakan objek statis, dan statistik semuanya digunakan oleh EMS-Vision. EMS-Vision adalah sistem canggih yang dapat terus mengonfigurasi dirinya sendiri selama operasi sebagai respons terhadap situasi terkini dan juga memiliki modul khusus untuk pengenalan jalan, kontrol perhatian, navigasi, dan kontrol kendaraan. Sistem EMS-Vision yang dibahas di atas tidak menyertakan kemajuan yang dibuat setelah tahun 1995; namun, sistem ini menunjukkan kompleksitas dan volume algoritme yang digunakan, yang dimaksudkan sebagai tindakan tertentu yang diperlukan untuk menyelesaikan tugas tertentu dalam sistem AV.

Klimaks garis paralel pada satu posisi dalam ruang tiga dimensi memberikan informasi penting untuk mengenali jalan raya, seperti halnya garis paralel yang membentuk lajur bertemu di satu titik dalam gambar dua dimensi. Mengidentifikasi lajur jalan melibatkan pencarian garis yang bertemu di lokasi tertentu. Dengan mendeteksi orientasi bagian gambar yang dominan, C. Rasmussen mengusulkan metode Titik Hilang (gambar  $640 \times 480$  piksel dibagi menjadi 72 segmen), yang memprediksi lokasi titik persimpangan dan kemudian bingkai gambar berikutnya setelah titik tersebut.

Saat ini, metode ini, yang dikembangkan untuk menemukan jalan di daerah gurun, sangat penting untuk mengidentifikasi lajur jalan dalam gambar dan menjadi dasar bagi algoritme yang lebih kompleks. Pembelajaran mesin dapat digunakan untuk memberi label pada wilayah tertentu dari suatu gambar sesuai dengan apa yang ditampilkan, dan contohnya

adalah jaringan residual resolusi penuh (FRRN). Ini jarang digunakan dalam praktik karena biaya komputasi yang tinggi dan banyaknya artefak yang dihasilkan.

Dengan diperkenalkannya peralatan khusus dan teknik baru yang lebih cepat untuk segmentasi semantik, strategi ini mungkin berubah. Visi mesin digunakan untuk mengidentifikasi properti gambar tertentu yang telah ditentukan sebelumnya, termasuk objek yang bergerak, lajur lalu lintas, penghalang, dan estimasi jarak. Rambu jalan, lampu lalu lintas, dan penanda jalan lainnya semuanya dapat dikenali oleh *Advanced Driver Assistance Systems* (ADAS). Untuk mendeteksi rambu jalan dan fitur visual lainnya secara andal, tiga jenis algoritma digunakan: algoritma pembelajaran mesin umum, jaringan saraf tiruan, dan pembelajaran mesin mendalam.

Metode-metode ini muncul dari berbagai dalam Bab dan dilaporkan dalam jurnal ilmiah. Pendekatan SVM adalah teknik yang paling banyak digunakan dan dipelajari secara menyeluruh untuk mengidentifikasi rambu jalan. AdaBoost dikenal karena waktu eksekusinya yang cepat, sementara teknik jaringan saraf adalah yang paling lambat. Teknik pembelajaran mesin mendalam mungkin menantang untuk diimplementasikan dalam sistem ADAS karena persyaratan teknologinya yang tinggi. R-CNN yang berjalan lebih cepat mungkin menjadi alternatif untuk segmentasi gambar semantik.

Pilihan awal yang dibuat oleh kendaraan otonom adalah rute (jalur) ke tujuan, yang biasanya bergantung pada variabel seperti jarak, waktu tempuh, atau perkiraan konsumsi bahan bakar. Algoritma Bellman-Ford yang dibatasi oleh persyaratan untuk mendefinisikan tepi berbobot non-negatif, kendala, algoritma Dijkstra, yang dapat digunakan jika topologi jalan diketahui, dan algoritma A\* 1968, beserta modifikasinya, adalah contoh algoritma heuristik yang memperhitungkan kriteria perjalanan.

### **Studi Kasus Tesla**

Tahun 2003 menjadi saksi berdirinya produsen mobil listrik Amerika Tesla oleh Elon Musk, Marc Tarpenning, JB Straubel, Ian Wright, dan Martin Eberhard. Produksi kendaraan listrik dengan baterai lithium-ion merupakan bidang keahlian Tesla. Tesla, pelopor dalam pemanfaatan energi terbarukan untuk menghasilkan energi bersih yang berkelanjutan untuk penggerak kendaraan, tengah membangun landasan yang kokoh untuk perluasan pasar kendaraan listrik.

Tidak seperti kendaraan tradisional yang terutama bergantung pada penggunaan bahan bakar fosil untuk menggerakkan mesinnya, pendekatan ini lebih bertanggung jawab secara ekologis. Sejak didirikan pada tahun 2003, Tesla telah mengalami pertumbuhan pasar yang luar biasa, sebagian besar sebagai hasil dari kepemimpinannya dalam pengembangan inovasi teknologi mutakhir di sektor kendaraan listrik. Tesla belum lama ini menjadi anggota Trillion Dollar Club, yang hanya dicapai oleh beberapa bisnis terpilih. Kebangkitan sektor kendaraan listrik dibantu oleh kebijakan dan upaya pemerintah, yang berdampak positif pada pasar di seluruh dunia. Pembakaran internal gas, yang terjadi pada kendaraan bertenaga bahan bakar fosil konvensional, adalah yang berkontribusi terhadap produksi gas rumah kaca yang merusak lingkungan. Namun, EV menggunakan motor yang ditenagai oleh listrik dari sumber yang menjaga arus pada nilai tertentu terlepas dari kondisi beban, dan sumber ini

dinamakan sumber arus, sehingga membantu dalam pengurangan polusi secara keseluruhan. Negara-negara di seluruh dunia termasuk Amerika Serikat dan Tiongkok telah memberlakukan berbagai peraturan dan undang-undang untuk melindungi lingkungan mereka. Penggunaan EV sangat didukung oleh inisiatif yang diambil oleh berbagai organisasi seperti *California Air Resources Board* (CARB). Tujuan untuk meningkatkan adopsi kendaraan listrik didukung secara global oleh tiga pilar utama: pembelian armada awal pemerintah, pembelian EV dengan harga jual yang lebih rendah sebagai hasil dari insentif regional dan nasional, dan undang-undang yang memaksa produsen mobil untuk mulai menjual sejumlah EV tertentu mulai tahun 2019. Sebagai hasil dari penyesuaian sinkronis dengan tujuan lingkungan pemerintah, Tesla mendapat dukungan substansial dari pemerintah.

Kendaraan listrik secara umum dikenal dapat meningkatkan keamanan energi dan kualitas udara karena emisi karbon dioksida jauh lebih rendah daripada kendaraan konvensional. Di bawah program manufaktur kendaraan berteknologi canggih pemerintahan Bush, Tesla awalnya memperoleh pinjaman, yang kemudian dijanjikan akan dibayar kembali tanpa bunga. Tesla telah menerima dukungan pemerintah dalam bentuk banyak subsidi negara bagian selain pinjaman federal.

Misalnya, kredit pajak penghasilan tambahan kini diberikan oleh beberapa negara bagian untuk setiap pembelian Tesla. Insentif ini akhirnya menjadi bagian penting dari model bisnis Tesla dan kampanye iklan kendaraan listriknya. Harga saham Tesla meningkat lebih dari Rp 120 kuadriliun, menunjukkan bahwa kinerja keuangan perusahaan terkait erat dengan hak istimewa yang diberikan pemerintah dan bahwa preferensi politik lebih diutamakan daripada memberikan nilai kepada pelanggan.

Pembuat mobil kini lebih fokus pada pengembangan mobil listrik daripada mobil tradisional, yang mendorong pengembangan kendaraan listrik di sektor otomotif. Dalam bisnis mobil, kendaraan listrik memberikan sejumlah besar keuntungan dibandingkan kendaraan pembakaran internal. Misalnya, energi dapat digunakan untuk kendaraan listrik bertenaga alami. Sebaliknya, kendaraan konvensional yang digerakkan dengan pembakaran bensin menghabiskan minyak, sumber daya alam yang dapat habis. Selain itu, gas lebih mahal daripada listrik. Untuk memasok energi yang dibutuhkan mobil agar dapat berjalan saat melaju, kendaraan listrik menggunakan pengereman regeneratif. Akibatnya, biayanya jauh lebih murah daripada mobil bertenaga gas, yang seringkali hanya sepertiga lebih murah.

Baterai isi ulang yang disebut baterai lithium-ion digunakan untuk memberi daya pada kendaraan listrik dan perangkat elektronik portabel. Akira Yoshino awalnya menciptakan prototipe baterai Li-ion pada tahun 1985, dan Sony serta Asahi kemudian menyempurnakannya untuk memproduksi baterai Li-ion komersial. Di masa lalu, penggunaan baterai lithium-ion tersebar luas di pasar kendaraan listrik. Meskipun para peneliti sedang mengembangkan teknologi pengganti untuk baterai Li-ion, Badan Energi Internasional (IEA) masih memperkirakan bahwa baterai Li-ion akan tetap menjadi standar industri selama beberapa tahun ke depan di pasar kendaraan listrik. Sementara itu, Tesla adalah satu-satunya perusahaan yang mampu menggunakan sel baterai berbentuk silinder dalam kemasan baterainya untuk menurunkan harga sel baterai silinder lebih dari Rp 1.580.000 per kWh. Tesla

menggunakan teknik rekayasa yang canggih bersamaan dengan pembuatan lebih banyak pabrik raksasa untuk mewujudkannya. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa Tesla telah mengubah sektor baterai dengan memproduksi sel baterai berbentuk silinder agar lebih hemat biaya untuk digunakan dalam kemasan baterai. Karena posisi Tesla yang patut dibanggakan sebagai pemimpin yang tak terbantahkan dalam industri kendaraan listrik di seluruh dunia, produsen mobil lain mengklaim bahwa mereka akan menginvestasikan sejumlah besar uang untuk menyalip Tesla. Perusahaan-perusahaan mapan seperti Toyota dan Panasonic telah mulai bergabung secara horizontal bersama dengan sektor kendaraan listrik yang diakui untuk menciptakan dan membangun paket baterai yang lebih kuat untuk mendorong kendaraan listrik.

Lebih jauh lagi, dalam upaya untuk meningkatkan jumlah operasi baterai di Ohio, General Motors dan LG Chem dari Korea Selatan telah berkomitmen untuk menghabiskan jutaan dan jutaan dolar untuk mencoba mengimbangi produksi baterai yang kuat milik Tesla. Rasio harga terhadap laba (P/E) menandakan korelasi antara perubahan harga saham dan laba. Keuntungan dan pertumbuhan perusahaan di masa depan dapat diketahui dengan menganalisis metrik ini.

Tesla mengungguli pesaingnya di pasar dengan rasio P/E yang jauh lebih tinggi. Sebuah studi tentang supremasi ini menyimpulkan bahwa ada peluang lebih tinggi bagi saham Tesla untuk dinilai terlalu tinggi, karena di pasar, saham tersebut hampir 12 kali lebih besar dan terus tumbuh selain memiliki penjualan kendaraan listrik yang sangat rendah secara keseluruhan. Pada tahun 2020, Tesla merupakan kekuatan dominan di sektor otomotif, karena menunjukkan pertumbuhan P/E yang signifikan dari rasio terendah hingga tertinggi. Rasio P/E Tesla jauh melampaui rasio P/E sektor otomotif lainnya; karenanya, membuatnya cukup stabil untuk terus mengungguli pesaingnya.

Sebagai kesimpulan, Tesla terus berekspansi ke luar negeri untuk mempercepat penyerapan produksi dan transportasi energi berkelanjutan di seluruh dunia. Perspektif politik, ekonomi, sosial, dan teknologi (PEST) mengklaim bahwa Tesla telah menerima banyak dukungan untuk memperluas dampaknya secara global. Karena dominasi pasar monopoli dan kemajuan teknologinya, Tesla memiliki keunggulan dibandingkan para pesaingnya dalam hal cara pandangnya terhadap persaingan pasar dan teknologi penting.

Karakteristik ini meningkatkan kemungkinan bahwa pemegang saham akan optimis tentang pertumbuhan Tesla di masa depan, yang mungkin meningkatkan nilai pasar Tesla yang sebenarnya. Hasil dari berbagai teknik penilaian yang digunakan dalam studi ini dengan jelas menunjukkan bahwa harga pasar Tesla yang sebenarnya masih terlalu tinggi, membuktikan bahwa harga sahamnya berlebihan.

### **3.3 KESIMPULAN**

Sebagai kesimpulan, meskipun kendaraan otonom tampaknya menjadi perhatian yang jauh bagi pengguna jalan saat ini, uji coba global terhadap kendaraan yang bergerak menunjukkan bahwa mobil umum mungkin akan segera tersedia. Revolusi lain yang serupa dengan yang terjadi pada DARPA Grand Challenge niscaya akan menghasilkan perubahan

dalam transportasi, jadi sangat penting untuk memberi tahu masyarakat tentang cara menangani kendaraan otonom. Instruksi ini harus mencakup perilaku yang tepat di jalan raya tempat kendaraan dapat bergerak. Namun, sangat penting untuk mendidik masyarakat umum tentang nomenklatur yang diterapkan dan pembagian kendaraan karena tingkat mengemudi otonom sebelum mobil sepenuhnya terintegrasi dalam sistem transportasi yang ada. Ini akan memudahkan masyarakat untuk mempelajari tentang moda transportasi baru yang, meskipun saat ini mungkin tampak abstrak, mewakili transportasi masa depan.

## **BAB 4**

### **SURVEI ARSITEKTUR KENDARAAN OTONOM**

Kecerdasan buatan kini menjadi komponen penting bagi sistem produksi dan layanan dalam beberapa tahun terakhir, karena teknologi telah menjadi aspek penting dalam kehidupan sehari-hari. Kendaraan dengan pengemudian otomatis beroperasi secara otonom, yang juga dikenal sebagai mobil tanpa pengemudi yang dapat beroperasi tanpa pengemudi manusia. Dalam Bab tentang kendaraan otonom telah berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir. Kendaraan otonom dengan kecerdasan buatan merupakan kebutuhan masyarakat saat ini. Meskipun sebagian orang mungkin khawatir untuk menyerahkan kendali kendaraan mereka kepada komputer, teknologi pengemudian otomatis berpotensi membuat jalan raya lebih aman.

Mobil yang dapat mengemudi sendiri dapat mengatasi masalah lingkungan serta masalah terkait keselamatan. Tidak seperti manusia, komputer tidak benar-benar kesulitan untuk tetap fokus saat mengemudi. Selain itu, dengan merespons dengan tepat, mobil otomatis dapat mencegah kecelakaan hingga kejadian yang berpotensi membahayakan di jalan raya. Teknologi self-driving memiliki banyak keuntungan, salah satunya akan membuat moda transportasi menjadi lebih mudah diakses bagi orang-orang yang tidak dapat mengemudi. Karena berbagai alasan, seperti kurangnya pengalaman, ketidakmampuan, atau usia, banyak orang tidak dapat mengoperasikan kendaraan. Orang-orang ini dapat bepergian dengan jauh lebih aman dan mandiri. Oleh karena itu, kita akan membahas arsitektur perangkat lunak dan perangkat keras mobil otonom dalam bab ini, serta bagian-bagiannya, manfaatnya, dan pengembangannya di masa mendatang.

#### **4.1 PENDAHULUAN**

##### **Apa itu Kecerdasan Buatan?**

Tidak seperti kecerdasan yang dimiliki secara alami oleh manusia dan hewan, pengetahuan yang ditunjukkan oleh mesin disebut kecerdasan buatan (AI). Investigasi agen cerdas yang memahami lingkungan mereka yang bereaksi dengan cara yang memaksimalkan peluang keberhasilan mereka dapat dicirikan sebagai dalam Bab AI. Sebelumnya, AI disebut meniru dan menunjukkan kemampuan kognitif manusia yang terkait dengan otak manusia. Hal ini ditolak oleh banyak peneliti AI, dan semuanya sekarang mengekspresikan kembali kecerdasan buatan dengan cara bertindak secara rasional.

Mesin pencari web yang inovatif seperti Google, mesin yang merekomendasikan seperti YouTube, Amazon, dan Netflix, mekanisme pengenalan suara seperti Siri, mobil seperti Tesla yang dapat mengemudi sendiri, keputusan yang diotomatisasi dan mengalahkan permainan teratas yang menggunakan strategi. Dampak kecerdasan buatan adalah suatu peristiwa di mana kemampuan alat lebih, gerakan yang dulunya dianggap membutuhkan kecerdasan sekarang sering dikecualikan karena lebih kompeten menurut konsep AI. Meskipun

merupakan teknologi yang lazim, sistem pengenalan optik umumnya dikecualikan dari daftar hal-hal yang dianggap sebagai AI.

Ketika berbicara tentang AI, superkomputer adalah hal-hal yang kita ingat. Superkomputer memiliki daya pemrosesan yang besar, tindakan adaptif (melalui sensor), dan berbagai macam kemampuan yang membantunya untuk menggabungkan pemahaman manusia serta kapasitas fungsional, yang sebenarnya membantu dalam meningkatkan komunikasi superkomputer dengan manusia. Faktanya, berbagai film telah diproduksi untuk menunjukkan kemampuan AI, yang mencakup bangunan pintar, seperti kemampuannya untuk mengendalikan suhu, kualitas udara, dan musik tergantung pada perasaan yang terdeteksi dari penghuni tempat tersebut. Terlepas dari pemahaman formal AI serta superkomputer untuk mencakup sistem komputer terintegrasi, telah terjadi pertumbuhan dalam penggunaan AI dalam sektor pendidikan.

Kemampuan bernalar serta mengambil tindakan yang memiliki kemungkinan terbaik untuk mencapai tujuan tertentu adalah kualitas AI yang ideal. Pembelajaran mesin (ML), sebagai subtype AI, adalah cara program komputer mengotomatiskan pembelajaran dari data sebelumnya dan menyesuaikan diri dengan data baru, dan ini dilakukan tanpa campur tangan manusia. Pembelajaran mendalam (DL) juga merupakan subtype ML dan algoritme ini membantu pembelajaran otonom dengan memasukkan sejumlah besar data tidak terstruktur, seperti teks, foto, dan video. AI dikembangkan dengan tujuan menjelaskan kecerdasan manusia dengan cara yang memudahkan mesin untuk menirunya dan melakukan tugas-tugas yang menantang.

Tujuan AI adalah meniru fungsi kognitif manusia. Dalam hal mengkarakterisasi berbagai proses seperti pembelajaran, pemikiran, dan persepsi secara spesifik, akademisi telah membuat langkah besar di bidang ini. Beberapa ide muncul bahwa sistem baru akan dibuat yang jauh lebih baik daripada pembelajaran dan pemahaman manusia. Namun, hanya sedikit yang berpendapat bahwa proses kognitif melibatkan penilaian nilai dan ini berasal dari pengalaman manusia. Namun, yang lain tetap berpegang pada pandangan ini, karena penilaian nilai adalah bagian dari semua proses kognitif dan dipengaruhi oleh pengalaman manusia.

### **Apa itu Kendaraan Otonom?**

Pada mobil yang dapat mengemudi sendiri, berbagai teknologi di dalam mobil seperti sensor, GPS, sistem pengereman anti-lock, dan radar digunakan. Kemampuan penginderaan lingkungan sekitarnya memungkinkan kendaraan otonom (AV) untuk mengemudi sendiri dan melakukan tugas-tugas analitis tanpa campur tangan manusia. Untuk merespons lingkungan seperti pengemudi manusia, AV menggunakan sistem pengemudian otomatis yang lengkap. Siegfried Marcus menciptakan kendaraan pertama pada tahun 1870.

Kendaraan itu hanyalah sebuah kereta yang memiliki mesin dan tidak memiliki roda kemudi atau rem. Kaki pengemudi digunakan untuk mengendalikannya. Untuk mengubah kendaraan konvensional menjadi kendaraan otonom, dibutuhkan lebih dari satu langkah. Pada tahun 1898, inisiatif pertama diambil. Mengoperasikan kendaraan menggunakan kendali jarak jauh adalah ide utama di baliknya. Dari tahap ini dan karena komputer menjadi canggih dan

canggih, fungsi mobil kontemporer diubah menjadi fungsi otomatis yang bahkan tidak memerlukan kendali jarak jauh.

Kendaraan yang mampu mengubah gigi tanpa bantuan pengemudi disebut mobil otomatis, tetapi saat ini, ada kendaraan yang dapat berjalan sendiri sepenuhnya, meskipun di banyak tempat di dunia, kendaraan tersebut masih tidak diizinkan untuk dikendarai di jalan umum. Mobil-mobil ini disebut sebagai "mobil tanpa pengemudi" atau "kendaraan otonom". Jenis infrastruktur baru sedang dikembangkan untuk kendaraan otonom. Teknologi ini menarik minat produsen mobil, elektronik, dan layanan TI, dan dalam Bab akademis telah sangat memengaruhi pengembangan sistem prototipe mereka. Misalnya, Universitas Carnegie Mellon menerbitkan satu karya penting.

1. AV tidak diatur secara sistematis meskipun ada kecenderungan ini.
2. Kendaraan komersial melindungi antarmuka sistem di dalam kendaraan dari pengguna, sehingga menyulitkan pihak ketiga untuk menguji komponen kendaraan otonom baru.
3. Selain itu, tidak ada dua sensor yang sama. Beberapa mobil mungkin hanya menggunakan kamera, sementara yang lain mungkin menggabungkan kamera, radar miliwave, pemindai laser, dan penerima GPS.

#### **4.2 TEKNOLOGI YANG DIGUNAKAN DALAM AV**

Semua bentuk mobil otonom memerlukan sensor karena sensor dapat menawarkan informasi yang dibutuhkan untuk memahami lingkungan dan, sebagai hasilnya, mendukung pengambilan keputusan. Sensor merupakan bagian penting dari kendaraan otonom. IoT sangat penting untuk mobil-mobil ini. Misalnya, mobil yang terhubung berfokus pada otomatisasi fungsi internal mobil. Mobil-mobil ini bekerja dengan mengidentifikasi suara.

##### **Penglihatan Buatan**

Teknologi populer yang dikenal sebagai penglihatan buatan telah digunakan selama bertahun-tahun di bidang-bidang seperti pengawasan, inspeksi industri, dan robotika bergerak. Teknologi ini memiliki faktor-faktor menarik seperti sensor yang terjangkau untuk jenis yang paling umum dan berbagai jenis informasi seperti spasial, dinamis, dan semantik (informasi tentang arti kata-kata) (analisis bentuk). Industri ini menawarkan berbagai macam konfigurasi kamera, termasuk ukuran sensor, kecepatan bingkai, resolusi (dari kurang dari 0,25 hingga lebih dari 40 Mpx), dan spesifikasi optik.

##### **Kondisi Cahaya dan Jarak Pandang yang Berbeda**

Orang dapat berkendara sepanjang siang atau malam. Penerapan algoritma visibilitas buatan yang andal terhambat oleh area gelap, bayangan, silau, pantulan, dan faktor lainnya. Beberapa masalah ini dapat diatasi dengan memperluas spektrum tangkapan. Kamera dengan jangkauan inframerah jauh (FIR) 900–1.400 nm efisien untuk mendeteksi hewan dan orang dalam kegelapan, melalui asap dan debu. Spektrum tampak dilengkapi dengan inframerah dekat (NIR), yang memiliki kontras lebih kuat dalam pengaturan dengan jangkauan dinamis tinggi (HDR) dan jarak pandang malam yang lebih baik (750–900 nm).

### Adegan dengan Rentang Dinamis Tinggi (HDR)

Dalam skenario dengan Rentang Dinamis Tinggi (HDR), seperti saat memasuki atau keluar dari terowongan, area yang remang-remang dan terang benderang dapat terlihat dalam bingkai yang sama. Sebagian besar sistem sensor memiliki rentang dinamis bidikan tunggal antara 60 dan 75 dB, yang menyebabkan hilangnya informasi pada titik ekstrem (paparan kurang atau lebih). Pada tahun 2017, Sony merilis sensor otomotif 120 dB dengan resolusi 2K pada tahun 2017. Analisis dilakukan menggunakan sensor kelas otomotif yang mampu HDR dan NIR. Saat memotret pemandangan olahraga, sensor dengan rentang 130/170 dB (konfigurasi global/rolling shutter) diberikan, yang menawarkan penyelidikan yang lebih menyeluruh terhadap masalah kamera dan sensor.

### Teknologi 3 Dimensi

Meskipun sebagian besar sensor penglihatan yang digunakan dalam kamera konvensional adalah 2 Dimensi, beberapa di antaranya mampu mendeteksi informasi kedalaman. Meskipun biasanya tidak ditujukan untuk pasar otomotif, bagian ini menyoroti tiga jenis utama perangkat komersial yang tersedia saat ini.

- **Penglihatan Stereo:** Pergerakan atribut yang terlihat jelas dari gambar yang diambil oleh dua kamera monokuler yang dikalibrasi secara tepat yang diarahkan ke arah yang sama dan diberi jarak menghasilkan perhitungan kedalaman (dikenal sebagai garis dasar). Kapasitas sistem penglihatan stereo untuk menghasilkan peta kedalaman yang kaya daripada sensor yang jarang merupakan salah satu keuntungan utamanya (misalnya, LiDAR). Pola bertekstur rendah, seperti warna solid, mungkin mempersulit pembentukan korespondensi antara bingkai, yang merupakan salah satu keterbatasan penglihatan stereo. Fungsi kamera monokuler tunggal menggeser garis dasar buatan antara bingkai berikutnya, yang digunakan dalam algoritma SLAM (lokasi dan pemetaan simultan) monokuler untuk mengevaluasi kedalaman dan gerakan kamera. Banyak karya menyajikan pengganti yang baik untuk sensor stereo untuk pemosisian dan pemetaan.
- **Cahaya terstruktur:** Kamera monokuler yang dipasang pada sistem yang memancarkan pola cahaya inframerah yang familier ke seluruh pemandangan. Kamera mengambil distorsi pola cahaya yang jelas yang disebabkan oleh permukaan yang tidak teratur dan diubah menjadi peta kedalaman. Karena lebih murah untuk dihitung dan tidak bergantung pada permukaan bertekstur, perangkat cahaya terstruktur mampu menghindari beberapa kelemahan sistem stereoskopik. Namun, keduanya memerlukan kalibrasi yang sangat akurat dan jangkauan operasinya (seringkali di bawah 20 m) dibatasi karena kekuatan pemancar dan kecerahan cahaya di sekitarnya. Kinerjanya dapat dipengaruhi oleh pantulan.
- **Time-of-flight:** Ini adalah bentuk penginderaan aktif yang beroperasi pada teori waktu bolak-balik yang identik, yaitu pemancar LED inframerah membanjiri gambar dengan cahaya yang berubah, yang, setelah dipantulkan oleh banyak hal di sekitarnya, kemudian ditangkap oleh sensor. Pergeseran fase cahaya yang mendekat yang diubah menjadi jarak dapat digunakan untuk menentukan durasi bolak-balik setiap piksel.

Berbeda dengan pemancar laser divergensi rendah yang digunakan dalam LiDAR, penggunaan sumber cahaya tak terarah memiliki manfaat seperti kapasitas untuk menghasilkan kecepatan penyegaran tinggi (di atas 50 Hz) dan peta kedalaman terperinci. Sementara itu, untuk aplikasi otomotif, jangkauan operasinya terbatas (10–20 m), dan sulit beroperasi di lingkungan yang terang. Fotodiode longsor, time-of-flight cahaya berdenyut, dan time-of-flight tak langsung adalah beberapa area studi yang dapat diperluas untuk beroperasi dalam jangkauan 50–250 m.

### **Teknologi Penglihatan yang Muncul**

Saat elemen sensor (piksel) mendeteksi perubahan intensitas cahaya, elemen tersebut dipicu secara asinkron dan independen dalam penglihatan berbasis peristiwa. Untuk membuat gambar yang menyerupai bingkai, sensor menghasilkan aliran peristiwa yang dapat dibagi menjadi beberapa kerangka waktu. Rentang dinamis sensor ditingkatkan hingga 120 dB oleh bagian sensor independennya, yang memungkinkan aplikasi kecepatan tinggi dalam cahaya redup. Meskipun sensor dapat beroperasi pada skala waktu sub-mikrodetik, sensor tersebut menggambarkan pelacakan pada 1.000 FPS dalam kondisi pencahayaan dalam ruangan yang umum. Peristiwa dapat digunakan sebagai input untuk aplikasi untuk odometri visual serta SLAM, sehingga membebaskan CPU dari operasi yang melelahkan pada foto mentah. Sensor polarisasi cahaya, yang secara konsisten berfungsi dalam kondisi cuaca yang menantang dan memberikan jenis informasi yang tidak biasa, menjadi subjek studi aktif.

### **Radar**

Prinsip waktu pulang-pergi, mengacu pada jumlah waktu yang dibutuhkan gelombang untuk mencapai suatu benda, memantul darinya, dan kemudian kembali ke sensor, digunakan oleh teknologi radar untuk menghitung jarak ke benda. Mayoritas radar mobil kontemporer menggunakan pembentukan berkas digital untuk mengatur arah gelombang yang dipancarkan dan didasarkan pada teknologi gelombang kontinu termodulasi frekuensi (FMCW). Sinyal stabil yang terkenal dengan sinyal kontinu lain yang memodulasinya dengan variasi frekuensi naik-turun adalah yang membentuk FMCW (biasanya menggunakan bentuk segitiga).

Perbedaan frekuensi antara sinyal yang dipancarkan dan dipantulkan digunakan untuk menghitung jarak. Radar juga menggunakan efek Doppler untuk secara langsung mengamati kecepatan relatif target dalam kaitannya dengan sensor. Kemandirian penginderaan radar dari kondisi cahaya dan cuaca adalah salah satu pembenaran yang paling kuat untuk penyertaannya dalam kendaraan tanpa pengemudi. Ia beroperasi dalam kegelapan dan menghasilkan deteksi salju, hujan, kabut, atau debu yang hampir sama akuratnya. Dalam situasi yang sangat menantang, di mana tidak ada sensor lain yang dapat berfungsi, radar jarak jauh akan melihat 250 m.

### **Teknologi Radar yang Muncul**

Pencitraan radar resolusi tinggi untuk mobil merupakan salah satu bidang dalam Bab yang paling aktif. Resolusi yang lebih besar dapat memperoleh informasi semantik yang lebih banyak dan memungkinkan aplikasi lain seperti kategorisasi target serta pemetaan lingkungan selain keuntungan dalam pelacakan target dan pemisahan objek. Radar berputar 90 GHz

dipasang di atap mobil dan digunakan sebagai ilustrasi untuk memetakan area sekitar, yang meliputi mobil, objek diam, dan tanah.

Tujuan dari dalam Bab ini adalah untuk menunjukkan kepraktisan radar yang beroperasi antara 100 dan 300 GHz dengan menganalisis penyerapan udara dan reflektansi material yang sering terlihat di lingkungan berkendara. Pencitraan radar resolusi tinggi dimungkinkan oleh antena berbasis meta-material untuk radar apertur sintetis yang efisien. Berdasarkan teknologi tersebut, produsen tertentu, seperti Metawave, mulai menawarkan barang yang ditujukan untuk sektor otomotif.

### **LiDAR**

Teknologi pengukuran jarak aktif yang dikenal sebagai LiDAR (deteksi dan pengukuran jarak cahaya), menggunakan waktu bolak-balik pulsa cahaya laser untuk menghitung jarak ke objek. Laser NIR (900–1.050 nm) berdaya rendah, tidak terlihat, dan aman untuk mata digunakan dalam sensor aplikasi robotik dan otomatis. Karena divergensinya yang rendah, sinar laser dapat memperkirakan jarak hingga 200 m di bawah sinar matahari langsung dengan mengurangi penurunan daya seiring bertambahnya jarak.

Pulsa laser biasanya diubah arahnya menggunakan cermin berputar untuk memberikan cakupan horizontal 360 derajat. Metode komersial membuat banyak level vertikal menggunakan berbagai pemancar (antara 4 dan 128). Awan titik 3D yang mewakili lingkungan sekitar dibuat sebagai hasilnya. Karena akurasi yang tinggi dalam mendeteksi jarak, sensor LiDAR merupakan alternatif yang layak untuk membuat peta digital yang tepat. Ketidakakuratan dengan sensor ini biasanya berkisar dari beberapa milimeter hingga 0,1–0,5 m dalam keadaan terburuk.

### **Teknologi LiDAR yang Berkembang**

LiDAR FMCW terus-menerus menghasilkan cahaya untuk mengukur kecepatan objek menggunakan efek Doppler. Beberapa prototipe dalam Bab yang sesuai untuk pasar mobil telah mulai muncul dalam beberapa tahun terakhir. Pengamatan kecepatan dapat membantu meningkatkan pengenalan aktivitas dan prediksi perilaku selain kemampuan pelacakan target, misalnya dengan mendeteksi kecepatan yang berbeda dari bagian tubuh pengendara sepeda dan pejalan kaki.

Mikrocemermin osilasi solid-state dan array bertahap optik adalah dua teknologi yang termasuk dalam istilah umum "LiDAR," yang mencakup beberapa array bertahap optik (OPA). Metode pertama menggunakan cermin kecil yang dapat berputar di sekitar dua sumbu untuk memfokuskan sinar laser. Perangkat yang didasarkan pada teknologi ini ditawarkan untuk dijual oleh produsen LeddarTech. Mirip dengan teknik yang digunakan dalam radar array bertahap, array bertahap optik memberikan kontrol arah sinar yang cepat dan sangat akurat. Salah satu dari sedikit perusahaan yang mengomersialkan produk berdasarkan konsep ini adalah Quanergy.

Di seluruh FoV, teknologi OPA dapat menggunakan pola pemindaian akses acak (bidang pandang). Hal ini memungkinkan kepadatan berkas (resolusi) yang berubah secara dinamis dan hanya memantau lokasi tertentu yang menarik. Menggabungkan kualitas ini memungkinkan pemeriksaan cepat seluruh bidang pandang pada resolusi rendah, diikuti

dengan mengikuti objek yang menarik pada resolusi yang lebih tinggi untuk pengenalan bentuk yang lebih baik bahkan pada jarak yang jauh.

### 4.3 ANALISIS ARSITEKTUR KENDARAAN OTONOM

Untuk meningkatkan kendaraan otonom dari hari ke hari, para insinyur mengeksplorasi dan menggunakan sensor dan teknologi yang lebih canggih baik dalam perangkat lunak maupun perangkat keras. Ide tradisional untuk kendaraan otonom hingga saat ini menggunakan kamera, radar, sensor ultrasonik, dan LiDAR. Setiap subsistem tidak lagi melakukan tugasnya sendiri secara independen dari yang lain. Hasil dari satu tugas harus digunakan sebagai informasi yang relevan untuk tugas berikutnya; sebagai hasilnya, kendaraan otonom harus mampu melakukan berbagai aktivitas dalam berbagai skenario.

Kami mencapai hasil terbaik ketika perangkat keras dan perangkat lunak berkolaborasi dan menggunakan kemampuan terbaik satu sama lain untuk menyelesaikan suatu tugas. Sistem otonom memiliki sejumlah komponen dan desain arsitekturnya yang menawarkan perspektif abstrak tentang bagaimana sistem tersebut terstruktur dan dioperasikan. Desain berlapis memungkinkan pembagian informasi antar komponen melalui antarmuka komunikasi publik yang terdefinisi dengan baik.

Dengan menyesuaikan beberapa komponen untuk mempertahankan antarmuka komunikasi yang sama, karakteristik ini memungkinkan untuk mendefinisikan arsitektur yang serupa untuk semua jalur dalam tantangan ini. Metode ini mempersingkat waktu yang diperlukan untuk pengembangan agen dan memungkinkan untuk membandingkan efektivitas navigasi otonom menggunakan beberapa algoritme untuk pekerjaan tertentu. Struktur arsitektur perangkat keras dan perangkat lunak yang paling umum akan dibahas dalam bagian ini.

#### Arsitektur Perangkat Keras

Komponen perangkat keras sangat penting untuk meningkatkan keselamatan dan redundansi sistem self-driving. Elemen perangkat keras ini digunakan dalam kombinasi untuk melakukan operasi mengemudi otomatis. Sistem bantuan mengemudi dirancang untuk meningkatkan kenyamanan pengemudi dan keselamatan penumpang serta lingkungan sekitar.

- ❖ **Konfigurasi detektor lingkungan:** Kendaraan self-driving tidak dapat bergantung pada satu jenis detektor; kendaraan tersebut harus menyertakan sensor redundan demi keselamatan. Sensor yang paling umum untuk mobil self-driving meliputi kamera, radar, LiDAR, dan GPS. Pengaturan sensor umum lainnya untuk mobil self-driving meliputi radar gelombang milimeter, unit GPS, radar laser 16 baris, dan sensor serupa lainnya.
- ❖ **Platform komputasi yang dipasang di kendaraan:** Dua dari Komputer Pribadi Industri (IPC) menyusun lingkungan komputasi untuk mobil otonom. Untuk memenuhi spesifikasi pengukur otomotif, IPC harus dapat beroperasi untuk jangka waktu yang lama dalam kondisi suhu dan getaran tinggi. IPC siaga panas digunakan sebagai pengganti IPC kontrol primer. Keduanya bekerja secara daring dalam waktu riil. Untuk

memastikan keselamatan, perintah keluaran IPC siaga diaktifkan segera setelah IPC kontrol primer gagal.

- ❖ **Aktuator dan Sensor:** Salah satu bagian terpenting dari mobil self-driving adalah aktuator, diikuti oleh sensor. Aktuator sangat penting untuk mencegah perlunya interaksi manusia saat bepergian. Untuk mengumpulkan informasi dari lingkungan, banyak sensor yang dibutuhkan. Aktuator yang banyak akan dihidupkan oleh sensor, yang kemudian akan menghasilkan instruksi untuk menghidupkan komponen terakhir.

### **Arsitektur Perangkat Lunak**

Arsitektur perangkat lunak kendaraan cerdas mencakup dukungan layanan publik dan antarmuka pengguna untuk komputer. Aspek terpenting dari mobil self-driving adalah komunikasi antar komponen.

- **Interaksi manusia-mesin:** Ini mencakup intervensi kendali jarak jauh, antarmuka pengemudi, dan debugging programmer. Tanggap darurat adalah salah satu aplikasi terpenting untuk kendaraan otonom. Mobil otonom mampu menjaga lajur, berpindah lajur, menyalip, dan menghindari kecelakaan darurat. Konfigurasi perangkat keras dan perangkat lunak kendaraan cerdas digunakan untuk mengevaluasi kapasitas mengemudi otomatis kendaraan cerdas dalam berbagai moda.
- **Dukungan Layanan Publik:** Ini mencakup layanan untuk pencatatan, pengamatan proses, dan peralihan virtual. Peralihan virtual secara logis harus terdiri dari banyak bus virtual. Setiap bus memiliki beberapa modul perangkat lunak yang terhubung dengannya. Komunikasi antar modul pada bus yang sama dilakukan melalui mekanisme langganan dan pelepasan. Peralihan virtual menghilangkan fungsi komunikasi modul, yang memungkinkannya untuk berkonsentrasi pada fungsinya. Pernyataan pada bus digital dicatat oleh log dan dikirim ke basis data sesuai dengan urutan waktu. Pesan juga dapat dikirim kembali ke modul lapisan aplikasi yang perlu di-debug, yang mengembalikan status mengemudi yang diamati oleh pengujian. Ini tergantung pada waktu. Data tentang detak jantung dikumpulkan dan dianalisis melalui pemantauan proses. Ketika pengecualian ditemukan, sistem segera mengambil tindakan korektif dan memberi tahu tim debugging sehingga mereka dapat memeriksa sistem. Arsitektur Sistem untuk Kendaraan Otonom melibatkan lima tahap. Tahap-tahap tersebut dibahas di bawah ini.
- **Penginderaan:** Lapisan penginderaan terdiri dari kumpulan sensor eksteroseptif dan proprioseptif, yang masing-masing mengukur informasi tentang dunia luar dan kendaraan itu sendiri. Agar sistem dapat mencerminkan status kendaraan dan lingkungan sekitarnya dengan andal, lapisan persepsi harus memahami dan mengubah data mentah dari sensor yang dikumpulkan oleh komponen lapisan penginderaan. Lapisan untuk manajemen sensor merupakan alat yang berharga untuk desain arsitektur, karena meningkatkan fleksibilitas dan skalabilitas, memungkinkan penggantian lapisan individual atau bahkan keseluruhannya, dan memastikan bahwa arsitektur akan terus berfungsi selama antarmuka komunikasinya berfungsi. Jika

rangkaian sensor diubah, hanya ada sedikit atau tidak ada perubahan dalam desain arsitektur.

### 1. GPS

Dalam kerangka koordinat geodesik, yang didefinisikan sebagai:

$$i. \text{ pgeo } k = (\text{lat } k, \text{ lon } k, \text{ alt } k),$$

di mana lat dan lon mewakili lintang dan bujur, alt mewakili ketinggian, dan k adalah cap waktu kerangka tersebut. Sensor ini memberikan posisi kendaraan pada frekuensi 10 Hz.

### 2. Kamera

Enam kamera disusun menjadi tiga pasang stereo, diposisikan pada ketinggian 1,8 m. Ukuran gambar kamera stereo kanan dan stereo kiri adalah  $600 \times 320$  (lebar  $\times$  tinggi), sedangkan ukuran gambar kamera tengah adalah  $1.080 \times 540$  (lebar  $\times$  tinggi).

### 3. LiDAR

Sensor ini menghasilkan sekitar 500.000 titik per detik, atau titik awan, dengan bidang pandang horizontal 360 derajat pada frekuensi 20 Hz. Ia menggunakan 32 saluran yang disimulasikan laser dengan bidang pandang vertikal 45 derajat (15 derajat FoV atas dan 30 derajat FoV bawah). Setiap titik dijelaskan oleh posisi (x, y, z) yang berhubungan dengan lokasi sensor dalam sistem koordinat Cartesian.

### 4. CAN Bus

Sensor semu proprioseptif ini menawarkan data tentang status interior mobil, termasuk kecepatan, sudut kemudi, dan dimensi bentuk.

### 5. Pencari Objek

Sensor fiktif ini menyediakan data tentang lokasi dan orientasi semua objek bergerak dan diam seperti pejalan kaki dan kendaraan serta informasi tentang bentuk dan status lampu lalu lintas yang merupakan bagian dari lingkungan yang disimulasikan.

- o **Persepsi:** Selama langkah ini, kendaraan otomatis merasakan lingkungannya melalui banyak sensor dan menentukan lokasinya sesuai dengan lingkungan tersebut. Ini juga mencakup LiDAR, radar, kinetika waktu nyata, kamera, dan lainnya, yang memproses data segera setelah data diberikan ke modul pengenalan dari sensor. Sistem kontrol, Pemosisian dan Pelokalan Kendaraan (VPL), modul Pengenalan Hambatan Tak Dikenal (UOR), dll., adalah komponen umum kendaraan otonom. Komponen lapisan persepsi menggunakan metode dan definisi teoritis dari beberapa domain akademis, termasuk visi komputer, aljabar linier, probabilitas, dan pembelajaran mesin untuk mengubah masukan sensor menjadi informasi yang bermakna. Data ini memungkinkan representasi status kendaraan dan lingkungan sekitarnya untuk memasukkan komponen lapisan navigasi dalam desain arsitektur. Tugas terpenting untuk kendaraan otomatis adalah mendeteksi batas jalan, mendeteksi rintangan, mengidentifikasi pejalan kaki dan kendaraan, mendeteksi rambu lalu lintas, mendeteksi lajur, mendeteksi lampu lalu lintas, dan memperkirakan kondisi bodi kendaraan. Untuk mengidentifikasi rintangan, metode support vector machine sering digunakan. Aplikasi

utama teknik jaringan saraf konvolusional dalam mendeteksi pejalan kaki dan kendaraan serta klasifikasi dan identifikasi konvolusi cepat yang terjadi dengan cepat. Rambu lalu lintas dikenali menggunakan teknologi jaringan saraf.

- **Deteksi Rintangan:** Badan CaRINA menggunakan dua sistem penglihatan: sistem berbasis kamera stereo dan sistem LiDAR dengan kemampuan persepsi untuk Lintasan 1, Lintasan 2, dan Lintasan 3. Sistem ini menjalankan tugas identifikasi rintangan dan menyediakan titik awan tiga dimensi dalam sistem koordinat Cartesian  $(x, y, z)$ .
- **Deteksi Rintangan Berbasis LiDAR:** Berbeda dengan LiDAR komersial, sensor simulasi tidak menyediakan data intensitas maupun cincin karena merupakan pendekatan ray-casting. Oleh karena itu, strategi yang mengandalkan kompresi cincin dan pemindaian virtual tidak dapat digunakan selama kompetisi.
- **Deteksi Rintangan Berbasis Stereo:** Mengemudi di lingkungan perkotaan memerlukan persepsi 3D yang tepat dan akurat terhadap lingkungan sekitar. LiDAR merupakan sensor yang berguna untuk pekerjaan ini di Lintasan 1 dan 3. Lintasan 2 diinstruksikan untuk melakukan perjalanan ke lokasi tertentu hanya dengan menggunakan kamera. Selain LiDAR, tidak ada sensor dalam tantangan yang dapat menghasilkan gambar RGB-D atau data kedalaman. Kami melakukan rekonstruksi pemandangan dan pengenalan rintangan menggunakan sistem stereo. Metode stereo dipilih karena memungkinkan rekonstruksi 3D hanya menggunakan dua kamera monokuler yang dilengkapi dengan matriks kalibrasi yang tepat.
- **Pemantau Rintangan Berbahaya:** Penilaian risiko merupakan elemen penting lain dari sistem otonom untuk memastikan berkendara yang aman, selain deteksi rintangan. Sistem ini menganalisis potensi risiko kecelakaan, seperti tabrakan dengan peserta lalu lintas lainnya. Tabrakan dengan rintangan yang diam, rintangan yang bergerak, dan rintangan yang tidak terduga adalah tiga kategori dasar yang termasuk dalam tabrakan (yang dapat terjadi karena penyumbatan). Oleh karena itu, prediksi tabrakan biner dan penilaian risiko kuantitatif dapat mengarahkan sistem pengambilan keputusan ke arah tindakan yang tepat untuk menghindari tabrakan.
- **Keputusan dan Perencanaan:** Tahap ini membuat keputusan, merencanakan, dan mengarahkan pergerakan kendaraan otonom menggunakan informasi yang diterima selama proses persepsi. Tahap ini, yang diwakili oleh otak, adalah tempat pilihan dibuat pada hal-hal seperti menghindari rintangan, prediksi tindakan, dll. Keputusan didasarkan pada informasi terkini dan historis, termasuk data peta waktu nyata, lalu lintas berisi detail dan pola, data pengguna, dan sebagainya. Mungkin ada modul pencatatan data yang melacak kesalahan dan data untuk penggunaan selanjutnya. Tanggung jawab utama dari pilihan misi mengemudi adalah untuk menentukan gaya mengemudi kendaraan cerdas, berpindah jalur, mengejar, berbelok ke kiri di persimpangan jalan dan berbelok ke kanan di persimpangan, dari mulai dan berhenti di persimpangan. Sasaran utama perencanaan rute lokal adalah untuk membuat jalur yang sesuai untuk setiap gaya mengemudi yang dipilih, yang biasanya panjangnya antara 10 dan 50 meter. Untuk menghasilkan sudut roda kemudi dan bergerak secara

lateral di sepanjang lintasan yang ditentukan, kontrol gerakan lateral terutama bertanggung jawab atas tugas-tugas ini.

- **Kontrol:** Modul ini mengendalikan kendaraan otonom secara fisik dengan melakukan tugas-tugas seperti mengemudikan, menghentikan, dan mempercepat setelah menerima informasi dari modul perencanaan dan keputusan.
- **Kontrol Lateral:** Kontrol prediktif berbasis model (MPC), yang mengelola kontrol lateral yang menyediakan sinyal rekayasa, mengoptimalkan fungsi biaya selama jangka waktu yang telah ditetapkan  $H$ , menghasilkan serangkaian tindakan, satu untuk setiap langkah waktu  $\Delta t$ . Tindakan langsung dilakukan, dan proses dilanjutkan pada langkah waktu berikutnya, yang mengakibatkan penyempitan jangka waktu.
- **Kontrol Longitudinal:** Agen harus memiliki perubahan laju kecepatan sebagai solusi masalah proses keputusan Markov (MDP). Kecepatan agen baru dapat dihitung menggunakan kecepatan agen saat ini. Kontrol PI, atau proporsional-integral, melakukan pelacakan ini.
- **Sasis:** Langkah terakhir adalah membuat interaksi dengan komponen mekanis yang terhubung ke sasis, termasuk sistem roda gigi, motor rem, motor roda kemudi, dan motor pedal akselerator dan rem. Sinyal modul kontrol mengelola ini.
- **Sensor:** Kami membahas desain, fungsionalitas, dan pemanfaatan beberapa sensor utama setelah membahas keseluruhan arsitektur komunikasi dan detektor kendaraan otomatis.

**Sensor ultrasonik:** Sensor ini beroperasi pada frekuensi mulai dari 20 hingga 40 kHz. Jaringan magneto-resistif yang digunakan untuk menentukan jarak antara dua objek menghasilkan gelombang ini. Dengan membandingkan waktu tempuh (ToF) gelombang yang dipancarkan dengan sinyal gema, jaraknya ditentukan. Jangkauan sensor ultrasonik sering kali kurang dari 3 m, yang cukup pendek. Setiap 20 ms, keluaran sensor diperbarui, yang mencegahnya mematuhi persyaratan QoS ITS yang ketat. Sensor ini memiliki jangkauan deteksi sinar yang sangat terbatas dan bersifat terarah. Oleh karena itu, untuk mendapatkan penglihatan bidang penuh, diperlukan banyak sensor. Namun, beberapa sensor akan saling memengaruhi dan dapat mengakibatkan kesalahan jangkauan yang signifikan. Pendekatan konvensional akan memberikan tanda tangan unik atau kode identifikasi yang akan diperlukan untuk menghilangkan gema detektor lain yang bekerja dalam jarak dekat.

- **Deteksi dan Pengukuran Jarak Radio:** RADAR digunakan dalam AV untuk memindai lingkungan untuk mencari mobil dan objek lain. RADAR sering digunakan untuk keperluan militer dan sipil, seperti bandara atau sistem meteorologi, dan berfungsi dalam rentang frekuensi gelombang milimeter (gelombang mm). Berbagai pita frekuensi, yang terdiri dari 24, 60, 77, dan 79 GHz, digunakan dalam mobil kontemporer dan memiliki rentang pengukuran 5 hingga 200 m. Dengan mencari tahu berapa lama waktu yang dibutuhkan dari pemancar dan gema yang diperoleh, jarak antara AV dan objek ditentukan. Untuk meningkatkan resolusi jangkauan dan kemampuan mendeteksi banyak target. RADAR dalam AV menggunakan kumpulan antena mikro

yang menghasilkan serangkaian lobus. Karena RADAR mm-Wave dapat langsung mengukur bidikan jarak pendek ke segala arah dengan memanfaatkan variasi pergeseran Doppler, maka ia memiliki daya tembus yang lebih besar dan lebar pita yang lebih besar. Karena radar mm-Wave memiliki panjang gelombang yang lebih panjang, radar ini memiliki kemampuan anti-polusi dan anti-penghalang yang memungkinkannya beroperasi dalam kabut, hujan, salju, dan cahaya redup.

- **LiDAR: Deteksi Cahaya dan Pengukuran Jarak:** Spektrum pada 905 dan 1.550 nm digunakan dalam LiDAR. LiDAR modern beroperasi dalam rentang panjang gelombang 1550 nm untuk meminimalkan degenerasi retina karena spektrum 905 nm yang dapat membahayakan retina manusia. LiDAR dapat beroperasi pada jarak hingga 200 m. LiDAR dibagi menjadi 3 kategori: model 2D, 3D, dan solid-state. Satu sinar laser disebarkan ke cermin yang berputar cepat dalam LiDAR 2D. Beberapa laser dapat ditempatkan pada pod sehingga LiDAR 3D dapat menghasilkan gambar 3D dari sekelilingnya.
- **Kamera:** Bergantung pada panjang gelombang perangkat, rana pada kendaraan otonom dapat dikategorikan sebagai cahaya inframerah atau cahaya tampak. Sensor gambar kamera dibuat menggunakan dua teknologi: perangkat berpasangan muatan dan semikonduktor oksida logam komplementer. Bergantung pada kualitas lensa, kamera dapat menangkap gambar hingga jangkauan maksimum sekitar 250 m. Kamera tampak memiliki pita merah, hijau, dan biru (RGB) dan bekerja dalam rentang panjang gelombang yang sama dengan mata manusia, atau 400–780 nm. Ada dua kamera VIS yang dipasangkan dengan panjang fokus tetap yang menghasilkan saluran baru dengan data kedalaman D, yang wajib untuk menghasilkan penglihatan stereoskopik. Dengan menggunakan fungsi ini, kamera (RGB) dapat memperoleh tampilan 3 dimensi dari lingkungan kendaraan. Sensor pasif yang berkisar dari panjang gelombang 780 nm hingga 1 mm digunakan oleh kamera inframerah (IR). Kontrol penglihatan disediakan oleh sensor IR di kendaraan otonom dalam pencahayaan puncak. Kamera ini membantu kendaraan otonom dalam pekerjaan mereka seperti mendeteksi objek, kontrol pandangan samping, perekaman kecelakaan, dan deteksi titik buta (BSD). Namun demikian, kondisi cuaca buruk seperti salju dan kabut serta variasi kualitas cahaya memengaruhi kinerja kamera.
- **Sistem Satelit Navigasi Global (GNSS):** Teknologi paling populer untuk memperoleh data posisi yang tepat di permukaan Bumi adalah GNSS. GPS adalah utilitas milik AS yang menawarkan layanan penyalarsan, lokasi yang tepat, dan kerangka waktu kepada pelanggan dan merupakan sistem GNSS yang paling terkenal. GPS adalah komponen penting dari arsitektur informasi global, yang meliputi semua aspek masyarakat saat ini karena sifatnya yang bebas, terbuka, dan dapat diandalkan. Departemen Pertahanan AS (DoD) menciptakan GPS pada tahun 1970an dan memiliki tiga bagian: bagian luar angkasa, kontrol, dan pengguna. Angkatan Udara AS menciptakan, memelihara, dan menjalankan komponen kontrol dan bagian luar angkasa sistem GPS. Jumlah satelit operasional untuk segmen luar angkasa adalah 31, setidaknya 24 di antaranya biasanya

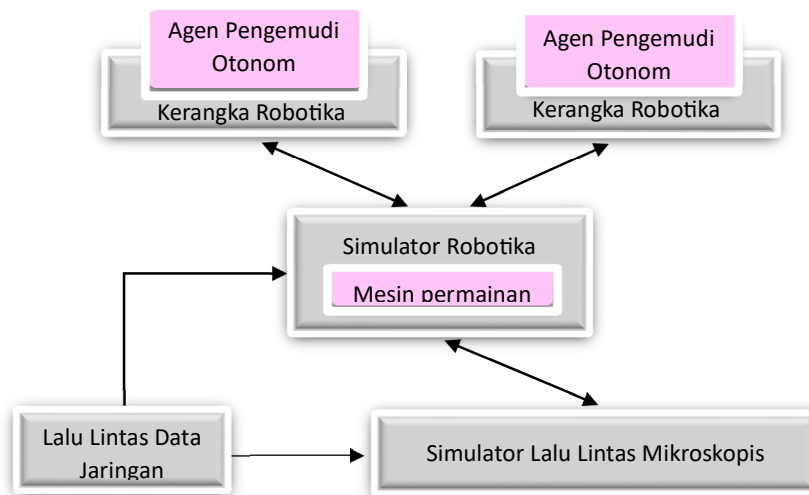
tersedia. Saat berada di orbit Bumi menengah (MEO) pada ketinggian 20.200 km, masing-masing satelit ini menyelesaikan dua orbit harian planet ini. Setiap penerima yang ditempatkan di permukaan planet dapat menerima sinyal dari 6 hingga 12 satelit dalam rentang fluktuasi pita S dan pita L karena konfigurasinya. Metode pemisahan ke dalam kelompok terpisah berdasarkan fitur yang sama disebut sebagai segmentasi pengguna. Penting untuk dicatat bahwa sinyal GNSS memiliki sejumlah kelemahan yang mengurangi akurasi sistem, termasuk yang berikut: (1) ketidakakuratan waktu yang diakibatkan oleh perbedaan antara jam kuarsa penerima dan jam atom satelit, (2) kelambatan sinyal yang disebabkan oleh perambatan sinyal melalui troposfer dan ionosfer, (3) dampak multipath, dan (4) ketidakpastian dalam orbit satelit. *Inertial Measuring Units* (IMU), radar, kamera, dan LiDAR, di antara sensor lainnya, digabungkan dengan data satelit untuk membuat gambaran yang lebih komprehensif guna menghasilkan data lokasi yang dapat dipercaya guna meningkatkan presisi sistem penentuan posisi mobil saat ini.

#### 4.4 ANALISIS PADA SALAH SATU ARSITEKTUR YANG DIUSULKAN

Arsitektur perangkat lunak disarankan untuk simulasi kendaraan otonom dalam skenario lalu lintas. Sebagai hasil dari persyaratan bahwa setiap simulator memanfaatkan semua sumber daya yang tersedia pada Gambar 4.1. Desain Gambar 4.1 bersifat terdistribusi. Ada empat modul utama: Simulator Lalu Lintas Mikroskopis, Simulator Robotika, Data Jaringan Koheren, dan antarmuka serta kontrol Kendaraan Otonom.

##### ✚ Simulator Lalu Lintas Mikroskopis

Ia mensimulasikan hampir setiap jenis kendaraan dengan cara yang mirip dengan pemodelan makroskopis arus lalu lintas aktual. Selain itu, ia mengikuti semua sistem konstruksi, seperti loop induksi dan jadwal sinyal lalu lintas. Karena kemampuan adaptasi simulator, templat statistik tingkat tinggi dapat dikaitkan untuk memeriksa pola perilaku lalu lintas strategi kendaraan otonom untuk individu dan kelompok.



**Gambar 4.1** Simulator kendaraan otonom di lingkungan lalu lintas diusulkan.

### 🚦 Simulator Robotika

Simulasikan setiap kendaraan otonom di sekitarnya, termasuk setiap sensor, aktuator, dan reflektornya terhadap segala sesuatu di sekitarnya. Selain itu, simulator ini memiliki mesin permainan dengan modul fisika dan visual yang kuat untuk animasi 3D yang imersif.

### 🚦 Data Jaringan yang Koheren

Simulasi ini menggambarkan topologi jaringan lalu lintas dan data untuk lingkungan 3D yang akurat.

### 🚦 Antarmuka dan Kontrol Kendaraan Otonom

Saat menggunakan metodologi berbasis agen, penggerak program perangkat lunak eksternal sering digunakan untuk menjalankan tugas tingkat tinggi untuk mobil yang mandiri. Untuk pengembangan dunia nyata/digital yang lancar dan permutasi sensor/aktuator, lapisan abstraksi perangkat keras (HAL) digunakan.

### 🚦 Server Virtual untuk Transmisi Data

Transfer data sangat penting. Akibatnya, modul transmisi data harus andal, aman, efektif, dan bebas bug. Setiap modul yang terlibat terlihat sebagai simpul yang terhubung, tanpa dampak pada simpul lain, saat simpul terkait dalam keadaan diam. Modul lain tidak akan mengirimkan data apa pun ke modul A jika A hanya memerlukan data dari modul B. Efisiensi harus menjadi pertimbangan utama karena penundaan transmisi merugikan pengemudian otomatis. Meskipun ROS (*Robot Operating System*) adalah sistem terkenal yang digunakan untuk robotika, pengujian telah mengungkapkan bahwa karena kemampuan lintas platform dan kinerja waktu nyata, sistem ini tidak terlalu ideal untuk kendaraan yang dapat mengemudi sendiri saat simpul terkait dalam keadaan diam. Selain itu, simpul yang dipisahkan dalam IPC ("Cocktail") mereka meningkatkan ketersediaan sistem jika terjadi kegagalan sebagian. Namun, model berbasis tujuan digunakan daripada pendekatan berbasis saluran. Server virtual yang terhubung ke semua simpul dan menyampaikan semua pesan melakukan pemeriksaan koneksi. Jadi, modul transmisi data untuk kendaraan yang dapat mengemudi sendiri yang disebut "Project Cocktail" dibuat sebagai hasilnya untuk mengatasi masalah ini. Mekanisme penting untuk transmisi dan berbagi data, Project Cocktail dapat menerima dan mengirim pesan ke dan dari rekan jaringan (menggunakan protokol datagram pengguna). Project Cocktail, meskipun dibuat untuk aplikasi khusus ini, adalah perantara tujuan umum yang memperlakukan semua aliran data sebagai aliran biner sederhana dan tidak bergantung pada format data tertentu yang digunakan oleh rekan jaringan. Karena cara pembuatannya, ia sangat tangguh dalam arti ia berfungsi dengan baik ketika keragaman tipe data yang besar dibuat oleh sejumlah besar tetangga jaringan. Pengujian pada desain server tunggal ini menunjukkan bahwa ia kurang dapat diskalakan daripada desain SimpleComms yang terdistribusi. Dibandingkan dengan "satu data yang ditransfer, mode 'semua ke semua' tunggal," mengendalikan jumlah bersih memiliki latensi yang lebih tinggi, yang menunjukkan bahwa "sebaiknya hindari mendengarkan modul yang sama dua kali."

SimpleComms menggabungkan penghindaran kerumunan untuk setiap modul individual dengan mendistribusikan beban kerja penerusan pesan di seluruh server lokal.

#### **4.5 ARSITEKTUR FUNGSIONAL KENDARAAN OTONOM**

Di bagian ini, infrastruktur fungsional untuk kendaraan self-driving yang telah dihasilkan dalam dalam Bab kami dirangkum di sini. Ini menggabungkan semua elemen fungsional yang telah disebutkan dan mendistribusikannya di antara platform kendaraan dan komponen kecerdasan mengemudi kognitif. Selain itu, ini mematuhi saran kami untuk mencapai pemisahan yang cukup jelas antara keduanya. Beberapa elemen untuk pertimbangan teknis dan praktis, baik platform kendaraan maupun kemampuan intelektual mengemudi, ditugaskan untuk manajemen daya dan pengujian diagnostik. Namun, tugas dan area operasi sedikit bervariasi untuk setiap penjabatan.

Meskipun secara konseptual disatukan, aspek penginderaan yang mampu dan model global dibagi dalam aspek yang berhubungan dengan lingkungan eksterior kendaraan dan aspek yang berhubungan dengan platform kendaraan ego. Ketika infrastruktur fungsional disempurnakan menjadi infrastruktur teknis melalui metode ISO 26262, pemisahan tersebut memudahkan untuk menetapkan implementasi teknis yang berbeda, jika perlu. Seperti yang ditunjukkan, tergantung pada seberapa banyak operasi dan fusi yang diperlukan, keluaran komponen penginderaan dikirim baik secara langsung maupun tidak langsung ke komponen persepsi, keputusan, dan kontrol yang tersisa.

Membuat koneksi data antara lokalisasi dan fusi sensor bermanfaat. Pada titik-titik yang ditetapkan di sepanjang rute yang telah ditentukan sebelumnya, beberapa sensor dapat menunjukkan tren berulang seperti peningkatan positif palsu atau putus sekolah. Area dalam Bab yang menarik melibatkan perubahan tingkat kepercayaan sensor berdasarkan lokasi geografis, dan desain seharusnya tidak menjadi batu sandungan. Hubungan antara komponen sensor dan komponen pemahaman semantik adalah tautan data menarik lainnya. Ada tiga situasi di mana ini membantu. Pertama, apa yang disebut teknik perhatian terfokus menguntungkan dalam beberapa keadaan mengemudi otonom tertentu. Perhatian terfokus memerlukan penggalan lebih dalam ke area tertentu di sekitarnya. Ini mungkin memerlukan sensor untuk bergerak secara fisik atau untuk penyesuaian konfigurasi (seperti mengubah zoom pada lensa atau menggerakkan atau menyesuaikan bidang pandang kamera). Sebagian besar sensor mobil otonom kini terikat secara fisik pada sikap tetap berkenaan dengan sistem koordinat kendaraan. Namun, hal ini relatif umum di bidang robotika bergerak dan intelektual. Misalnya, untuk memiliki sensor gambar pan-tilt-zoom guna membantu robot dalam eksperimen pencarian. Kedua, penyesuaian sensor selama penyesuaian waktu proses mungkin diperlukan (misalnya, mengubah tingkat paparan berdasarkan waktu, yang memicu kalibrasi ulang jika diduga ada perubahan penyesuaian fisik). Ketiga, komponen pemahaman semantik dapat menggunakan transceiver komunikasi sebagai jenis sensor atau aktuator untuk bereaksi terhadap permintaan komunikasi yang masuk, mengirim data kendaraan ego, dan meminta detail asinkron. Persyaratan komunikasi semacam itu sering kali merupakan komponen

penting dari skenario mengemudi kooperatif, di mana kendaraan terus-menerus berkomunikasi dengan bangunan di sekitarnya dan mobil tetangga lainnya.

Manajemen energi dari sudut pandang pencapaian misi dan total permintaan energi kendaraan merupakan salah satu komponen keputusan dan kontrol (lampu internal dan eksternal, HVAC). Sebagai perbandingan, komponen manajemen energi pada platform kendaraan mengendalikan pengereman regeneratif, integrasi sistem propulsi hibrida, dan pada sebagian kendaraan listrik dan hibrida, manajemen pengisian daya dan penyeimbangan beban sel. Karena keputusan implementasi teknis persepsi dan sistem kontrol kami lambat dalam merespons kejadian tak terduga sebagai aspek kontrol yang disengaja, perintah reaktif dalam desain ini didedikasikan untuk platform kendaraan. Selain itu, dengan memiliki perintah reaktif di dalam mobil, lebih mudah untuk memastikan perlindungan diri minimal untuk platform mobil jika sistem penggerak persepsi gagal atau menjadi tidak berdaya sama sekali.

Platform kendaraan juga mencakup komponen kontrol untuk fitur keselamatan pasif seperti kantung udara, pretensioner sabuk pengaman, dan fitur lain yang terikat erat dan tidak mungkin dapat dengan mudah digunakan kembali di platform kendaraan lain. Karena keterbatasan ruang dalam karya ini, hubungan antara bagian-bagian fungsional belum digambarkan pada platform mobil. Stabilitas platform, kontrol responsif, dan abstraksi aktuator kontrol gerak adalah semua fitur yang terlihat pada kendaraan yang lebih baru. Akibatnya, keunikan platform kendaraan kurang dari kecerdasan berkendara. Namun, penting untuk menekankan bahwa komponen “Propulsi/Kemudi/Pengereman” mengabstraksikan sistem aktuasi yang sebenarnya.

#### **4.6 TANTANGAN DALAM MEMBANGUN ARSITEKTUR KENDARAAN OTONOM**

Kendaraan otomatis kini menjadi kenyataan setelah lebih dari 50 tahun pengembangan dan dalam Bab berkelanjutan. Beberapa tantangan masih ada dalam pengembangan metode yang sepenuhnya otonom untuk kendaraan tanpa pengemudi. Kami membahas masalah yang sering muncul dalam dalam Bab tentang AI dalam AV di bagian ini. Banyaknya manfaat yang ditawarkan AV disorot oleh dalam Bab tentang subjek tersebut. Tidak ada pengujian di dunia nyata yang dilakukan dalam deteksi pejalan kaki untuk melihat seberapa baik pendekatan yang disarankan mengidentifikasi berbagai hal secara real-time. Hambatan berat terkadang dapat menyebabkan orientasi pejalan kaki berbeda dari topeng gambar pejalan kaki lainnya, yang dapat menyebabkan penilaian orientasi yang tidak akurat. Oleh karena itu, tidak ada algoritme yang sepenuhnya tepat atau cepat.

Saat melihat pejalan kaki dalam kegelapan, akurasi dan kecepatan harus dipertaruhkan. Perkiraan perilaku pejalan kaki sering kali diabaikan. Mayoritas artikel dalam Bab tentang identifikasi lintasan dalam perencanaan lintasan hanya mengandalkan simulasi atau menghadirkan tantangan terhadap solusi yang memanfaatkan algoritme pembelajaran mendalam, dengan sedikit atau tanpa demonstrasi teknik mereka di dunia nyata. Buku yang menggunakan metode dunia nyata kini sudah ketinggalan zaman. Metode Model Predictive Control merupakan algoritma utama yang digunakan untuk kontrol gerakan lateral dalam kontrol gerakan.

Meskipun demikian, metode ini memiliki kemampuan terbatas untuk mendeteksi kesalahan, dan ketidakpastian yang tidak sesuai dengan kondisi yang ditentukan tidak sepenuhnya dihilangkan. Pencarian literatur dibatasi karena hanya ada sedikit dalam Bab tentang transparansi dalam mobil self-driving dan tidak ada implementasi dunia nyata untuk kriteria nonfungsional. Bias kognitif meningkat, karena lebih mungkin orang akan terdampak oleh kecelakaan fatal yang mencakup berbagai jenis mobil tanpa pengemudi daripada pengalaman baru yang dapat diberikan oleh kendaraan otomatis karena sifat teknologi yang berubah dengan cepat.

#### **Kondisi Jalan**

Kondisi jalan mungkin tidak terlalu mengejutkan dan dapat berubah seiring waktu. Di beberapa tempat, terdapat jalan yang besar, mulus, dan bertanda baik. Dalam kasus lebih lanjut, tidak ada marka jalan dan jalan tersebut rusak parah. Jalanan dibuat dengan buruk, terdapat lubang, dataran tinggi, dan jalur bawah tanah, dan kondisi yang setara berlaku setara dengan rambu arah eksternal.

#### **Kondisi Cuaca**

Cuaca juga menjadi masalah. Cuaca bisa cerah, atau bisa juga basah, berangin, dan hujan. Mobil otonom harus mampu melaju di semua kondisi meteorologi. Tidak ada ruang untuk kesalahan atau penghentian.

#### **Kondisi Lalu Lintas**

Kendaraan yang dapat berjalan sendiri harus beradaptasi dengan berbagai skenario lalu lintas di jalan umum. Kendaraan harus melewati banyak pejalan kaki sambil berbagi jalan dengan kendaraan tanpa pengemudi lainnya. Sebagian besar emosi hadir di mana pun manusia terlibat. Ada kemungkinan lalu lintas dikontrol dan diatur sendiri secara ketat. Namun, ada kalanya seseorang mungkin sering melanggar hukum. Hal-hal yang tidak terduga dapat mengakibatkan penjelajahan suatu objek. Saat lalu lintas padat, pergerakan beberapa sentimeter setiap menit pun penting. Kemacetan lalu lintas dapat terjadi apabila semakin banyak kendaraan yang berada di jalan raya dan berharap kemacetan dapat teratasi.

#### **Tanggung Jawab atas Kecelakaan**

Ciri penting kendaraan otonom adalah tanggung jawab atas kecelakaan. Siapa yang harus disalahkan atas kecelakaan yang melibatkan kendaraan otonom? Saat berbicara tentang mobil tanpa pengemudi, sistem operasi akan menjadi elemen kunci yang mengendalikan mobil dan membantu dalam membuat semua keputusan penting. Berbeda dengan prototipe asli, yang menggambarkan seseorang benar-benar duduk di belakang kemudi, konsep terbaru Google tidak menyertakan roda kemudi dan dasbor. Bagaimana seseorang di dalam kendaraan bermaksud mengendalikan mobil dalam situasi tiba-tiba ketika mobil tampaknya tidak memiliki kontrol apa pun, seperti pedal rem, roda kemudi, atau pedal gas? Penumpang dan pengemudi kendaraan otonom sering kali santai dan mungkin tidak terlalu memperhatikan masalah lalu lintas karena sifat kendaraan ini. Jika mereka perlu fokus pada sesuatu, pada saat mereka harus menjawab, mungkin sudah terlambat untuk menghentikannya.

### **Gangguan Radar**

Radar dan sinar laser digunakan oleh mobil otomatis untuk bernavigasi. Sementara laser dipasang di atap, sensor dipasang di badan kendaraan. Radar bekerja dengan mengidentifikasi pantulan gelombang radio dari objek bergerak di dekatnya. Saat mengemudi, mobil terus-menerus memancarkan gelombang frekuensi radio yang dipantulkan dari objek lain yang berdekatan dan oleh mobil lain. Untuk menentukan jarak antara mobil dan objek, waktu pantulan dicatat. Berdasarkan data radar, tindakan yang tepat kemudian dilakukan. Dengan mengidentifikasi pantulan gelombang radio dari objek di dekatnya, radar beroperasi. Berdasarkan data radar, tindakan yang tepat kemudian dilakukan. Radar beroperasi dengan melihat refraksi gelombang radio dari objek bergerak di dekatnya.

### **4.7 KEUNTUNGAN KENDARAAN OTONOM**

Mobil yang dapat mengemudi sendiri, yang merupakan teknologi yang sangat otomatis, memberikan sejumlah keuntungan potensial.

#### **❖ Peningkatan keselamatan jalan**

Sistem otomatis dapat meminimalkan jumlah kecelakaan di jalan raya. Menurut data pemerintah, 94% kecelakaan disebabkan oleh tindakan atau kesalahan pengemudi. Kendaraan otonom dapat membantu meminimalkan kesalahan pengemudi. Pengemudi dengan otonomi yang lebih besar mungkin lebih kecil kemungkinannya untuk terlibat dalam praktik mengemudi yang berbahaya dan membahayakan. Harapan terbaik adalah bahwa mengemudi sambil tidak fokus, berakselerasi, mengemudi dalam keadaan mabuk, penumpang mobil yang tidak mengenakan sabuk pengaman, dan mengemudi dalam keadaan mabuk akan berkurang.

#### **❖ Peningkatan Kemandirian**

Kebebasan pribadi meningkat dengan otomatisasi penuh. Orang-orang tuna netra dapat mandiri, dan mobil yang sangat otomatis dapat membantu mereka menjalani kehidupan yang mereka butuhkan. Kebebasan para lansia dapat ditingkatkan dengan mobil-mobil ini. Berbagi tumpangan dengan kendaraan yang sangat otonom (HAV) dapat membuat transportasi pribadi lebih murah dan meningkatkan jarak tempuh.

#### **❖ Menghemat uang**

Metode mengemudi otomatis dapat memiliki sejumlah implikasi finansial bagi kita. HAV dapat membantu mengurangi pengeluaran terkait keruntuhan seperti biaya medis, hilangnya produktivitas, dan perbaikan mobil. Lebih sedikit kecelakaan dapat menghasilkan harga asuransi yang lebih rendah.

#### **❖ Lebih Efisien**

Penggunaan HAV yang meluas dapat memungkinkan perjalanan waktu bagi pengemudi. Dalam beberapa tahun mendatang, HAV dapat memudahkan untuk menurunkan penumpang di lokasi yang mereka inginkan, baik itu bandara atau kompleks perbelanjaan, sementara kendaraan itu sendiri parkir. Di dalam mobil yang sepenuhnya otomatis, semua penumpang dapat dengan aman mengambil bagian

dalam tugas-tugas yang lebih bermanfaat atau menyenangkan seperti menanggapi email atau menonton film.

❖ **Mengurangi Kemacetan**

AV dapat membantu mengatasi berbagai masalah kemacetan lalu lintas. Jika jumlah tabrakan atau kecelakaan kecil berkurang, kemacetan lalu lintas berkurang. Dengan menjaga jarak aman dan konsisten antar kendaraan, HAV membantu mengurangi frekuensi gelombang berhenti-jalan yang menyebabkan kemacetan lalu lintas.

❖ **Keuntungan bagi lingkungan**

AV memiliki kemampuan untuk mengurangi emisi karbon dan konsumsi bahan bakar. Bahan bakar dihemat karena lalu lintas berkurang, dan HAV mengurangi emisi gas rumah kaca. Otomatisasi dan carpooling dapat meningkatkan pasokan untuk semua jenis kendaraan listrik. Efektivitas biaya kendaraan listrik meningkat jika kendaraan digunakan lebih lama setiap hari.

#### 4.8 KASUS PENGGUNAAN UNTUK TEKNOLOGI KENDARAAN OTONOM

Di dunia tempat teknologi otomasi kendaraan digunakan secara luas, lalu lintas mungkin lebih sedikit, jalan lebih aman, dan mobil terhubung yang memungkinkan pengemudi bersantai dan menikmati perjalanan. Pasar teknologi AV berkembang pesat dan diperkirakan, pada tahun 2026, akan mencapai Rp 5.566.700.000.000.000. Namun, sektor ini masih memiliki jalan yang harus ditempuh. Teknologi untuk kendaraan otonom perlu bekerja sama dengan berbagai bidang agar dapat berfungsi dengan baik. Daftar berikut mencakup 5 teratas.

##### Lima Kasus Penggunaan

✓ **5G**

Diperkirakan bahwa mobil otonom akan menghasilkan 2 Petabyte data setiap tahunnya. Jika Wi-Fi terbaik tersedia, akan butuh waktu berbulan-bulan untuk mentransfer data sebanyak itu. Kecepatan 5G 10 kali lebih cepat daripada kecepatan 4G dan praktis bersifat real time. Masa depan kendaraan self-driving sudah dapat dicapai.

✓ **Latensi**

Waktu respons yang berkurang merupakan manfaat lain dari fitur 5G, yang menguntungkan bagi kendaraan otonom. Terkait keselamatan penumpang, penundaan waktu 4G saat ini sebesar 50 ms dianggap sebagai penundaan yang signifikan.

✓ **Kota pintar dan IoT**

Kendaraan yang dapat mengemudi sendiri memerlukan pengetahuan tentang lingkungan sekitarnya agar dapat membuat keputusan yang bijak. Hal itu dimungkinkan di kota pintar yang mendukung IoT. Mobil yang dapat mengemudi sendiri dapat bergerak lebih cerdas dan mudah di kota jika kota dapat melaporkan lalu lintas, sinyal, dll.

✓ **Manajemen Data**

Diperlukan waktu untuk memeriksa semua data yang dihasilkan mobil yang dapat mengemudi sendiri. Komputasi tepi dapat mempercepat dalam Bab ini dengan melihat informasi yang lebih dekat ke sumbernya karena mungkin ada hampir 10 juta mobil baru di jalan.

✓ **V2X**

Data dari sistem sensor kendaraan otomatis dan bahan sumber lainnya dapat dikirimkan melalui saluran yang menanjak, meninggi, dan sedang—berkat teknologi *vehicle-to-everything* (V2X). Berkat ekosistem yang diciptakannya, mobil dapat berkomunikasi satu sama lain dan dengan infrastruktur seperti tempat parkir dan lampu lalu lintas. Hal ini tidak hanya meningkatkan keselamatan mobil tetapi juga memberi tahu penumpang dan pengemudi tentang jalan yang akan dilalui, sehingga mereka dapat bereaksi dengan tepat. Mobil otomatis akan mampu mengambil keputusan sendiri jika dipasangkan dengan kecerdasan buatan (AI).

#### 4.9 ASPEK MASA DEPAN KENDARAAN OTONOM

Selama 10 tahun terakhir, ketertarikan publik terhadap mobil otonom telah memicu kolaborasi antara produsen dan pelopor TI. Seberapa jauh kita dari mengintegrasikan kendaraan otomatis (AV) ke dalam sistem transportasi? Menurut proyeksi, pada tahun 2030, 1 dari 10 kendaraan akan sepenuhnya otomatis secara global, tetapi hingga kendala yang signifikan dapat diatasi, industri hanya dapat membuat tebakan yang masuk akal. Namun, sebelum kendaraan tanpa pengemudi menjadi pemandangan umum di jalan raya, beberapa bagian dari teka-teki yang sangat rumit perlu disatukan.

Kehebohan seputar AV masih dipicu oleh pengujian di dunia nyata dan proyek kendaraan yang menarik, tetapi banyak produsen mobil kini menyadari bahwa mengembangkan teknologi jauh lebih sulit daripada yang mereka duga sebelumnya. Meskipun demikian, kepercayaan terhadap teknologi mengemudi otomatis bertenaga AI yang didukung 5G meningkat karena kemajuan dalam kendaraan yang sebagian otomatis memberikan pandangan realistis tentang apa yang mungkin terjadi pada dekade berikutnya. Variabel apa yang akan berkontribusi pada pengembangan masa depan kendaraan tanpa pengemudi yang memiliki kemampuan untuk merevolusi segala hal mulai dari kebiasaan transportasi kita hingga desain kota pintar di masa depan?

##### **Tingkat Otonomi Kendaraan**

Sebagai seperangkat standar yang berfungsi sebagai tolok ukur kemampuan dalam AV, *Society of Automotive Engineers* (SAE) telah mengembangkan lima fase otonomi kendaraan. Fase-fase tersebut dimulai pada Level 0 (Keseimbangan Manual) dan berlanjut ke Level 5 (sepenuhnya independen). Dengan sistem pilot otomatis Tesla, yang dibagi sebagai level kedua, pengemudi harus siap untuk mengambil kendali sementara mobil menangani tugas-tugas seperti kemudi dan akselerasi.

Selama beberapa tahun, proyek pengemudian otomatis Google Waymo telah mengawal penumpang di sekitar Phoenix menggunakan otonomi Level 4. Produsen mobil

seperti Ford sedang melakukan uji coba untuk melihat seberapa jauh teknologi otonom dapat berkembang di kota fiktif dengan ukuran 24 lapangan sepak bola dalam Uji Mcity Universitas Michigan. Para peneliti membaca pelajaran penting tentang bagaimana kendaraan otonom dan berjaringan dapat berfungsi dalam lingkungan pengujian yang terkendali.



**Gambar 4.2** Tingkat otonomi kendaraan.

### **Teknologi Mobilitas yang Lebih Aman**

Salah satu tujuan utama industri kendaraan otonom adalah menyediakan perjalanan yang aman dan terjamin bagi para pelancong, pemilik mobil, dan pengendara sepeda. Sembilan dari 10 tabrakan, menurut Administrasi Keselamatan Lalu Lintas Jalan Raya Nasional di Amerika Serikat, disebabkan oleh kesalahan manusia. AV memang memiliki kemampuan untuk menggantikan manusia dalam sebagian besar insiden lalu lintas jika tekniknya mampu membuktikan kata-katanya; meskipun demikian, pada awalnya mereka harus bergantung pada kendaraan pengemudian otomatis yang dapat merasakan lebih baik daripada pengemudi manusia terbaik di jalan raya.

Data jelas akan sangat penting untuk memaksimalkan potensi AV. Perkembangan sistem keselamatan yang berkelanjutan menjadi landasan bagi pengembangan sistem otonom cerdas di masa depan yang mampu menavigasi jalan utama dengan sedikit atau tanpa campur tangan makhluk hidup. ADAS, yang umumnya dikenal sebagai sistem bantuan pengemudi canggih, yang umum digunakan pada mobil modern, menggunakan perangkat penginderaan termasuk sensor dan pemindai laser untuk mengidentifikasi suatu objek dan menjadi canggih pada generasi baru. Penerapan AV akan selalu berhasil sejauh teknologi 5G memungkinkan kecerdasan buatan dan kemampuan observasi dalam kendaraan yang dapat mengemudi sendiri.

### **Kolaborasi Industri dan Masalah Kebijakan**

Mungkin diperlukan kerja sama jangka panjang antara lembaga pemerintah, produsen mobil, inovator teknologi, telekomunikasi, dan lainnya untuk menciptakan mobil masa depan. Karena persaingan semakin ketat, berbagai kendala menjadi sangat mahal dan rumit untuk dikelola sendiri oleh satu pihak. Kemajuan terjadi di Tiongkok, yang memiliki tingkat dukungan publik-swasta yang sangat tinggi untuk teknologi mobil otonom. Pada tahun 2030, sebuah layanan perjalanan di Tiongkok, Didi, bermaksud untuk menerapkan lebih dari seratus ribu robotaxi di landasan peluncurannya, dan lonjakan komersialisasi kendaraan otonom didorong oleh peraturan baru yang mengatur pengembangan AV.

Konsumen siap untuk mobil tanpa pengemudi meskipun ada tantangan besar yang akan dihadapi. Ketika pelaku industri dan para ahli sepakat bahwa AV memang memiliki

kemampuan untuk mengubah mobilitas, membuat prediksi tentang apa yang seharusnya terjadi dalam komersialisasi menjadi semakin sulit. Jika industri otomotif ingin maju dalam 10 tahun ke depan, permasalahan yang berlapis-lapis akan dapat diatasi melalui kemajuan teknologi generasi mendatang.

Untuk memasuki masa depan yang otonom, kendaraan dan sistem transportasi lainnya kini tengah diteliti dan dikembangkan. Masyarakat tanpa pengemudi yang maju secara teknologi sudah di depan mata. Kemajuan teknologi lebih lanjut akan dihasilkan dari perkembangan AV ini. Berdasarkan *Internet of Vehicle* (IoV) dan VANET, banyak aplikasi telah disarankan. Infrastruktur generasi mendatang yang tangguh kini dapat dibangun—berkat perkembangan IoV, yang bertindak sebagai antarmuka untuk menghubungkan berbagai item ke Internet, termasuk aktuator, sensor, dan kendaraan lengkap. Seiring dengan pengembangan kota pintar berbasis IoT, dalam Bab dilakukan pada teknologi seperti BCG untuk menyebarkan konten melalui dukungan cloud.

Teknologi berbasis IoV disebut VANET. Tanggung jawab utamanya adalah menyediakan konektivitas konstan ke sumber daya seperti Internet. Jumlah pengguna di Internet telah meluas karena perkembangannya yang cepat, dan VANET dapat digunakan untuk memenuhi permintaan mereka dengan memungkinkan akses seluler ke sumber daya dan konektivitas Internet. Teknologi ini juga berpotensi diaplikasikan di industri lain seperti sistem transportasi cerdas, sistem militer, serta kesehatan dan keselamatan, untuk menyebutkan beberapa di antaranya. Untuk mempertahankan strategi yang adaptif dalam memantau kepadatan lalu lintas dan polutan, VANET memungkinkan kita mengelompokkan mobil menurut rute, mobilitas, dan kebiasaan mengemudi. AV akan dapat memilih rute dengan lebih tepat dengan bantuan pengetahuan ini. Setelah lembaga pemerintah melegalkan komunikasi antar kendaraan dan semua kendaraan di jalan telah beradaptasi dengan teknologi ini, manfaat penggunaan VANET untuk pelacakan, navigasi, perutean, dan komunikasi akan menjadi lebih jelas. Menurut dalam Bab tersebut, karena ada saluran komunikasi seluler atau LTE yang efektif antara perangkat pinggir jalan dan platform cloud, identifikasi frekuensi radio harus digunakan oleh mobil yang bergerak dan unit pinggir jalan untuk komunikasi kendaraan ke infrastruktur.

Menurut dalam Bab tersebut, teknologi ini akan berdampak besar pada industri perawatan kesehatan dan juga dapat digunakan untuk komunikasi antar kendaraan. Buku ini mengusulkan algoritma perutean baru berdasarkan pembelajaran kolaboratif untuk pengiriman informasi ke target, memaksimalkan throughput, dan meminimalkan penundaan. Jika ada lebih banyak mobil di jalan dan terjadi kemacetan rute jaringan, teknologi ini akan membantu jaringan sensor kendaraan (VSN). Automata pembelajaran dengan cepat memutuskan rute berdasarkan pengalaman masa lalu dan titik akses terdekat.

#### 4.10 KESIMPULAN

Sebagai kesimpulan, meskipun kendaraan otonom tampaknya menjadi perhatian yang jauh bagi pengguna jalan saat ini, pengujian global terhadap kendaraan yang bergerak menunjukkan bahwa mobil umum mungkin akan segera tersedia. Revolusi lain tidak diragukan lagi akan terjadi akibat perubahan transportasi ini, jadi penting untuk memberi tahu

masyarakat tentang cara menangani kendaraan otonom. Instruksi ini harus mencakup perilaku yang tepat di jalan raya tempat kendaraan dapat bergerak. Namun, penting untuk mendidik masyarakat umum tentang nomenklatur yang diterapkan dan pembagian kendaraan karena tingkat mengemudi otonom sebelum mobil sepenuhnya terintegrasi ke dalam sistem transportasi yang ada. Kendaraan yang sepenuhnya otonom seperti bus, truk, dan mobil yang dapat melakukan perjalanan melintasi wilayah yang luas tanpa melibatkan pengemudi akan merevolusi transportasi darat. Kecelakaan dan kematian dapat dikurangi secara signifikan. Manusia dapat memanfaatkan waktu yang mereka habiskan terjebak dalam kemacetan untuk menyelesaikan pekerjaan yang ditugaskan atau untuk rekreasi. Lingkungan mungkin berubah, membutuhkan tempat parkir mobil yang sangat sedikit sambil meningkatkan produktivitas dan keselamatan bagi semua orang.

Kendaraan robotik akan mengangkut orang dan produk ke seluruh dunia sesuai permintaan, yang mengakibatkan munculnya model bisnis baru untuk distribusi komoditas dan layanan—"Internet Fisik". Kita mungkin juga mengamati pengemudi manusia yang terbebas dari tuntutan perhatian mereka yang datang bersama mengemudi, bebas untuk menempuh jarak yang jauh lebih jauh dan membuat jalan macet serta mencemari udara. Masalah ini bahkan lebih mendesak mengingat dampak negatif pada lapangan kerja yang disebabkan oleh epidemi COVID-19. COVID-19 telah memperburuk kesenjangan dalam mobilitas dan lapangan kerja yang sudah ada di kota-kota dan telah merugikan transportasi umum dan transportasi umum. Karena meningkatnya perdagangan elektronik, pengiriman paket robotik menjadi lebih populer, dan lebih banyak orang sekarang bekerja dari rumah. Transportasi umum yang aman dan efektif akan terus menjadi penting bagi masyarakat kita karena kebiasaan komuter, pendidikan, dan belanja bergeser menuju normal baru. Lebih dari sebelumnya, investasi dalam pelatihan tenaga kerja diperlukan untuk menjamin bahwa pekerja yang terkena dampak COVID-19 dapat berpartisipasi dalam sistem transportasi otomatis di masa mendatang, berapa pun lama masa depan itu akan terwujud.

## **BAB 5**

### **SISTEM BANTUAN PENGEMUDI MOBIL OTONOM**

Selama beberapa dekade terakhir, para peneliti telah secara aktif mengejar tujuan mereka untuk mengembangkan mobil yang dapat beroperasi tanpa campur tangan manusia. Sejumlah dalam Bab telah dilakukan mengenai masalah penggunaan kamera yang diposisikan di bagian depan kendaraan untuk tujuan pelokalan dan navigasi kendaraan, pemetaan lingkungan, dan penghindaran rintangan. Semua ini merupakan tujuan yang ingin dicapai oleh kamera. Setiap algoritma untuk mengenali rambu lalu lintas memiliki empat tujuan utama yang ingin dicapainya. Tujuan-tujuan ini tercantum di bawah ini. Algoritma ini mencakup daftar tujuan-tujuan ini.

Hal pertama dan terpenting yang harus kita lakukan adalah menjamin bahwa algoritma akan memberikan hasil yang dapat diandalkan. Konsep dasar akurasi harus dipatuhi di seluruh proses penilaiannya, mulai dari metodologi hingga pengukuran yang digunakan. Ada kemungkinan besar bahwa aktivasi fitur bantuan pengemudi tidak memerlukan apa pun selain tingkat akurasi yang tinggi saat pengaturan dibiarkan pada default. Di sisi lain, akurasi dalam situasi terburuk harus ditangani dalam konteks lain, seperti konteks mobil yang sepenuhnya otonom, dan perlu diuji secara memadai. Ini adalah sesuatu yang perlu dilakukan. Ini adalah aktivitas yang mutlak harus dilakukan.

Sebuah algoritma yang dapat mengenali rambu lalu lintas berdasarkan warna dan bentuknya telah dibuat. Metode ini didasarkan pada pendeteksian warna dan bentuk rambu. Pembuatan algoritma ini telah dilakukan. Foto-foto yang digunakan dalam perangkat lunak diambil menggunakan kamera dengan resolusi rendah yang dipasang pada kaca depan mobil yang sedang melaju. Foto-foto ini kemudian digunakan dalam program. Kemudian, foto-foto ini dikirim ke algoritma sebagai inputnya. Kapasitas dua bentuk indikator lalu lintas yang berbeda, yaitu rambu berhenti merah dan rambu peringatan kuning, untuk memberikan peringatan dini kepada kendaraan dievaluasi, dan temuan-temuan dikumpulkan. Sebagai hasil langsung dari ini, teknik deteksi berbasis bentuk peka terhadap kompleksitas latar belakang, sedangkan pendekatan deteksi berbasis warna peka terhadap lingkungan pencahayaan.

#### **5.1 PENDAHULUAN**

Selama beberapa dekade terakhir, salah satu bidang studi yang paling banyak diminati dalam bidang visi komputer adalah bantuan mengemudi otomatis. Bidang studi ini merupakan salah satu topik yang paling banyak diminati. Dalam beberapa tahun terakhir, terjadi peningkatan jumlah moda transportasi dan jumlah lalu lintas secara keseluruhan. Hal ini mengakibatkan peningkatan signifikan dalam kompleksitas koordinasi logistik dan tekanan yang dialami masyarakat secara keseluruhan.

Diharapkan bahwa pengenalan mobil tanpa pengemudi akan menghasilkan berbagai perubahan yang bermanfaat bagi masyarakat. Salah satu perubahan ini adalah pengurangan jumlah orang yang meninggal atau cedera akibat kecelakaan lalu lintas, atau bahkan

penghapusan kejadian ini sepenuhnya. Enam puluh persen dari waktu, pengemudi harus disalahkan atas kecelakaan dan cedera yang merupakan akibat langsung dari lalu lintas jalan raya. Penumpang harus disalahkan atas 20% dari insiden ini, dan pejalan kaki juga harus disalahkan atas 20% dari insiden ini. Oleh karena itu, sistem bantuan pengemudi untuk mobil otonom harus mematuhi aturan yang ditetapkan oleh otoritas yang bertanggung jawab atas lalu lintas. Aturan ini mencakup aturan yang berlaku untuk rambu lalu lintas, indikator kendaraan, marka jalur, kecepatan kendaraan, dan rambu lalu lintas. Peraturan lain yang termasuk dalam kategori ini mencakup aturan yang mengatur kecepatan kendaraan.

Sebagai komponen yang dibutuhkan, sistem bantuan pengemudian otomatis harus mampu mengenali gerakan tangan yang digunakan oleh polisi lalu lintas, mengenali indikasi, dan mendeteksi marka jalur. Selain itu, sistem harus mampu menemukan marka jalur. Pertukaran informasi dan ide yang terjadi antara individu sangat bergantung pada penggunaan berbagai gerakan tangan. Pengenalan gerakan yang digunakan oleh petugas penegak hukum dalam berbagai situasi lalu lintas merupakan informasi terpenting yang dapat dikumpulkan untuk mengemudi secara otonom di daerah perkotaan.

Hal ini dapat dilakukan dengan mengamati petugas polisi berinteraksi dengan berbagai skenario lalu lintas. Penting untuk mengawasi pergerakan mobil lain dan menyadari bagaimana kendaraan berinteraksi satu sama lain dalam berbagai kondisi lalu lintas yang mungkin terjadi agar dapat berkendara dengan aman dan efisien. Marka jalan, yang terkadang disebut sebagai petunjuk marka jalan, memberikan berbagai sinyal kepada pengendara yang dapat membantu mereka berkendara dengan cara yang lebih aman. Kata "video", yang mengacu pada foto diam yang bergerak, berasal dari kata Latin "videre", yang berarti "Saya melihat".

Istilah "video" mengacu pada foto diam yang bergerak. Secara harfiah, "Saya melihat" merupakan terjemahan harfiah dari frasa "Saya melihat". Video adalah jenis media rekaman yang dibedakan dengan transmisi serangkaian gambar diam pada kecepatan bingkai yang cukup cepat untuk memberikan ilusi bahwa gambar tersebut bergerak. Hal ini memberikan kesan bahwa gambar tersebut bergerak seiring waktu. Format pita video analog mencakup hal-hal seperti VHS dan Betamax, sedangkan format video digital mencakup hal-hal seperti Blu-ray Disc, DVD, QuickTime, dan MPEG-4. Blu-ray Disc, DVD, QuickTime, dan MPEG-4 adalah contoh format yang dapat digunakan untuk video digital. Selain itu, video dapat dibuat dan disampaikan melalui penggunaan tiga standar video utama. Masing-masing standar ini menentukan resolusi maksimum tampilan serta palet warna yang dapat digunakan. Salah satu dari standar ini dapat digunakan untuk produksi dan transmisi video.

Ketiga akronim ini merupakan singkatan dari tiga teknologi yang berbeda: *Phase Alternating Line (PAL)*, *Sequential Color with Memory (SECAM)*, dan *National Television System Committee (NTSC)*. SECAM adalah standar televisi berwarna pertama di Eropa, dan datanya disimpan pada pita magnetik pada saat itu. Sistem televisi PAL dan NTSC keduanya dikembangkan oleh *National Television System Committee*. Tidak mungkin salah satu dari keduanya dapat hidup berdampingan di lokasi yang sama dengan yang lainnya. Tidak mungkin memutar ulang video yang direkam dalam satu format menggunakan format yang berbeda. Ini bukanlah sesuatu yang mungkin.

Sebagai konsekuensi dari debut format Sony D-1 pada tahun 1986, tahun yang menandai dimulainya distribusi komersial video digital, video digital telah menjadi lebih luas. Film digital ini terdiri dari serangkaian foto digital yang ditayangkan satu demi satu secara berurutan dengan kecepatan yang konsisten. Temponya tetap sama di seluruh film. Film tersebut ditampilkan dalam format digital untuk presentasi. Gambar diam individual yang membentuk video disebut sebagai "frame," dan kata "frame" digunakan saat membahas video.

Jumlah foto yang dibuat dalam satu detik digunakan sebagai tolok ukur untuk menentukan seberapa sering gambar-gambar ini diperbarui. Satu detik sama dengan 33 frame (fps). Karena itu, jumlah gambar diam yang terbentuk sepanjang satu detik video disebut sebagai "frame rate," dan inilah arti dari frasa "frame rate." Kecepatannya mungkin hanya enam atau delapan bingkai per detik untuk kamera mekanis lama, atau bisa juga lebih dari 120 bingkai per detik untuk kamera khusus yang lebih modern. Apa pun itu, kecepatannya bisa sangat bervariasi.

Ketika serangkaian gambar diam atau gambar digital dirangkai menjadi gambar bergerak atau film, setiap foto diam atau gambar digital disebut sebagai bingkai. Raster piksel digunakan untuk membuat setiap bingkai film digital, dan setiap bingkai adalah gambar digital yang berdiri sendiri. Film digital terdiri dari beberapa film digital yang berbeda. Jika lebarnya  $w$  piksel dan tingginya  $h$  piksel, maka ukuran bingkai, yang juga dikenal sebagai ukuran gambar, sama dengan  $w$  piksel dikali  $h$  piksel. Dengan kata lain, ukuran gambar sama dengan ukuran bingkai. Ini sering disebut sebagai ukuran gambar. Kebutuhan pengguna akan menentukan apakah gambar digital diambil dalam mode berwarna atau hitam-putih, karena kedua opsi ini tersedia bagi mereka. Nilai setiap piksel dalam gambar skala abu-abu direpresentasikan secara digital menggunakan 8 bit, dan jumlah total level dalam gambar adalah 256.

Jumlah total level dalam gambar adalah 256. Ada kemungkinan ada antara 0 dan 255 level dalam gambar. Model warna sering digunakan setiap kali representasi gambar yang menggabungkan warna sedang dilakukan. Nilai RGB yang dikodekan menggunakan 24 bit per piksel dibuat dengan memanfaatkan tiga bilangan bulat tak bertanda yang masing-masing terdiri dari 8 bit, dengan rentang nilai dari 0 hingga 255. Nilai-nilai ini kemudian digunakan untuk membangun piksel. Intensitas relatif warna merah, hijau, dan biru direpresentasikan oleh ketiga angka ini (biru).

Hanya dengan menggabungkan tiga warna utama merah, hijau, dan biru, seseorang dapat membuat salah satu dari sekitar 16 juta rona berbeda hanya dengan menggunakan ketiga warna primer ini. Video tingkat keabuan, yang dilambangkan dengan simbol "I," dapat dideskripsikan sebagai "I = I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, ..., I<sub>M</sub>," di mana "I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, ..., I<sub>M</sub>" merujuk pada urutan foto tingkat keabuan dan "M" merujuk pada jumlah total bingkai yang disertakan dalam film. Simbol "M" juga menunjukkan jumlah total foto tingkat keabuan. Huruf "I" berfungsi sebagai tanda untuk video tingkat keabuan.

### **Pengawasan Video Lalu Lintas**

Selama beberapa dekade terakhir, komunitas pemrosesan gambar telah menunjukkan minat yang cukup besar terhadap subjek pengawasan video lalu lintas. Dalam bidang visi

komputer, salah satu bidang dalam Bab terpenting yang perlu difokuskan adalah sistem pengawasan video lalu lintas. Fungsi utamanya adalah mengenali objek, mengidentifikasinya, dan mengikuti pergerakannya melalui serangkaian gambar. Selain itu, sistem ini berupaya memahami dan memahami perilaku hal-hal yang sedang diamati. Analisis kondisi jalan untuk tujuan pengawasan video lalu lintas dan peringatan keselamatan merupakan tugas yang melibatkan keahlian dari berbagai disiplin ilmu.

Bidang-bidang ini meliputi, antara lain, ilmu komputer, rekayasa robotika, dan psikologi. Sistem pengawasan video lalu lintas mampu menyediakan aplikasi yang efisien dan efektif, beberapa di antaranya meliputi keselamatan komersial dan publik, pengawasan visual dan analisis kemacetan, identifikasi manusia dan pendeteksian perilaku anomali, serta pemantauan kendaraan baik di dalam maupun di luar kota, jalan raya, jembatan, dan terowongan, di antara tempat-tempat lainnya. Salah satu aplikasi yang dapat disediakan oleh sistem pengawasan video lalu lintas adalah kemampuan untuk menyediakan aplikasi yang efisien dan efektif.

Meskipun kemajuan signifikan telah dibuat di bidang ini, tujuan penting untuk mengembangkan sistem yang efektif dan andal serta mampu berfungsi secara normal dalam situasi waktu nyata yang menuntut belum tercapai. Ini adalah tujuan penting yang harus dicapai agar sistem dianggap berhasil. Sebagai konsekuensinya, tujuan dalam Bab ini adalah untuk mengembangkan sistem bantuan pengemudi yang cerdas untuk mencegah terjadinya kecelakaan. Ada dua varian terpisah dari sistem yang memantau dan merekam video lalu lintas, dan varian-varian ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem keamanan yang terdiri dari kamera yang dipasang secara permanen
2. Sistem pengawasan yang menggunakan kamera yang dapat bergerak dan miring

Tujuan utama dari sistem pengawasan yang menggunakan kamera stasioner adalah untuk menyelidiki kemampuan sistem untuk mengawasi dan mengatur lalu lintas perkotaan untuk melacak kejadian lalu lintas yang dapat menyebabkan kecelakaan. Hal ini dilakukan untuk melacak kejadian lalu lintas yang dapat menyebabkan kecelakaan. Gambar statis yang diambil pada film yang direkam memiliki kualitas yang sangat baik, dan dapat memberikan informasi penting bagi departemen keamanan dan kepolisian jika dianalisis. Indikasi ini mencakup hal-hal seperti plat nomor mobil, waktu tempuh, jalur pergerakan yang ditempuh, wajah pengemudi, dan berbagai detail lainnya. Kamera pengawas bergerak dipasang secara permanen di dalam kendaraan, dan memberikan akses kepada pengemudi ke umpan video berkualitas tinggi dari lalu lintas di sekitarnya selain memberikan peningkatan kinerja di jalan.

Dalam perjalanan dalam Bab ini, kamera statis telah digunakan sebagai alat pilihan untuk menentukan posisi yang tepat dari berbagai gerakan tangan yang digunakan oleh petugas polisi. Metode yang menggunakan kamera bergerak digunakan untuk tujuan mengidentifikasi marka jalan dan sinyal indikator yang terlihat di bagian belakang kendaraan bermotor. Selama ini, mereka yang mempelajari ilmu komputer dan robotika telah lama memimpikan pengembangan mobil yang dapat menavigasi rutenya sendiri tanpa campur tangan manusia. Kendaraan otonom berpotensi memberikan berbagai manfaat bagi masyarakat umum, termasuk menghilangkan kebutuhan pengemudi untuk memperhatikan

jalan dan mendorong pengendaraan yang tenang dan aman. Saat ini, pengemudi diharuskan untuk memperhatikan jalan setiap saat. Tugas sistem bantuan pengemudi adalah memberikan dukungan kepada pengemudi dan, sebagai hasilnya, informasi yang diperlukan secara otomatis kepada orang yang mengemudi demi keselamatan pengemudi itu sendiri, keselamatan kendaraan yang dikendarainya, dan keselamatan lingkungan tempat ia mengoperasikannya.

Rata-rata orang di masyarakat saat ini memiliki pemahaman yang lebih tinggi tentang pentingnya masalah keselamatan jalan, yang merupakan perkembangan yang positif. Salah satu aspek terpenting yang berkontribusi terhadap pengendaraan yang lebih aman adalah kepatuhan terhadap berbagai peraturan dan ketentuan yang mengatur lalu lintas. Sangat penting untuk memiliki kesadaran yang menyeluruh tentang peraturan lalu lintas guna mengurangi kemungkinan terlibat dalam kecelakaan. Berikut ini adalah komponen-komponen undang-undang lalu lintas yang perlu diperhatikan:

- Sinyal tangan yang digunakan oleh personel penegak hukum
- Sinyal lampu lalu lintas dan rambu-rambu di sepanjang rute
- Rambu-rambu jalan dan marka jalur yang ditempatkan secara strategis di sepanjang jalan raya
- Sinyal tangan digunakan oleh pengemudi kendaraan bermotor.
- Batas kecepatan maksimum yang diizinkan secara hukum
- Lampu pada kendaraan yang menunjukkan kondisinya (lampu belakang, lampu rem, lampu sein, dan lampu sorot)

#### **Kebutuhan untuk Dalam Bab**

Peraturan lalu lintas telah ditetapkan di setiap bagian dunia guna mengatur jumlah mobil yang terus meningkat di jalan raya dan untuk mendorong kondisi hidup dan berkendara yang lebih aman. Setiap lokasi geografis memiliki seperangkat aturan dan regulasinya sendiri terkait undang-undang yang mengatur transportasi. Orang yang harus mengemudi dalam waktu lama sering kali merasa terganggu, lelah, dan bosan saat mengemudi. Sebagai akibat dari unsur-unsur ini, kecelakaan cukup sering terjadi, dan tergantung pada keadaannya, kecelakaan bahkan dapat berakibat fatal.

Sebagai akibat langsung dari hal ini, pengembangan mobil tanpa pengemudi kini menjadi fokus utama dari sebagian besar dalam Bab yang dilakukan saat ini. Penyediaan bantuan mengemudi otomatis merupakan peran utama yang diharapkan dapat dimainkan oleh kendaraan otonom. Badan dalam Bab ini dilakukan dengan tujuan untuk merumuskan rencana bagi sistem bantuan pengemudi otomatis. Rencana ini akan menjadi dasar bagi pengembangan kendaraan yang sepenuhnya otonom yang mampu berfungsi di lingkungan lalu lintas. Rencana ini berfokus pada gerakan tangan yang digunakan oleh mereka yang menegakkan undang-undang lalu lintas.

## 5.2 PEKERJAAN TERKAIT

Sejak saat itu hingga saat ini, telah ada banyak sekali kelompok dalam Bab yang meneliti topik tersebut. Dengan menggunakan pendekatan mereka sendiri yang unik, masing-masing organisasi ini telah mencari cara untuk menyelesaikan masalah ini dalam beberapa tahun terakhir. Meskipun pada pandangan pertama, tahapan mendasar menuju solusi tampak sangat jelas dan tidak rumit, cara-cara spesifik yang telah digunakan mengungkapkan bahwa ada berbagai kemungkinan dan banyak sekali konsep. Saat ini, tidak ada satu pun pendekatan solusi yang membedakan dirinya sebagai pemimpin yang tidak dapat disangkal, dan cukup jelas bahwa akan butuh waktu lama sebelum solusi mulai beredar di pasaran. Proses pendeteksian identifikasi rambu jalan melibatkan sejumlah proses, yang terpenting di antaranya adalah langkah-langkah deteksi dan pengenalan.

Selama tahap yang disebut sebagai "deteksi", berbagai kelompok dalam Bab dibagi menjadi tiga kategori utama. Kelompok peneliti pertama sampai pada kesimpulan bahwa warna rambu lalu lintas merupakan informasi penting yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan mengkategorikan berbagai sinyal lalu lintas. Aliran pemikiran kedua menyatakan bahwa rambu lalu lintas dapat dikenali hanya berdasarkan bentuknya, tetapi aliran pemikiran ketiga berpendapat bahwa kombinasi warna dan bentuk merupakan komponen penting dari sistem identifikasi rambu jalan mana pun.

Hasilnya, ada tiga pendekatan dasar untuk mengenali rambu lalu lintas: pengenalan berdasarkan informasi yang diberikan oleh warna, pengenalan berdasarkan informasi yang diberikan oleh bentuk, dan pengenalan berdasarkan informasi yang diberikan oleh warna dan bentuk. Gambar yang digunakan dalam semua artikel yang diteliti adalah gambar yang diambil dari skenario lalu lintas di dunia nyata, dan gambar tersebut cukup mirip dengan foto yang dikumpulkan untuk dalam Bab ini. Dalam hal melakukan tugas deteksi rambu lalu lintas, pendekatan yang digunakan dapat sangat bervariasi, tergantung pada penulisnya. Solusi untuk masalah ini dapat ditemukan dengan menggunakan salah satu dari berbagai macam strategi. Baklouti et al. menggunakan thresholding untuk memisahkan piksel dalam gambar digital menjadi piksel yang membentuk objek dan piksel yang membentuk latar belakang. Pendekatan ini terdiri dari penentuan jarak dalam ruang RGB antara warna piksel dan warna referensi untuk mencapai efek yang diinginkan.

Jarak ini diukur relatif terhadap warna warna referensi. Jika warna piksel yang tidak teridentifikasi cukup dekat dengan warna piksel referensi, maka piksel yang tidak teridentifikasi akan dianggap sebagai piksel objek. Nickel dan Stiefelhagen menyarankan pembuatan algoritma yang dapat mengenali rambu peringatan lalu lintas untuk Berhenti, Menyerah, dan Tidak Memasuki. Ini akan menjadi alat yang berguna. Ini terdiri dari total enam modul berbeda, yang meliputi: segmentasi warna, pelokalan tepi, pembedaan RGB, deteksi tepi, ekstraksi histogram, dan klasifikasi. Penggunaan segmentasi warna terbatas pada pelokalan area tepi merah, proses segmentasi itu sendiri dilakukan dengan cara yang jarang, dan jarak segmentasi antarpiksel ditentukan.

Wu dan Huang menemukan metode untuk menemukan rambu yang mungkin berguna bagi mereka yang buta atau memiliki gangguan penglihatan lainnya. Penulis membuat premis

bahwa rambu terdiri dari dua warna berbeda—satu untuk rambu itu sendiri dan satu lagi untuk teks—dan bahwa batasan rambu ditentukan sebelumnya (persegi panjang, heksagonal). Untuk menemukan wilayah yang relevan dengan hipotesis, algoritma untuk memperluas wilayah digunakan, dan di dalam algoritma ini terdapat serangkaian pengujian yang memilih benih untuk dijadikan titik awalnya.

Corradini mengusulkan metode untuk menentukan identitas rambu jalan yang mencakup pemanfaatan distribusi warna rambu sambil melakukannya dalam kerangka ruang warna XYZ. Mereka membuat peta kesamaan warna dengan menggunakan distribusi warna, yang kemudian dimasukkan ke dalam fungsi gambar model jaringan aktif. Rambu jalan mungkin masih terbebas dari kekacauan meskipun terjat dalam jaringan fungsional selama proses berlangsung. Yoon dan Kuijper menemukan cara untuk mengidentifikasi rambu lalu lintas dengan memasukkan ruang warna HSV dan YUV ke dalam algoritma mereka. Sistem ini dijalankan secara daring dalam dua tahap yang berbeda satu demi satu.

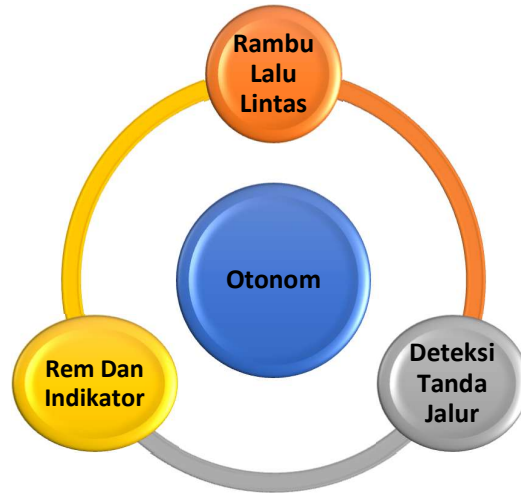
Langkah pertama dari proses ini melibatkan penerjemahan citra RGB ke dalam ruang warna YUV dan kemudian menyamakan histogram saluran Y. Tahap kedua melibatkan pembuatan RGB baru. Ini menyimpulkan langkah pertama dari proses ini. Pada tahap kedua, segmentasi warna dicapai dengan terlebih dahulu mengonversi citra RGB yang dihasilkan pada tahap pertama ke dalam ruang warna HSV dan YUV dan kemudian menerapkan ambang batas yang cukup pada nilai H dan UV. Urutan langkah ini diulang hingga hasil yang diinginkan diperoleh. Ini mengakhiri prosedur. Setelah ini, operasi AND dilakukan, yang menggabungkan dua hasil yang diperoleh sebelumnya.

Stenger mengembangkan sistem visi komputer yang mampu mengenali rambu lalu lintas dan dapat ditempatkan di dalam mobil. Teknologi Stenger dapat digunakan untuk membantu pengemudi tetap aman di jalan. Beberapa pengujian, masing-masing menggunakan jenis rambu jalan yang berbeda, dilakukan untuk mengeksplorasi stabilitas warna saat terpapar berbagai kondisi pencahayaan. Tujuan dari penyelidikan ini adalah untuk menentukan bagaimana warna berubah seiring waktu. Segmentasi dimungkinkan dengan penggunaan ruang warna RGB. Telah ditunjukkan bahwa terdapat perbedaan substansial antara komponen merah, hijau, dan biru, dan bahwa perbedaan ini, jika dipasangkan dengan ambang batas yang sesuai, berpotensi digunakan untuk segmentasi data.

### 5.3 METODOLOGI

Kamera yang dipasang di kendaraan yang dipasang pada kendaraan pintar adalah kamera yang merekam gambar lalu lintas jalan, dan tujuan deteksi rambu lalu lintas adalah mengekstrak area rambu lalu lintas yang diinginkan dari foto lalu lintas jalan yang tersedia saat ini. Namun, kualitas gambar yang diambil mungkin berbeda-beda, tergantung pada lingkungan sekitar. Untuk mengidentifikasi kualitas ini dengan tepat, perlu mengikuti sifat intrinsik rambu lalu lintas, seperti warna dan bentuknya. Dalam area ini, rambu lalu lintas terutama terdiri dari dua komponen: segmentasi rambu lalu lintas berdasarkan ruang warna dan pengenalan rambu lalu lintas berdasarkan atribut bentuk.

- i. Deteksi marka jalan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.1.



**Gambar 5.1** Tujuan dalam Bab yang diusulkan.

### **Sistem Bantuan Pengemudi Cerdas**

Istilah “Sistem Bantuan Pengemudi Cerdas” (IDAS) mengacu pada sistem yang memberikan bantuan kepada pengemudi kendaraan bermotor untuk meningkatkan kenyamanan dan keselamatan. Hal ini dicapai dengan menghadirkan tampilan yang secara ergonomis sesuai dengan lingkungan tempat kendaraan dioperasikan dan dengan mengirimkan indikator peringatan apabila ada situasi yang berpotensi membahayakan di lokasi lalu lintas yang berada di sekitar kendaraan.

Sistem Bantuan Pengemudi, yang juga dikenal sebagai DAS, dimaksudkan untuk membantu pengemudi kendaraan bermotor. Sistem ini melakukannya dengan mengirimkan sinyal, seperti sistem pengereman darurat dan mendeteksi lampu indikator, dengan tujuan untuk memperingatkan pengemudi akan kendaraan yang bergerak, jalan, atau ancaman tersembunyi apa pun. Demi kepentingan terbaik pengemudi, tetaplah memperhatikan kendaraan lain yang bergerak, karena hal itu akan mengurangi jumlah kecelakaan yang melibatkan mobil yang bergerak.

Lebih dari 1,2 juta orang terbunuh dan 50 juta orang lainnya terluka dalam kecelakaan lalu lintas setiap tahun, sebagaimana dilaporkan oleh Organisasi Kesehatan Dunia (WHO). Oleh karena itu, salah satu prioritas utama pemerintah dan penduduk di seluruh dunia adalah memastikan bahwa orang-orang yang bepergian di jalan raya melakukannya dengan aman. Indonesia memiliki jumlah kecelakaan lalu lintas tertinggi di antara negara mana pun di dunia. Hal ini sebagian besar disebabkan oleh semakin banyaknya mobil yang dikendarai di jalan raya negara tersebut serta tingkat kemacetan yang terus meningkat.

Sistem bantuan pengemudi yang canggih dirancang untuk membuat setiap orang di dalam kendaraan, termasuk pengemudi, lebih aman dengan mengomunikasikan informasi tentang kendaraan kepada pengemudi dan penumpang di dalam kendaraan. Sistem bantuan pengemudi yang cerdas menggabungkan berbagai teknologi yang meningkatkan keselamatan, seperti lampu listrik, yang memulai debutnya pada tahun 1898 pada mobil Columbia Electric, dan lampu sein, yang memulai debutnya pada tahun 1907.

Kedua inovasi ini terintegrasi dalam sistem. Kedua kemajuan ini muncul sebagai hasil dari upaya untuk membuat mengemudi menjadi aktivitas yang lebih aman. Pada tahun 1920an, para ahli medis pertama kali mulai berkampanye agar sabuk pengaman dipasang di mobil sebagai metode untuk melindungi penumpang dari cedera. Pada tahun 1960an, sekelompok peneliti yang bekerja sama menciptakan prototipe untuk apa yang kemudian dikenal sebagai sistem kantung udara.

Di sisi lain, butuh waktu tambahan 20 dan 30 tahun bagi Amerika Serikat dan Eropa, masing-masing, untuk menjadikannya standar industri. Pada tahun 1978, Bosch dan Mercedes-Benz adalah perusahaan pertama yang membuat teknologi sistem pengereman anti-lock (ABS) mereka dapat diakses oleh masyarakat umum pada mobil komersial. Selama 15 tahun terakhir, para peneliti telah membuat langkah signifikan dalam mengembangkan sistem cerdas yang mampu mengantisipasi kondisi yang berpotensi membahayakan dan membuat prediksi akurat tentang kecelakaan.

Mereka menyebutnya sebagai *Advanced Driver Assistance System (ADAS)*, yang berarti membantu pengemudi dalam arti memberikan peringatan, membantu dalam membentuk penilaian, dan bahkan melakukan manuver mengelak secara otomatis saat diperlukan dalam situasi ekstrem. Sistem ini berbeda dari teknologi keselamatan generasi sebelumnya karena selain menerima sinyal mekanis atau fisik dari kendaraan tempat sistem ini dipasang, sistem ini juga mampu, meskipun pada tingkat yang lebih rendah, memahami lingkungan di luar kendaraan tempat sistem ini dipasang. ADAS memiliki berbagai macam aplikasi, yang meliputi antarmuka manusia-mesin, identifikasi objek, deteksi kendaraan, pelacakan, dan bantuan peringatan.

Aplikasi lainnya meliputi antarmuka manusia-mesin, identifikasi objek, dan deteksi kendaraan. Tahun 1986 menyaksikan pengembangan sistem mengemudi jalan raya otonom oleh kelompok yang dipimpin oleh E. Dickmanns, yang menandai dimulainya bidang ADAS. Mereka memamerkan sistem yang mampu mengemudi melalui jalan yang terhalang dengan kecepatan hingga 59 mil per jam (96 km per jam) menggunakan kamera, prosesor gambar sederhana, dan penyaringan Kalman. Sistem ini diperlihatkan kepada kami. Saat ini, berbagai teknologi bantuan pengemudi canggih telah masuk ke pasar komersial dan dapat ditemukan dalam teknologi visi komputer. Beberapa teknologi ini termasuk sistem parkir otomatis dan peringatan keluar jalur. Penggunaan teknologi ini akan memungkinkan untuk membangun sistem bantuan pengemudi yang canggih. Sistem Mengemudi Otonom (IDAS) yang menggunakan pengawasan video lalu lintas untuk mengidentifikasi gerakan polisi lalu lintas, mendeteksi sinyal indikasi kendaraan, dan memberikan peringatan marka jalur dalam sistem pemandangan lalu lintas.

### **Identifikasi Wilayah dengan Isyarat Tangan Polisi Lalu Lintas**

Manajemen lalu lintas di jalan raya merupakan tugas yang menantang dan semakin banyak dibantu oleh teknologi otomatis. Sistem semacam ini mulai lebih sering muncul. Pembentukan aturan dan regulasi lalu lintas dilakukan dengan tujuan untuk memungkinkan pergerakan kendaraan bermotor yang aman dan tertib di sepanjang jalan raya. Inilah tujuan dari aturan dan regulasi yang ditetapkan.

Selain itu, aturan dan undang-undang yang mengatur lalu lintas tidak hanya ditujukan untuk pengendara yang mengemudikan kendaraan di jalan; aturan dan undang-undang tersebut juga dibuat untuk pejalan kaki, pengendara sepeda, pengendara sepeda motor, dan orang lain yang menggunakan jalan raya. Pengetahuan yang benar tentang aturan lalu lintas memiliki kemampuan untuk mengurangi jumlah kecelakaan yang terjadi dan, sebagai konsekuensinya, memudahkan pembentukan sistem transportasi yang aman dan terorganisasi dengan baik di seluruh negara kita. Dalam lingkungan di mana isyarat tubuh manusia digunakan untuk tujuan mengendalikan lalu lintas, pengemudi wajib mengikuti instruksi yang diberikan kepada mereka oleh petugas polisi lalu lintas. Dalam upaya untuk membuat berkendara menjadi usaha yang lebih aman bagi pengendara, para peneliti memfokuskan upaya mereka pada pengembangan metode yang dapat secara otomatis mengenali isyarat tangan yang digunakan untuk manajemen lalu lintas.

Ketika teknologi ini digunakan dalam kombinasi dengan sistem kontrol polisi lalu lintas, pengontrol lalu lintas manusia mampu menganalisis arus lalu lintas dalam jangkauan visual di sekitar persimpangan lalu lintas. Jangkauan ini mencakup area di sekitar persimpangan. Instruksi untuk mengendalikan lalu lintas dapat dipecah menjadi tiga kategori berbeda, yang meliputi "hentikan semua mobil di setiap arah jalan," "hentikan semua kendaraan di depan dan di belakang petugas polisi lalu lintas," dan "hentikan semua kendaraan di sebelah kanan dan di belakang petugas polisi lalu lintas."

Setiap kategori ini berisi instruksi khusus untuk mengendalikan lalu lintas. Setiap isyarat tangan untuk lalu lintas ini dibuat dengan menggabungkan lengan yang menunjuk ke berbagai arah yang berbeda. Ada total 12 isyarat tangan lalu lintas Indonesia yang dapat dibuat menggunakan berbagai jenis perintah kontrol. Tabel berikut memberikan penjelasan dari masing-masing dari 12 isyarat tangan yang digunakan oleh polisi selama penghentian lalu lintas. Kendala paling signifikan yang harus diatasi dalam teknologi visi komputer untuk pengawasan video manusia dan lalu lintas adalah pengembangan sistem untuk mendeteksi dan mengidentifikasi area isyarat.

Teknologi ini mampu mengenali dan menangkap berbagai gerakan tangan yang berbeda. Sasaran utamanya adalah menciptakan pengenalan isyarat tangan yang dapat digunakan dalam rekaman karyawan polisi lalu lintas dengan memanfaatkan cara-cara yang sudah mapan untuk menegakkan hukum polisi lalu lintas. Rekaman ini dapat digunakan untuk meningkatkan keselamatan lalu lintas. Dalam beberapa tahun terakhir, kemampuan mengenali isyarat tangan menjadi semakin penting bagi anggota kepolisian. Meningkatnya volume lalu lintas yang dapat terlihat di jalan-jalan metropolitan terutama bertanggung jawab atas fenomena ini.

Tujuannya adalah untuk menciptakan sistem pengawasan lalu lintas yang memanfaatkan teknik visi komputer untuk mengenali manusia, area isyarat tangan, dan isyarat tangan itu sendiri dalam film yang telah dikumpulkan secara khusus untuk tujuan mengenali isyarat tangan tersebut. Sistem ini akan dibangun dengan tujuan mengenali isyarat tangan tersebut. Mengenali gerakan tangan tersebut merupakan tujuan dari upaya ini dalam jangka panjang. Tabel 5.1 menunjukkan atribut isyarat tangan polisi lalu lintas.

**Tabel 5.1** Isyarat tangan polisi lalu lintas.

$A_1, A_2, A_{12}$	Arti tindakan isyarat tangan
A1	Untuk memulai satu sisi kendaraan
A2	Untuk menghentikan kendaraan yang datang dari depan
A3	Untuk menghentikan kendaraan yang mendekat dari belakang
A4	Untuk menghentikan kendaraan yang mendekat secara bersamaan dari depan dan belakang
A5	Untuk menghentikan kendaraan yang datang secara bersamaan dari kanan dan kiri
A6	Untuk memulai kendaraan mendekat dari kiri
A7	Untuk memulai kendaraan datang dari kanan
A8	Untuk mengubah tanda
A9	Untuk memulai satu sisi kendaraan
A10	Untuk menyalakan kendaraan di titik T
A11	Untuk memberi hormat VIP
A12	Untuk mengelola kendaraan di titik T

Sebagai hasil langsung dari hal ini, tujuan utama dari upaya ini adalah untuk:

Tentukan identitas individu yang ditampilkan dalam rangkaian video pasukan polisi lalu lintas yang berlangsung di sepanjang jalan raya. Gerakan tangan manusia yang alami dan intuitif telah menjadi faktor motivasi yang besar bagi para peneliti untuk mengerahkan upaya mereka dalam dalam Bab dan mengembangkan cara interaksi yang paling menjanjikan antara manusia dan komputer. Para peneliti telah mengerahkan upaya mereka dalam dalam Bab dan mengembangkan cara interaksi yang paling menjanjikan antara manusia dan komputer. Teknik interaksi yang paling menjanjikan antara manusia dan komputer telah ditetapkan—berkat upaya para peneliti yang menginvestasikan waktu dan energi mereka dalam dalam Bab.

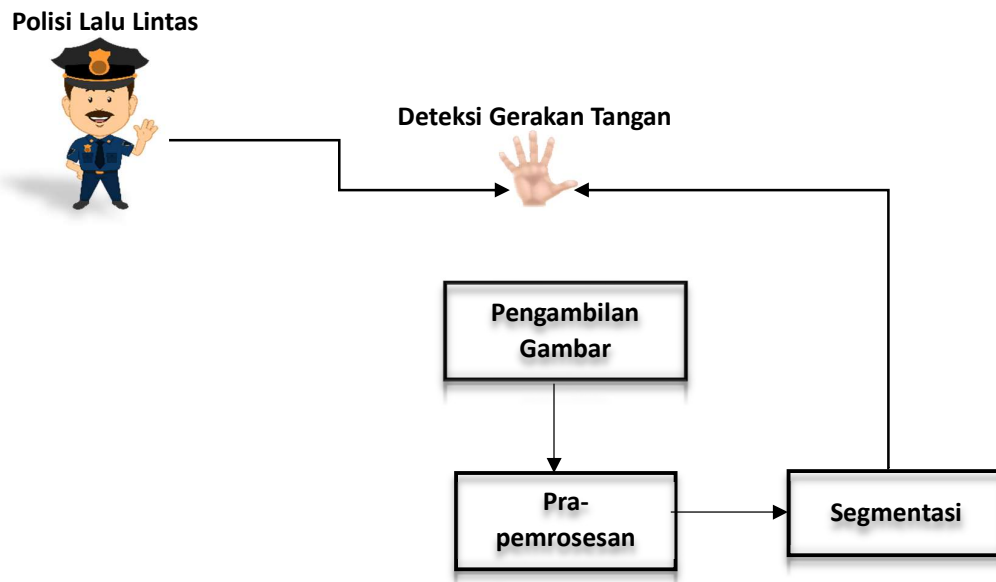
Melalui penyelidikan dan penciptaan pendekatan baru, para peneliti telah memfokuskan upaya mereka pada pembentukan cara yang paling produktif bagi manusia dan komputer untuk terhubung satu sama lain. Untuk lebih tepatnya, berbagai macam gerakan sangat membantu dalam mencerminkan berbagai sinyal komunikasi yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan tertentu. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa tugas yang berbeda memerlukan sinyal komunikasi yang berbeda. Sebagai hasilnya, berbagai jenis gerakan menjadi alat yang sangat berharga untuk berkomunikasi satu sama lain. Sebagai akibat langsung dari hal ini, tujuan kedua dari kumpulan karya ini adalah untuk memanfaatkan teknologi visi komputer yang telah diciptakan dari gerakan isyarat dinamis untuk membagi area isyarat tangan dari undang-undang polisi lalu lintas.

Meskipun mungkin ada sejumlah komponen berbeda yang ada, gerakan isyarat akan dianggap mencakup semua informasi lokal yang relevan yang relatif terhadap lokasi isyarat. Kemampuan untuk memahami gerakan isyarat adalah satu-satunya kemampuan terpenting yang harus dimiliki seseorang untuk mengenali hukum tangan yang digunakan oleh polisi lalu lintas. Oleh karena itu, tujuan akhir dari pendekatan ini adalah untuk mengekstrak dari area isyarat manusia yang telah dibagi lagi menjadi komponen-komponen yang akan memungkinkan mesin untuk memahami signifikansi gerakan tersebut.

Prosedur ini berlangsung selama evaluasi identifikasi isyarat. Investigasi yang telah dilakukan pada subjek klasifikasi pola telah menghasilkan produksi berbagai contoh berbeda dari pengklasifikasi tipikal. *Support Vector Machines (SVM)*, *Decision Trees*, *Random Forests*, dan *Naive Bayes* adalah beberapa contoh dari jenis model ini. Sebagai akibat langsung dari hal ini, tujuan akhir dari sistem pengenalan gestur adalah memilih model klasifikasi dan kemudian memasukkan fitur yang dipulihkan ke dalam pengklasifikasi yang digunakan oleh sistem. Pengenalan gestur tangan manusia merupakan pekerjaan tersulit yang terlibat dalam pemrosesan video. Hal ini dikarenakan pengenalan gestur memungkinkan komputer untuk mendeteksi, mengenali, dan memahami gestur tangan pengguna untuk berkomunikasi dengan beragam pilihan antarmuka mesin manusia. Inilah alasan utama mengapa pengenalan gestur sangat berharga.

Tindakan gestur polisi lalu lintas merupakan alat komunikasi penting untuk memastikan bahwa pengemudi dapat mengoperasikan mobil mereka dengan aman saat menghadapi kesulitan lalu lintas. Tujuan pengenalan gestur adalah untuk mengkategorikan berbagai aturan tindakan yang terkait dengan gestur, kemudian menetapkan nama kategori yang memiliki semacam konotasi yang terkait dengannya. Berikut ini adalah ringkasan dari masalah utama yang dihadapi oleh sistem pengenalan gerakan yang digunakan oleh polisi lalu lintas dalam pengaturan lingkungan lalu lintas:

- *Memperoleh Informasi dengan Kamera:* Di lingkungan perkotaan, kamera tetap diposisikan di persimpangan yang ramai untuk mengumpulkan video. Video-video ini dikumpulkan dengan memanfaatkan kamera. Semua tindakan yang terjadi di sana direkam oleh kamera ini setiap saat. Teknologi visi komputer mampu memisahkan personel tertentu dari lembaga penegak hukum yang hadir dalam skenario video lalu lintas. Hal ini dimungkinkan bahkan ketika latar belakang selalu berubah. Hal ini dilakukan dalam berbagai macam pengaturan dan keadaan.



**Gambar 5.2** Tantangan untuk pengenalan aturan gestur.

- *Transformasi Gestur*: Gestur dapat diartikulasikan dalam tangan, lengan, atau tubuh manusia; gestur juga dapat berupa gerakan kepala, wajah, atau mata seseorang, seperti mengedipkan mata, mengangguk, atau memutar mata. Gestur juga dapat diekspresikan dalam tangan, lengan, atau tubuh manusia. Gestur juga dapat diartikulasikan dalam tangan, lengan, atau tubuh manusia. Hewan juga mampu mengekspresikan gerakan di dalam tubuh mereka. Dalam situasi yang melibatkan lalu lintas, sangat sulit untuk membedakan gerakan tubuh manusia dari gerakan gestur karena aktivitas gestur dinamis yang terjadi dalam kondisi seperti ini.
- *Pengenalan Dilakukan Melalui Gestur dalam Budaya*: Aturan yang digunakan polisi lalu lintas untuk berkomunikasi melalui gestur memiliki dampak yang mendalam pada cara pengemudi diharapkan berinteraksi satu sama lain. Peraturan lalu lintas sendiri bervariasi, seperti yang dapat ditunjukkan pada Gambar 5.2, meskipun faktanya rotasi isyarat tangan yang digunakan oleh polisi lalu lintas identik satu sama lain. Ketidakmampuan untuk mengenali norma isyarat lalu lintas yang cukup konsisten di sejumlah kondisi lalu lintas merupakan kendala utama yang harus diatasi. Ada banyak skenario lalu lintas yang berbeda.

#### **Identifikasi Lampu Rem dan Indikator Kendaraan**

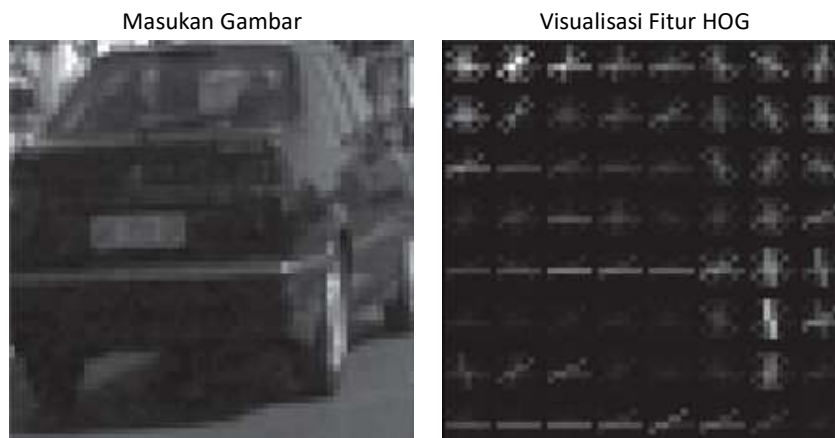
Dalam Bab tentang sistem kendaraan otonom telah menjadi salah satu sektor dengan tingkat peningkatan terbesar dalam beberapa tahun terakhir. Hal ini mungkin disebabkan oleh peran vitalnya dalam menjaga keselamatan pengemudi. Sangat penting untuk mengawasi perilaku kendaraan lain dan memahami dengan baik bagaimana mereka berinteraksi satu sama lain dalam skenario lalu lintas yang umum agar dapat berkendara dengan aman dan sukses. Selama proyek ini berlangsung, video akan direkam di dalam mobil dengan bantuan kamera yang akan ditinggalkan secara permanen di dalam mobil. Dalam situasi yang melibatkan lalu lintas jalan raya, karakter dalam film ini mendapatkan informasi penting tentang mobil yang melaju di depan mereka. Lampu rem, indikator di sisi kiri kendaraan, dan indikator di sisi kanan mobil adalah tiga jenis lampu otomotif yang paling sering digunakan pengemudi.

Dalam kerangka lingkungan lalu lintas, kendaraan yang mengikuti di belakang diharapkan untuk mematuhi instruksi lampu kendaraan yang bergerak di depan. Hal ini berlaku baik lampu dinyalakan maupun tidak. Banyak informasi penting, seperti nomor plat kendaraan, simbol kendaraan, dan lampu kendaraan, sering kali ditampilkan di bagasi atau tutup bagasi mobil. Seperti yang dapat dilihat pada gambar, logo kendaraan dan plat nomor mobil keduanya berpotensi memberikan informasi yang dapat digunakan untuk mengonfirmasi dan mengidentifikasi kendaraan.

Merah adalah warna yang digunakan untuk setiap lampu indikator yang terlihat pada mobil, dan masing-masing memiliki tampilan tersendiri. Misalnya, lampu sein kiri dan kanan pada kendaraan yang berbelok memiliki desain yang berbeda dari lampu rem yang terlihat pada kendaraan yang berhenti. Lampu kendaraan diposisikan sedemikian rupa sehingga berada di tengah sudut kiri dan kanan kendaraan, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5.3.

Mendeteksi rem dan indikator mobil sangat penting untuk menjaga lingkungan berkendara yang aman, dan pekerjaan yang disajikan di sini menunjukkan pendekatan baru untuk menyelesaikan pekerjaan yang ada. Mengenali rambu kendaraan yang bergerak di depan seperti lampu sein dan lampu rem secara akurat dan andal merupakan hal yang sangat penting, terutama untuk aplikasi yang bergantung pada penglihatan untuk pengawasan lalu lintas.

Meningkatnya jumlah kendaraan menimbulkan berbagai tantangan, termasuk yang berkaitan dengan kontrol dan manajemen lalu lintas, masalah parkir, tingkat kecelakaan, dan berbagai masalah lainnya. Hal ini dilakukan agar metode komputer dapat digunakan untuk membangun sistem pengawasan lalu lintas yang mampu mengenali kendaraan dan sinyal kendaraan, serta melakukan pelacakan dan pengenalan dalam urutan video yang telah direkam. Alasannya adalah agar metode komputer dapat digunakan untuk membangun sistem pengawasan lalu lintas. Sebagai konsekuensinya, tujuan utama dari pekerjaan yang diusulkan adalah mengenali kendaraan yang ada di lingkungan jalan melalui keseluruhan urutan video lalu lintas.



**Gambar 5.3** Fitur kendaraan.

Sangat penting bagi kendaraan untuk dilengkapi dengan sistem bantuan pengemudi yang dapat membaca indikator lampu saat kendaraan sedang melaju. Dalam bidang teknik visi komputer, segmentasi warna merupakan strategi yang sering digunakan. Sebagai konsekuensinya, tujuan kedua dari rangkaian karya ini adalah untuk melakukan segmentasi lampu kendaraan menggunakan teknik segmentasi warna dan menemukan zona lampu kendaraan di dalam mobil.

Rangkaian video yang menampilkan mobil memberikan penjelasan tentang indikator yang berbeda di setiap bingkai rangkaian. Indikator ini dapat diamati dalam berbagai keadaan lalu lintas yang berbeda. Dalam hal mengemudi secara otonom, identifikasi yang benar dan transmisi informasi lampu yang berkelanjutan dari mobil diperlukan. Sebagai konsekuensinya, tujuan ketiga adalah untuk mengembangkan algoritma untuk memantau mobil yang mampu memperoleh data tentang fungsi rem dan lampu sein. Telah ditunjukkan oleh sejumlah besar akademisi bahwa bidang pengembangan teknik otomatis untuk ekstraksi karakteristik video

merupakan subjek yang sedang berkembang pesat. Oleh karena itu, tujuan keempat adalah mengekstrak elemen baru dan berguna dari setiap potret kendaraan sehingga representasi tentang bagaimana lampu mobil dapat dihasilkan.

Sebagai kesimpulan, algoritme identifikasi sangat bergantung pada banyaknya properti cahaya yang dimiliki kendaraan. Berbagai macam pengklasifikasi konvensional dapat ditemukan dalam dalam Bab yang telah dilakukan pada klasifikasi pola. Sebagai konsekuensinya, tujuan akhir dari pekerjaan yang telah dijelaskan adalah untuk mengetahui model pengklasifikasi mana yang akan dapat mengenali lampu rem dan lampu sein kendaraan. Saat Anda berada di belakang kemudi mobil di jalan raya, mengawasi lampu rem dan lampu sein dapat menjadi tugas yang menantang. Ini karena ada sejumlah faktor yang dapat memengaruhi cara Anda melihatnya, termasuk perubahan latar belakang, jumlah pencahayaan, dan lokasi mobil. Memantau dan mengkategorikan berbagai lampu sein yang muncul dalam rangkaian video lalu lintas merupakan hal yang sangat penting. Lampu-lampu ini berfungsi sebagai sinyal peringatan untuk membantu mencegah tabrakan di masa mendatang, sehingga pemantauan dan pengkategorian lampu-lampu ini sangat penting. Ringkasan berikut memberikan gambaran umum tentang beberapa kesulitan yang terkait dengan sistem identifikasi lampu kendaraan.

- ❖ **Akuisisi Kamera:** Bagian pelatihan ini terdiri dari kamera bergerak yang ditempatkan di lokasi lalu lintas jalan raya. Selama bagian kelas ini, kamera memperoleh rekaman. Dalam video yang diambil, mobil tampak melaju sangat cepat, yang menjelaskan mengapa gambar dari kamera kabur.
- ❖ **Posisi Kendaraan:** Film yang diambil diambil saat mobil diposisikan dalam situasi lalu lintas jalan raya. Hal ini ditunjukkan oleh fakta bahwa film tersebut direkam. Saat berkendara di jalan raya, Anda mungkin menjumpai sejumlah besar mobil yang bergerak ke berbagai arah, serta objek dan orang lain yang mungkin melewati Anda. Mengingat fakta ini, mungkin sulit untuk mengenali kendaraan tertentu dalam skenario seperti yang sedang kita alami saat ini.
- ❖ **Ada kemungkinan bahwa rangkaian video tertentu akan menyertakan mobil yang bergerak dan objek lain di latar belakang.** Rangkaian video yang dikompilasi ini dapat menyertakan mobil yang bergerak atau benda lain di latar belakang pada jarak yang bervariasi, yang menambah tingkat kesulitan ekstra.
- ❖ **Variasi Pencahayaan:** Ada kemungkinan bahwa model latar belakang tidak akan dapat menyesuaikan dengan variasi pencahayaan halus yang terjadi di beberapa skenario lalu lintas. **Warna Kendaraan:** Jika kendaraan berwarna merah, maka sulit menentukan rem kendaraan dan lampu indikator seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.4.



**Gambar 5.4** Tantangan untuk deteksi cahaya kendaraan.

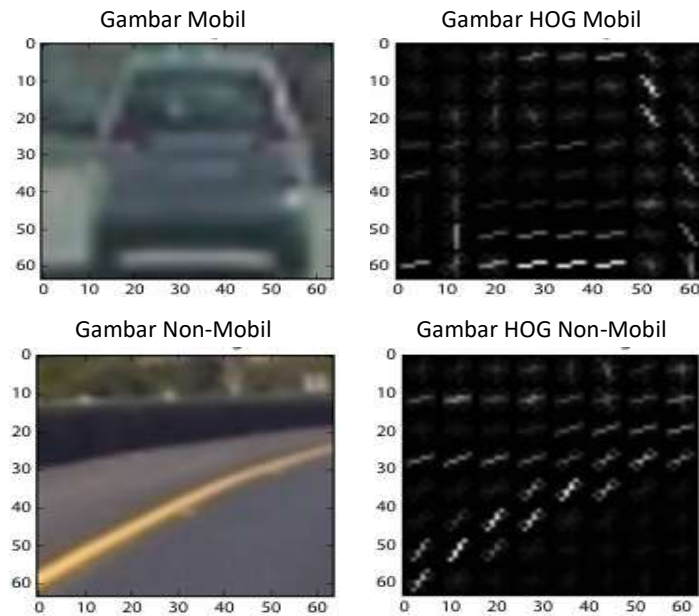
#### 5.4 DETEKSI ZONA NAVIGASI

Zona navigasi jalan sering ditemukan di ruang di antara lajur jalan. Hal ini terutama berlaku dalam konteks pengaturan jalan raya; karenanya, marka lajur dan arah jalan merupakan komponen penting dari navigasi otonom. Frasa "jaringan jalan" dapat merujuk pada infrastruktur jalan yang sebenarnya atau banyak sistem kontrol yang ada untuk perjalanan kendaraan bermotor. Kecelakaan yang disebabkan oleh kesulitan lalu lintas menjadi lebih umum di dunia saat ini sebagai akibat dari meningkatnya jumlah mobil di jalan dan pengemudi yang mengabaikan peraturan yang mengatur praktik mengemudi yang aman.

Di masa lalu, kecelakaan yang disebabkan oleh kesulitan lalu lintas jauh lebih jarang terjadi. Garis lajur di jalan mungkin merupakan indikasi utama atau satu-satunya yang memungkinkan pengemudi melaju dengan aman dalam situasi seperti kabut tebal, kabut, atau ketika lampu peringatan mobil yang mendekat menyebabkan pengemudi kehilangan penglihatannya. Tujuan dasar dari sistem bantuan pengemudi adalah sistem peringatan keluar jalur (LDWS), pengenalan marka jalan, sistem bantuan perubahan jalur (LCAS), dan Sistem Pemeliharaan Jalur (LMS). Marka jalan dan petunjuk pada marka jalan mungkin memiliki berbagai konotasi berbeda berdasarkan lokasinya di jalan. Gambar 5.5 memberikan ilustrasi tentang makna utama yang ada di balik berbagai rambu jalan. Jika Anda ingin mengemudi dengan cara yang tidak hanya berhasil tetapi juga aman, sangat penting untuk memperhatikan garis jalur di jalan dan memahami bagaimana garis jalur tersebut berinteraksi satu sama lain.

Dalam hal pembuatan sistem bantuan pengemudi, klasifikasi marka jalur merupakan salah satu aspek terpenting yang harus dipertimbangkan. Karena tujuan utama dari metode yang diusulkan adalah untuk mengklasifikasikan marka jalur jalan, seperti ekstraksi area jalan dan pengenalan wilayah marka jalur, karakteristiknya harus lebih tahan terhadap berbagai lingkungan jalan. Ini karena tujuan utama metode ini adalah untuk mengklasifikasikan marka jalur jalan. Ketika sebuah kendaraan melaju di depan kendaraan lain, wilayah jalan yang dilalui kendaraan tersebut selalu berada di depan kendaraan dan tidak terlalu jauh dari mobil pada saat itu. Tidak mengherankan jika informasi yang tersedia di lokasi pinggir jalan lebih luas.

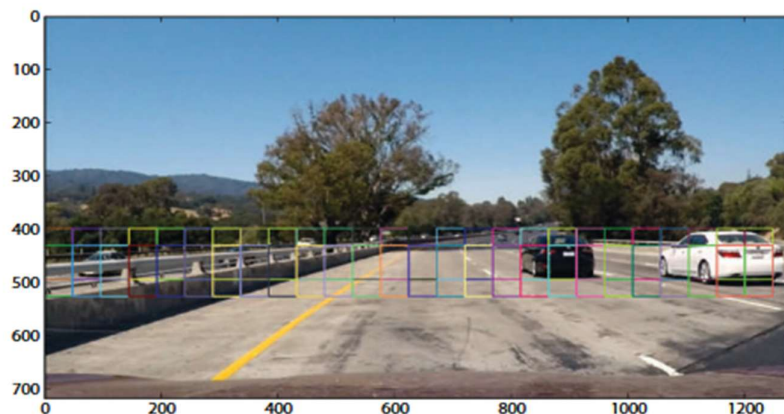
Sebagai konsekuensinya, tujuan utama dari karya ini adalah untuk memanfaatkan teknik *region of interest* (ROI) guna menemukan dan mengekstrak area jalan dari lingkungan jalan.



**Gambar 5.5** Marka jalan di sepanjang jalan.

Penggambaran, identifikasi, dan klasifikasi informasi marka jalan yang akurat sangat penting sebelum melanjutkan analisis. Hal ini diperlukan untuk melanjutkan proses. Sebagai konsekuensinya, tujuan kedua adalah mengidentifikasi marka jalan dan mengidentifikasinya dari area jalan lainnya.

Fitur jalan dapat digunakan untuk merekam marka jalan dalam rangkaian video lalu lintas, yang merupakan sumber informasi yang berguna. Hal ini dapat dilakukan dengan bantuan kamera. Menurut aliran pemikiran ini, fitur dapat dilihat sebagai komponen ekspresif yang berasal dari marka jalan. Sebagai konsekuensinya, tujuan ketiga adalah mengekstraksi elemen marka jalan dari setiap foto area jalan sehingga representasi marka jalan dapat dibuat.



**Gambar 5.6** Marka lajur jalan yang terpengaruh oleh bayangan.



**Gambar 5.7** Marka lajur jalan yang terpengaruh oleh pencahayaan rendah.

Banyak akademisi telah menunjukkan bahwa pembuatan sistem otomatis untuk menetapkan kategori ke rangkaian video merupakan topik dalam Bab yang menarik, dan mereka telah melakukannya dengan berbagai cara. Banyak pengklasifikasi konvensional, seperti SVM dan model Markov tersembunyi (HMM), telah dikembangkan sebagai hasil dalam Bab yang telah dilakukan pada klasifikasi video (HMM). Sebagai konsekuensinya, tujuan akhir adalah memilih model klasifikasi dan menentukan jenis marka jalur dan arah yang akan digunakan.

Salah satu komponen dasar navigasi kendaraan otonom adalah kategorisasi berbagai marka jalur yang muncul di jalan. Dalam dunia yang sempurna, garis yang menggambarkan jalur lalu lintas akan berwarna putih, dan trotoar akan berwarna hitam. Saat mengidentifikasi jalur yang memiliki marka, faktor-faktor berikut perlu dipikirkan dan diperhitungkan.

Kondisi pencahayaan yang bervariasi mungkin terjadi, di mana tingkat pencahayaan lingkungan jalan di sekitarnya bervariasi tergantung pada faktor-faktor seperti waktu, cuaca, dan ada atau tidaknya bayangan. Jenis pencahayaan ini dapat berbahaya bagi pengemudi karena mempersulit penilaian jarak di jalan. Hal ini mungkin akan berdampak pada kualitas rangkaian video yang ditangkap. Gambar 5.6 mengilustrasikan dampak bayangan terhadap keterbacaan penanda lajur jalan.

Tingkat pencahayaan yang sangat rendah: Rangkaian video yang direkam memiliki tingkat pencahayaan yang sangat rendah, dan permukaan jalan yang berkelok-kelok sangat sulit dikendalikan. Gambar 5.7 mengilustrasikan bagaimana pencahayaan yang tidak tepat dapat memengaruhi visibilitas penanda jalur jalan.

## 5.5 KESIMPULAN

Tujuan dari pekerjaan yang sedang dilakukan dalam proyek dalam Bab ini adalah untuk membuat sistem kendaraan otonom dengan maksud untuk mencapai deteksi dan identifikasi rangkaian video lalu lintas yang efektif. Inilah tujuan dari pekerjaan yang sedang dilakukan saat ini. Dengan menggunakan pendekatan ini, kami dapat menyelesaikan masalah yang tercantum di bawah ini.

Pengenalan Gerakan Tangan untuk Penggunaan Penegakan Hukum dalam Lalu Lintas: Tujuan dari dalam Bab yang akan diberikan adalah untuk menemukan solusi untuk masalah pengenalan gerakan untuk peraturan lalu lintas yang ditampilkan dalam rangkaian video. Mungkin sulit untuk mengenali manusia dalam rangkaian video karena rumitnya tubuh manusia. Studi ini memanfaatkan informasi yang terkait dengan area isyarat untuk membangun sistem yang mampu mengenali gerakan isyarat. Hal ini dilakukan karena gerakan memegang peranan penting dalam fungsi tubuh manusia. Misalnya, saat lalu lintas padat, pengemudi akan memperhatikan polisi lalu lintas dengan saksama karena informasi yang dikirim oleh gerakan polisi adalah yang paling penting. Oleh karena itu, pekerjaan yang telah dilakukan hingga saat ini untuk membuat sistem pengenalan aturan isyarat untuk digunakan oleh polisi lalu lintas meliputi langkah-langkah berikut:

- ✓ Identifikasi manusia
- ✓ Pembagian area isyarat yang digunakan oleh polisi dalam situasi lalu lintas
- ✓ Ekstraksi karakteristik intensitas blok kumulatif dari bagian area isyarat yang bergerak ke arah tertentu
- ✓ Pemahaman terhadap isyarat tangan yang digunakan oleh polisi dalam situasi lalu lintas

Deteksi Kendaraan dan Pengenalan Indikator Kendaraan: Pekerjaan yang direkomendasikan ini membahas tantangan deteksi kendaraan dan pelacakan lampu kendaraan untuk mobil otonom dengan menganalisis urutan video lalu lintas. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan keselamatan dan efisiensi.

Merupakan tantangan yang menantang untuk mengkategorikan mobil yang bergerak dengan benar ketika lingkungan di sekitar lokasi lalu lintas sangat kompleks. Selain itu, pemisahan lampu kendaraan merupakan karakteristik penting lainnya yang menonjol di antara komponen mobil lainnya. Sistem pelacakan lampu kendaraan otomatis merupakan sistem yang sangat menarik karena fakta bahwa kendaraan yang bergerak memperlihatkan serangkaian lampu rem dan indikator. Sebagai konsekuensinya, pekerjaan yang diberikan menawarkan sebuah metode untuk mengenali lampu indikator dan rem yang terlihat pada mobil.

Berbagai Jenis Marka Jalan dan Klasifikasinya: Topik investigasi untuk dalam Bab yang telah diusulkan adalah identifikasi dan klasifikasi marka jalan untuk digunakan dalam sistem transportasi cerdas. Penghapusan kebisingan dari lingkungan jalan merupakan langkah yang sangat penting karena adanya kebisingan di lingkungan jalan. Bergantung pada kondisi jalan, mungkin sulit untuk mengenali marka jalan. Sebagai konsekuensinya, klasifikasi marka lajur dan arah marka lajur dalam rangkaian video bekerja menuju tujuan-tujuan berikut untuk mencapainya:

- Ekstraksi area jalan
- Penggambaran lajur jalan untuk tujuan identifikasi
- Ekstraksi atribut dari marka lajur jalan untuk meningkatkan keselamatan berkendara
- Pengembangan metode untuk pengaturan marka lajur jalan dan arah marka lajur

## **BAB 6**

### **DRONE BERTENAGA AI UNTUK LAYANAN KESEHATAN**

Teknologi modern semakin lazim digunakan dalam semua prosedur untuk meningkatkan standar hidup masyarakat. Seiring dengan kemajuan teknologi dalam industri layanan kesehatan, teknologi canggih telah membuka jalan bagi semua industri dari waktu ke waktu. Penggunaan teknologi dalam layanan kesehatan semakin meluas, mulai dari sekadar tampil di layar untuk pengujian laboratorium. Banyak orang tinggal di tempat-tempat terpencil, yang tidak memiliki akses ke layanan kesehatan dasar, sehingga layanan kesehatan dapat diakses melalui obat-obatan, vaksinasi, darah, dan pengambilan sampel untuk analisis. Drone adalah kendaraan udara tak berawak (UAV).

Penggunaan umum untuk pendekatan ini mencakup situasi di mana penggunaan pesawat yang dipiloti manusia menimbulkan bahaya yang signifikan atau ketika tidak praktis untuk menggunakan pesawat manusia. Drone dapat dengan cepat membawa obat-obatan, perlengkapan, dan vaksinasi ke lokasi yang membutuhkan, sehingga mengakhiri alih daya penyakit menular yang mematikan. Drone dapat digunakan untuk bantuan bencana dan administrasi. Umpan video langsung dari area yang terkena dampak dapat disediakan. Ada beberapa tempat yang sulit dijangkau karena jalur yang berbahaya dan tempat lain yang memiliki lalu lintas padat atau infrastruktur transportasi yang buruk, tetapi untuk beberapa operasi, drone dianggap cukup.

Konsumen dan sistem perawatan kesehatan mendapatkan keuntungan dari perspektif baru yang dibawa oleh drone. Penggerak utama adopsi drone adalah kemajuan teknologi, meningkatnya investasi, dan bantuan dari pemerintah. Dalam hal yang sama, variabel-variabel ini juga diantisipasi untuk meningkatkan distribusi barang dan layanan perawatan kesehatan di daerah pedesaan. Ini memiliki beberapa keuntungan potensial dan dapat bertindak sebagai pilar dukungan untuk sistem perawatan kesehatan saat ini. Pandemi COVID-19 telah mendorong pengembangan dan pemanfaatan drone medis selama 2 tahun terakhir.

#### **6.1 PENDAHULUAN**

Saat ini, seorang profesional medis dapat muncul secara virtual di depan komputer, membuat diagnosis yang tepat, dan memberikan nasihat yang tepat setelah mengevaluasi data. Jarak tidak lagi memiliki nilai apa pun. Sebenarnya, geografi telah berubah menjadi sejarah! Membuat obat-obatan, vaksinasi, darah, atau bahkan sampel biologis untuk dalam Bab tersedia di tempat-tempat yang benar-benar jauh merupakan tantangan besar. Untuk menjangkau yang tidak dapat dijangkau dan membuat isolasi menjadi relatif daripada absolut, drone semakin banyak digunakan dalam perawatan kesehatan saat ini. Istilah "tidak dapat diakses" itu sendiri pada akhirnya akan kehilangan maknanya. Pembaca diperkenalkan pada contoh lain dari kemungkinan gangguan kreatif dalam industri perawatan kesehatan dalam ikhtisar ini. Penulis yakin bahwa ini akan segera terjadi di beberapa daerah pedesaan.

Saat ini kita sedang mengalami revolusi teknologi. Namun, para profesional perawatan kesehatan di seluruh dunia terkenal konservatif. Dalam analisis terbaru, Goldman Sachs memperkirakan bahwa selama 5 tahun ke depan, dunia akan menghabiskan lebih dari Rp 1 kuadriliun untuk drone. Militer telah banyak menggunakan drone dalam pertempuran. Sebagian besar penggunaan drone meliputi penggunaan kamera di dalam pesawat untuk pengawasan. Berbagai kasus penggunaan meliputi pengawasan di bidang pertanian; penyemprotan tanaman; pengawasan hiu di pantai; pemantauan konservasi satwa liar; pemantauan kebakaran; pemantauan kerusakan oleh polisi dan pemerintah; liputan media tentang berbagai acara, olahraga, dan hiburan serta berita hiburan; tanggapan bencana layanan darurat untuk bantuan kemanusiaan; dan dalam Bab dan eksplorasi ilmiah.

Kendaraan udara tak berawak (UAV) adalah nama lain untuk drone. Frasa “kendaraan udara multiguna yang otonom atau dioperasikan dari jarak jauh” awalnya digunakan pada tahun 1980an. Kecepatan dan kemampuan beradaptasi teknologi UAV memberikan potensi yang pada dasarnya tak terbatas untuk mengirimkan bantuan dan pasokan medis kepada orang-orang di lokasi terpencil atau berbahaya. Mereka bahkan dapat menghubungkan pasien dengan dokter dengan lebih cepat. Orang yang lewat yang diberi instruksi jarak jauh tentang cara memberikan perawatan kepada korban keadaan darurat atau bencana alam mungkin dapat menyelamatkan nyawa. Drone dapat berhenti beroperasi karena cuaca buruk atau perubahan suhu lingkungan. Biaya konstruksi dan perawatan drone perlu diperiksa secara menyeluruh untuk melakukan analisis biaya-manfaat.

### **Peran Kecerdasan Buatan dalam Teknologi Drone**

Kendaraan udara tanpa awak yang disebut drone digunakan untuk berbagai tugas yang berbeda. Jenis gawai ini pertama kali dikendalikan secara manual dan dari jarak jauh. Namun saat ini, kecerdasan buatan sering disertakan dalam drone, yang mengotomatiskan beberapa atau semua tugas. Pemasok drone dapat mengumpulkan dan memanfaatkan data jenis visual dan data lingkungan dengan menggunakan data dari sensor yang terpasang pada drone yang dikombinasikan dengan AI. Dengan mengaktifkan penerbangan otonom atau berbantuan, data ini meningkatkan aksesibilitas dan memfasilitasi pengoperasian. Drone sekarang tersedia secara komersial untuk perusahaan dan individu sebagai bagian dari layanan mobilitas cerdas. Drone yang didukung oleh kecerdasan buatan (AI) sebagian besar mengandalkan visi komputer. Drone sekarang dapat mengidentifikasi barang saat berada di udara dan menganalisis serta merekam data di darat dengan menggunakan teknologi AI.

Pemrosesan gambar onboard berkinerja tinggi menggunakan jaringan saraf adalah cara kerja visi komputer. Arsitektur berlapis yang dikenal sebagai jaringan saraf adalah tempat algoritma pembelajaran mesin diimplementasikan. Drone dapat mengenali, mengklasifikasikan, dan melacak objek dengan bantuan jaringan saraf. Drone dapat menemukan dan melacak objek sambil menghindari tabrakan karena kombinasi data ini secara real-time. Peneliti harus terlebih dahulu mengajarkan teknik pembelajaran mesin untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan berbagai hal secara tepat dalam berbagai skenario sebelum menggunakan jaringan saraf pada drone.

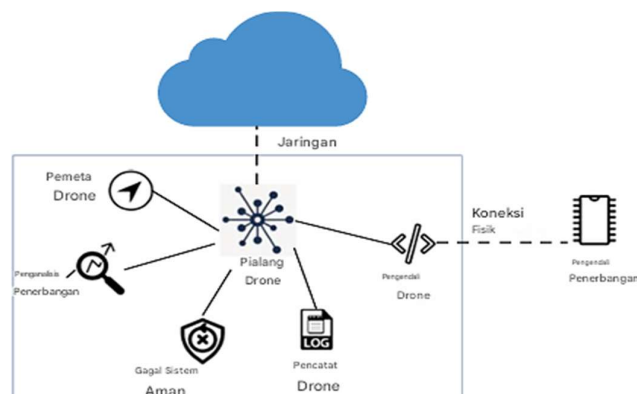
Hal ini dilakukan dengan memberikan foto berlabel khusus kepada algoritme. Foto-foto ini menunjukkan kepada jaringan saraf karakteristik apa yang dimiliki kelas item yang berbeda dan cara mengenali satu jenis objek dari yang lain. Jaringan saraf tingkat lanjut beroperasi secara mandiri dan terus belajar saat digunakan, menjadi lebih baik dalam pendeteksian dan pemrosesan.

Memprogram drone untuk membuatnya berbeda dengan memprogramnya untuk melakukan tugas-tugas tertentu. Agar drone dapat terbang dengan stabil, sensor, aktuator, dan semacam CPU harus dihubungkan. Namun, yang diperlukan untuk membuat aplikasi hanyalah komputer yang dapat menjalankan algoritme dan drone yang mudah diakses. Hal ini bergantung pada peralatan yang digunakan untuk membuat drone jika pertanyaannya adalah tentang membangunnya. Jika pengontrol berbasis Arduino digunakan sebagai ilustrasi, lebih banyak sistem tertanam yang terlibat. Agar pengontrol dapat menginterpretasikan data sensor dan mengirimkan sinyal kontrol ke aktuator untuk menciptakan penerbangan yang stabil, komunikasi antara mikrokontroler dan semua sensor lainnya harus dibuat.

### Kendaraan Udara Nirawak—Teknologi Drone

Karena biayanya yang rendah dan penggunaannya yang luas, UAV, yang terkadang dikenal sebagai drone, kini menjadi bagian dari kehidupan kita sehari-hari. Selain masalah hukum dan etika, teknologi drone masih terus berkembang, dan banyak industri yang mempertimbangkan untuk menggunakan drone sebagai pengganti guna meningkatkan operasi yang sulit dan menghemat biaya operasional. Pertanian, deteksi dan pemetaan gas, pengiriman pasokan medis, operasi pencarian dan penyelamatan, pengawasan, bantuan kemanusiaan, dan pengendalian hama dan penyakit, hanyalah beberapa dari sekian banyak aplikasi dan layanan yang telah diusulkan.

Meskipun drone merupakan kumpulan perangkat keras yang rumit, masing-masing dikendalikan oleh mikroprosesor dengan sensor tambahan yang dapat diintegrasikan ke dalam atau di luar papan mikroprosesor. Setiap drone memiliki spesifikasi, detail teknis, dan firmware-nya sendiri. Istilah teknis untuk perangkat keras ini, pengendali penerbangan (FC), akan digunakan untuk merujuk pada fitur-fitur teknis ini ke depannya karena fitur-fitur tersebut berada di luar fokus esai ini. Setiap komponen penerbangan yang diperlukan yang membentuk sistem pesawat nirawak akan sangat penting untuk fungsi yang aman.



**Gambar 6.1** Arsitektur drone lengkap.

Gambar 6.1 menunjukkan komposisi arsitektur; bagian-bagian berikut memberikan informasi lebih lanjut tentang setiap komponen.

- ❖ Bus komunikasi utama pesawat nirawak didukung oleh broker pesawat nirawak. Selain itu, sistem ini berisi mekanisme relai yang bertugas menyampaikan pesan secara langsung bolak-balik dengan sistem darat.
- ❖ Untuk memproses dan memeriksa aktivitas pesawat nirawak, penganalisa penerbangan terhubung ke data telemetri penerbangan. Sistem ini dapat mengidentifikasi kelainan untuk secara aktif memberi tahu sistem darat dan mencoba menyelesaikan masalah menggunakan identifikasi pola dan profil perilaku. Sistem ini dapat mengaktifkan sistem pengaman kegagalan sebagai upaya terakhir.
- ❖ Saat diaktifkan, sistem pengaman kegagalan adalah perangkat yang berfungsi untuk mengurangi dampak kegagalan. Hal ini dapat cukup sederhana, seperti menghentikan lepas landas atau mengharuskan pendaratan yang aman saat tingkat baterai rendah terdeteksi.
- ❖ Pencatat data drone terhubung ke saluran atau topik broker yang diperlukan untuk membuat salinan lokal semua kejadian terkait drone untuk alasan registrasi dan debugging. Pengendali drone, yang diwakili oleh berkas kode, berfungsi sebagai pola desain adaptor, mengubah pesan perintah broker menjadi pesan yang dapat dibaca oleh FC dan menjauhkan platform dari persyaratan teknis yang diperlukan untuk berkomunikasi secara efektif dengan FC.
- ❖ Pengendali drone, yang diwakili oleh berkas kode, berfungsi sebagai pola desain adaptor, mengubah pesan perintah broker menjadi komunikasi yang dapat dibaca oleh FC dan melindungi platform dari persyaratan teknis yang diperlukan untuk berkomunikasi secara efektif dengan FC.
- ❖ Untuk secara akurat mewakili titik akhir perintah dan pemantauan jarak jauh drone bagian dalam (ketinggian, tingkat suhu, sensor tekanan, sensor gerak, kecepatan, tegangan dan tegangan baterai, GPS) berbagai generator data, FC memang memiliki tugas untuk memantau prosedur drone yang terbang dan mengoreksi perilakunya.
- ❖ Pemeta drone merupakan perluasan dari kemampuan geofencing drone yang sebenarnya. Ia menawarkan pemuatan peta dinamis berdasarkan data GPS terkini dan radius tertentu yang bersentuhan langsung dengan bagian keduanya, pemeta tanah. Selain itu, ia mampu menawarkan informasi yang lebih terperinci, seperti batasan ketinggian minimum dan maksimum yang umum terjadi di lingkungan metropolitan.

## 6.2 JENIS DRONE YANG DIGUNAKAN OLEH TENAGA MEDIS

Berlawanan dengan namanya, drone medis tidak berbeda dengan drone komersial lainnya. Dengan kata lain, drone ini adalah jenis pesawat yang sama yang dapat Anda temukan di sektor transportasi dan utilitas. Biasanya, tim TI medis menambahkan kamera, sensor, dan lampu ke drone untuk memenuhi kebutuhan navigasi, pengumpulan data, dan komunikasi khusus. Pada akhirnya, ada berbagai jenis drone, yang masing-masing lebih cocok untuk skenario penggunaan tertentu.

### **Multirotor**

Drone multirotor memiliki beberapa rotor yang menghasilkan daya angkat. Drone ini cocok untuk pengiriman medis sederhana, karena harganya terjangkau dan biasanya memiliki daya angkut antara 50 dan 100 pon. Drone ini juga sangat baik untuk pengumpulan data dan fotografi udara. Karena alasan ini, drone multirotor sering digunakan oleh tim tanggap darurat untuk membantu misi penyelamatan.

### **Hanya Satu Rotor**

Drone rotor tunggal, seperti namanya, hanya memiliki satu rotor, sehingga tampak seperti helikopter mini. Drone ini dapat terbang dalam waktu yang lebih lama dan lebih efektif daripada drone multirotor dalam hal pengoperasian. Namun, drone ini juga sering kali jauh lebih berat, lebih rumit, dan lebih mahal.

### **Drone Sayap Permanen**

Drone sayap tetap, yang menyerupai pesawat terbang, dan hibrida sayap tetap, yang menggabungkan sayap dan rotor, semakin banyak digunakan oleh para profesional medis tertentu. Drone ini lebih cocok untuk penerbangan jarak jauh.

### **Drone untuk Ambulans Penumpang**

Sejumlah bisnis kini tengah menguji drone ambulans penumpang, yang dapat menerbangkan pasien dan personel medis dari satu lokasi ke lokasi lain. Tidak diragukan lagi, perlu waktu sebelum jenis pesawat ini layak secara ekonomi untuk penggunaan komersial. Namun, di masa mendatang, drone ini dapat mengubah cara penyediaan layanan medis darurat.

## **6.3 PENGAWASAN MEDIS DAN KESEHATAN MASYARAKAT**

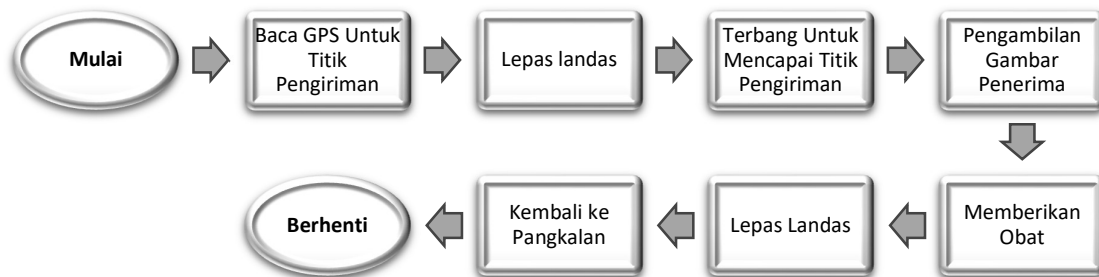
Drone digunakan untuk pemantauan penyakit, pengawasan lokasi bencana, dan tempat-tempat dengan risiko biologis dan kimia. Dalam situasi berisiko tinggi, telah dibuktikan bahwa drone dapat mengumpulkan data tentang berapa banyak pasien yang membutuhkan perawatan dan menentukan prioritas. Drone dikerahkan di Filipina selama Topan Haiyan pada tahun 2013 untuk melakukan pengawasan dari atas, menilai kerusakan awal akibat badai, dan memprioritaskan operasi bantuan. *National Health Service* (NHS) di Inggris telah meneliti pemanfaatan drone untuk mengevaluasi cedera yang terkait dengan bahaya biologis, kimia, dan radioaktif dalam upaya meningkatkan efektivitas tim tanggap darurat.

Teknologi drone telah digunakan untuk mengidentifikasi radiasi, aerosol, dan logam berat sebagai risiko kesehatan potensial. Drone yang dilengkapi dengan peralatan fotogrametri resolusi tinggi digunakan dalam dalam Bab dari Italia selatan untuk menilai dan memperkirakan risiko kanker yang terkait dengan kadar tembaga yang tinggi di wilayah pertanian dengan tepat, yang memiliki kapasitas untuk mendeteksi aerosol dan melacak konsentrasi gas di medan yang menantang dengan tepat menggunakan drone quadrotor dengan platform pengambilan sampel terintegrasi. Teknologi ini dapat menghentikan penyebaran risiko kesehatan yang disebabkan oleh patogen melalui identifikasi dini. Sejalan dengan itu, teknologi drone juga telah digunakan untuk memetakan radiasi dari tambang uranium dan mendeteksi radionuklida yang menjadi ciri khas kecelakaan nuklir.

Drone juga merupakan pilihan yang menjanjikan untuk dalam Bab epidemiologi karena keterjangkauannya dan kemampuan akuisisi data temporal dan geografis presisi tinggi secara real-time. Pelacakan penggundulan hutan, peningkatan produksi pertanian, dan banyak kegiatan lain yang memengaruhi populasi biologis dan ekosistem alami adalah contoh dari aplikasi semacam itu. Di Malaysia, perubahan penggunaan lahan dan pola penggundulan hutan yang memengaruhi penularan parasit malaria secara zoonosis dikarakterisasi menggunakan drone oleh Fornace et al. Dalam contoh studi yang berbeda, Barasona et al. melacak penyebaran geografis hewan besar di Spanyol selatan yang membawa TB menggunakan drone. Staphylococcus aureus dan virus Ebola baru-baru ini ditemukan oleh para peneliti menggunakan drone yang dilengkapi dengan modul analisis asam nukleat.

### Telemedicine

Penerapan drone dalam bidang telemedicine yang sedang berkembang, yang melibatkan perawatan pasien dari jarak jauh melalui teknologi komunikasi, merupakan salah satu yang paling menjanjikan. Telekomunikasi merupakan istilah penting dalam konsep telemedicine. Sayangnya, jaringan komersial tidak dapat menyediakan konektivitas penting untuk operasi telemedicine di daerah bencana dan perang yang jauh. Penulis senior (JCR) berbicara tentang konsep menciptakan infrastruktur telekomunikasi instan (ITI) yang memanfaatkan drone pada tahun 1998 di Athena, Yunani, di Program Telemedicine Pusat Antariksa Komersial Yale/NASA.



**Gambar 6.2** Diagram alur pengiriman obat.

Gambar 6.2 menampilkan proses distribusi obat-obatan oleh pesawat nirawak di wilayah yang terkena wabah. Pesanan pembelian dilakukan untuk persediaan medis yang sangat dibutuhkan di wilayah tersebut. Koordinat GPS titik pengiriman dibuat untuk umum. Obat-obatan yang diperlukan dibawa oleh pesawat nirawak. Satu pil obat malaria diikatkan ke pesawat nirawak untuk tujuan tampilan. Tugas utama operator adalah mengendalikan navigasi pesawat nirawak; oleh karena itu, tidak ada kode pemrograman yang digunakan dalam proses ini. Pesawat nirawak dipiloti di area terbuka yang luas dengan ruang yang cukup untuk menghindari menabrak orang atau bangunan.

Pesawat nirawak diturunkan ke tanah setelah tiba di lokasi pengiriman. Platform pesawat nirawak yang mengkhususkan diri dalam pengiriman komunikasi untuk penilaian pasien pra dan pascaoperasi dan telementoring beberapa prosedur bedah dan klinis penting di lokasi terpencil dilakukan dengan menggunakan pesawat nirawak medis. Dengan prosedur baru yang memanfaatkan komputer dan telekomunikasi, telementoring berarti menyediakan bantuan jarak jauh oleh dokter bedah yang sangat berpengalaman atau ahli prosedur khusus kepada rekan kerja yang kurang berpengalaman. Dengan kamera di pesawat, penerima ditangkap dalam sebuah foto. Obat diambil oleh penerima. Drone kemudian dikembalikan ke pangkalan dalam penerbangan.

### **Drone sebagai Perangkat Transportasi Medis**

Drone merupakan alat pengiriman medis yang menarik karena waktu reaksinya yang cepat dan kemampuannya untuk melintasi medan yang tidak dapat ditembus. Temuan tersebut mengungkapkan bahwa drone dapat membantu dalam pengambilan keputusan medis dengan memberikan diagnosis yang cepat. Drone atau UAV telah diperkenalkan secara global sebagai hasil dari pertumbuhan teknologi yang cepat untuk meningkatkan mobilitas di batas geografis yang sulit, mengurangi emisi karbon, dan bahkan mungkin meningkatkan efektivitas biaya pengiriman layanan kesehatan. Konsumsi waktu 25% lebih sedikit jika dibandingkan dengan transportasi darat.

Mengingat kebutuhan yang melekat akan reaksi cepat untuk meningkatkan hasil perawatan pasien, penggunaan drone dalam perawatan darurat sangat menarik. Penggunaan drone sangat cocok untuk distribusi cepat persediaan medis dan obat-obatan kepada pasien untuk diberikan sendiri. Penggunaan kamera udara juga dapat membantu evaluasi cepat dan meningkatkan respons darurat yang cepat. Drone, misalnya, dapat mempercepat penilaian pasien dan inisiasi perawatan dibandingkan dengan respons ambulans saja. Pasien di lokasi dengan waktu respons Layanan Medis Darurat (EMS) yang lama secara historis mungkin mendapat manfaat khusus dari aplikasi ini.

Dalam kasus darurat medis, drone dapat menawarkan reaksi pertama dengan segera membawa peralatan terbaik di tempat, terutama ketika setiap detik sangat berarti. Drone juga telah digunakan dalam perawatan darurat untuk membawa defibrilator eksternal otomatis (AED) kepada orang-orang yang membantu korban serangan jantung. Menurut sebuah studi berbasis simulasi yang dilakukan di Salt Lake County, Utah, drone yang dioperasikan dengan benar dapat menjangkau 96% populasi dalam waktu kurang dari 1 menit. Di sisi lain, waktu respons ambulans konvensional hanya mencapai tujuan ini dalam 4,3% kasus. Sayangnya, sistem saat ini terus diganggu oleh berbagai masalah seperti tingkat kecelakaan yang tinggi, aturan wilayah udara, dan pengendalian cedera. Akibatnya, dalam Bab lebih lanjut diperlukan untuk meningkatkan efisiensi dan kinerja keseluruhannya.

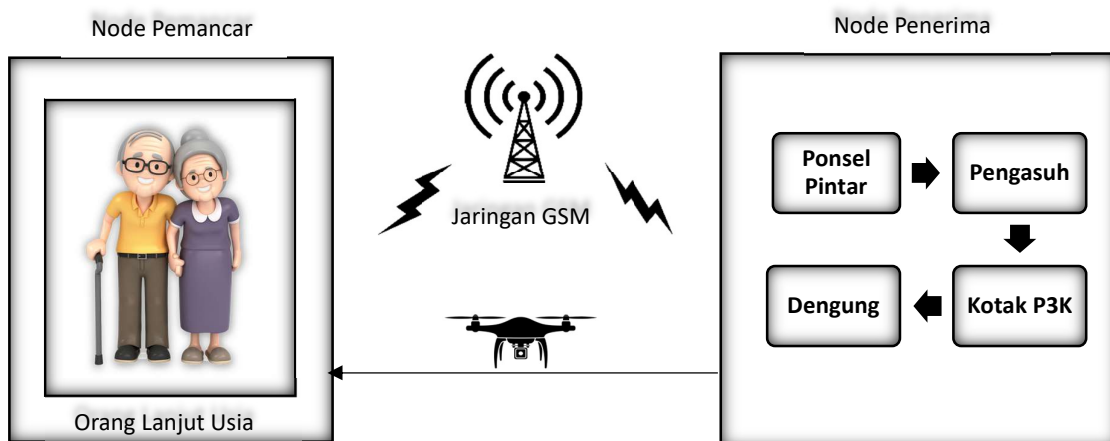
Dalam Bab tentang penggunaan pesawat nirawak untuk transportasi pasien telah dipelopori oleh militer. Divisi Dalam Bab Medis Angkatan Darat AS memberikan demonstrasi tentang bagaimana tentara yang terluka dapat dievakuasi menggunakan pesawat nirawak VTOL sambil menghindari konflik wilayah udara. Akan tetapi, buku mereka mencatat bahwa masih belum ada kriteria atau norma yang jelas yang mencakup efek fisiologis penerbangan

terhadap kesehatan dan keselamatan pasien. Kendaraan udara dan darat nirawak berhasil digunakan pada tahun 2015 untuk bereaksi terhadap panggilan darurat simulasi yang melaporkan kematian di lapangan. Seorang individu menggunakan tablet Android untuk mengendalikan kedua perangkat nirawak.

### Sistem Pertolongan Pertama Canggih untuk Lansia

Ada dua komponen utama AFAS. Prototipe alat deteksi jatuh (FDD) pada komponen pertama dimaksudkan untuk memantau denyut jantung dan menemukan orang yang terjatuh. Alat ini memiliki mikroprosesor, dua biosensor untuk denyut jantung dan akselerasi (HB dan ACC), sistem GPS untuk melacak posisi, dan sistem GSM untuk mengirim pesan pemberitahuan ke telepon pintar perawat di pusat panggilan darurat (CEC). Komponen kedua melibatkan CEC yang memberikan pertolongan pertama kepada pasien, yang meliputi pemberian kotak P3K, telepon pintar, dan UAV untuk mengirimkan kotak tersebut. Telepon pintar atau telepon seluler di CEC memiliki dua fungsi: digunakan untuk merencanakan rute penerbangan UAV dan untuk menerima komunikasi dari FDD. FDD, yang dihubungkan ke lengan atas pasien dan menggunakan algoritma FDB-HRT untuk menjalankan tugas pemantauan dan pengambilan keputusan, merupakan komponen utama dari AFAS yang diusulkan. FDD yang disarankan akan mengirimkan sinyal ke CEC dengan informasi pasien setelah menyadari adanya tubuh yang jatuh dan pengukuran HR yang tidak teratur (ID, status kesehatan, dan lokasi). Seluruh proses ini ditunjukkan dalam diagram blok (Gambar 6.3).

Pesan dikirim ke pengasuh di CEC untuk ditampilkan pada LCD telepon pintar. Hasilnya, kotak pertolongan pertama akan dibuat sesuai dengan kondisi pasien dan dikirimkan ke pasien oleh UAV berdasarkan koordinat pesan. Dengan demikian, ditentukan bahwa desain yang diusulkan secara signifikan mengurangi waktu pengiriman dibandingkan dengan pemberian pertolongan pertama dengan ambulans. Dalam hal presisi pengukuran denyut jantung, deteksi jatuh, pesan informasi, dan waktu kedatangan UAV, sistem pertolongan pertama yang ditingkatkan yang disarankan berkinerja lebih baik daripada sistem sebelumnya.



**Gambar 6.3** Diagram blok sistem pemberian pertolongan pertama.

#### 6.4 POTENSI MANFAAT DRONE DALAM INDUSTRI KESEHATAN

Salah satu penggunaan umum drone dalam bidang kesehatan adalah pengiriman obat-obatan dan resep. Drone ini dapat digunakan untuk memindahkan spesimen biologis seperti darah, plasma, dan jaringan lain dalam beberapa keadaan yang sulit. Di daerah pedesaan dan terpencil, akses ke layanan kesehatan sangatlah sulit. Untuk mengatasi masalah ini, drone harus digunakan untuk mengangkut obat-obatan yang tidak dapat dijangkau oleh bus, truk, atau kereta api. Namun, wilayah tersebut harus dilengkapi dengan infrastruktur komunikasi yang baik. Selain untuk mengirimkan obat-obatan, drone dapat mengirimkan berbagai bahan biologis. Drone merupakan salah satu pilihan terbaik untuk mengirimkan peralatan medis dan obat-obatan penting jika terjadi keadaan darurat medis. Drone dapat mengurangi waktu transit secara signifikan dan menyelamatkan nyawa pasien yang sakit kritis pada waktu yang tepat. Salah satu contoh terbaik dari layanan darurat adalah pemindahan organ. Demikian pula, dalam kasus keadaan darurat henti jantung dan paru-paru, drone merupakan alternatif yang lebih baik daripada moda transportasi konvensional untuk mengirimkan persediaan yang diperlukan.

Drone juga dapat digunakan untuk tujuan keselamatan publik, seperti memerangi penyakit akibat virus. Drone juga dapat digunakan untuk membersihkan area seperti taman, stasiun, dan berbagai tempat umum untuk memerangi penyakit. Drone dapat menyemprotkan cairan pembersih di suatu area dengan lebih akurat dan efisien tanpa melibatkan kontak langsung dengan pengguna. Cakupan dan penerapan drone untuk membersihkan tempat umum dapat diperluas di masa mendatang. Drone juga dapat digunakan untuk pengiriman bahan berbahaya tanpa kontak langsung, pemantauan daerah terpencil, dan penyediaan perlengkapan medis lainnya. Setelah mempertimbangkan berbagai keuntungan dan aplikasi ini, drone dapat digunakan secara menguntungkan dalam sistem pengiriman layanan kesehatan untuk meningkatkan seluruh pengalaman pasien.

##### **Layanan Pengiriman Drone Medis Teratas**

Beberapa perusahaan di seluruh dunia menjalankan program uji coba dan berencana untuk menggunakan drone secara komersial untuk pengiriman layanan kesehatan. Zipline, Volocopter GmbH, Volansi Inc., Novant Health, Matternet, Vayu, SZ DJI Technology, Embention, Manna Drone Delivery Inc., Flirtey, Ehang, Tu Delft, Sky Sports Ltd., Project Wing, HiRO (*Healthcare Integrated Rescue Operations*), dan lainnya termasuk di antara para pemimpin pasar. Mengingat potensi pasar, banyak perusahaan baru dengan aplikasi yang lebih kreatif dan canggih kemungkinan akan memasuki pasar di tahun-tahun mendatang.

##### **Keterbatasan Drone dalam Layanan Kesehatan**

Drone memiliki beberapa keterbatasan dalam hal pengiriman layanan kesehatan, meskipun memiliki banyak manfaat. Penerbangan drone dapat terpengaruh secara negatif oleh faktor-faktor teknologi seperti masa pakai baterai yang pendek, kecepatan, getaran, kapasitas beban yang buruk, gaya gravitasi, dan akurasi. Pemanfaatan drone dan kinerjanya dipengaruhi oleh frekuensi dan ketersediaan lokasi pendaratan drone. Untuk menerbangkan drone, pilot darat harus menjaga saluran komunikasi yang konstan dengan kendaraan. Selain itu, saat menyediakan obat-obatan penting, kondisi lingkungan seperti kelembapan,

perubahan tekanan yang tiba-tiba, dan suhu harus diperhitungkan. Kualitas pasokan obat-obatan dapat terpengaruh oleh kondisi cuaca yang tidak menguntungkan.

Serupa dengan ini, penyebaran drone secara luas bergantung pada persetujuan sosial. Penyebaran yang luas dapat berdampak pada pasar kerja dan mengakibatkan pengangguran. Informasi pribadi konsumen diperlukan untuk pengiriman pasokan medis. Perusahaan harus mematuhi keamanan dan kepatuhan data secara ketat untuk mencegah pelanggaran keamanan. Orang terkadang mungkin percaya bahwa privasi dan properti pribadi mereka sedang diganggu oleh drone, karena drone dilengkapi dengan kamera. Masalah lainnya adalah biaya ekonomi yang tinggi untuk pengangkutan.

Pengembangan dan penerimaan sistem pengiriman drone terhambat di bidang hukum oleh undang-undang dan peraturan yang ketat. Tidak ada prosedur standar untuk izin atau penggunaan drone, dan setiap negara memiliki seperangkat peraturannya sendiri. Mirip dengan bagaimana drone menimbulkan bahaya serius bagi pesawat, organisasi yang menggunakannya harus mendapatkan otorisasi yang diperlukan dari otoritas penerbangan dan harus mematuhi peraturan ketat tertentu. Pengiriman melalui drone masih dalam tahap awal. Dengan tingkat keberhasilan yang tinggi, sejumlah bisnis tengah melakukan uji terbang di beberapa lokasi. Zipline dan Kementerian Kesehatan Rwanda telah bekerja sama untuk memperkenalkan sistem pengiriman drone di sana. Selain itu, Zipline telah menggunakan drone untuk membawa peralatan perlindungan pribadi ke fasilitas medis di North Carolina.

Bisnis tersebut juga tengah menjajaki kemungkinan di negara-negara lain. Merck dan Volansi, sebuah perusahaan drone, telah bekerja sama untuk mengirim obat-obatan "rantai dingin" ke daerah-daerah terpencil di North Carolina. Dalam perang melawan COVID-19, sebuah firma yang berbasis di Inggris bernama Skyports membantu NHS dan menyediakan pasokan medis dari rumah sakit ke rumah sakit. Selain itu, sejumlah bisnis lain tengah menjajaki pemanfaatan drone di bidang pengiriman layanan kesehatan.

Pengiriman layanan kesehatan mungkin akan mengalami perubahan dalam beberapa tahun ke depan sebagai akibat dari penggunaan drone dan teknologi mutakhir seperti telehealth. Namun, pemerintah harus menetapkan kriteria yang jelas sambil memastikan bahwa barang-barang medis ditangani dengan benar untuk mempromosikan dan menginspirasi bisnis dan pemangku kepentingan lainnya. Pasar pengiriman barang menggunakan drone diperkirakan akan berkembang pada tahun mendatang sebagai hasil dari peningkatan investasi, kemitraan dan kolaborasi, serta kemajuan teknis. Tidak dapat disangkal bahwa drone memiliki banyak aplikasi dalam sistem perawatan kesehatan, tetapi untuk memastikan adopsi yang luas dalam sistem tersebut, masalah dengan biaya tinggi, undang-undang dan peraturan, penerimaan sosial, dan masalah teknologi harus diselesaikan.

### **Pengaruh COVID terhadap Drone**

Apa yang dapat kita simpulkan tentang COVID-19 dan drone? Bisnis drone tampaknya tidak terlalu terdampak secara finansial akibat wabah tersebut. Fakta bahwa para eksekutif industri memasuki tahun 2020 dengan kekhawatiran tentang pasar konsumen yang menerbangkan drone untuk bersenang-senang mungkin malah membantunya. Hal itu mungkin tidak terjadi lagi. Dalam sebuah studi pada Januari 2021, analisis pasar di NPD

mengatakan bahwa penjualan drone konsumen "melonjak" selama pandemi, dengan pendapatan meningkat lebih dari tiga kali lipat dari Maret hingga November 2020 dibandingkan dengan tahun 2019. Hal ini kemungkinan besar disebabkan oleh orang-orang yang dipenjara yang mencari hobi yang menjaga jarak sosial.

Menurut sebuah dalam Bab tentang pasar perangkat keras drone yang diterbitkan pada April 2021, penjualan drone yang digunakan untuk penyemprotan pertanian meningkat secara mengejutkan sebesar 135%, dengan Asia menyumbang sebagian besar keuntungan. Menurut DroneDeploy, penyedia perangkat lunak pembuatan peta drone yang signifikan, bisnis pada bulan April 2020 naik 130% dibandingkan April 2019 menurut Fast Company. Banyak bisnis pengiriman drone, seperti Zipline, tampaknya mendapat untung besar dari lonjakan minat terhadap layanan mereka. Menurut perkiraan tertentu, industri drone di seluruh dunia akan mencapai Rp 61,5 triliun pada tahun 2023, peningkatan yang signifikan dari pendapatan Rp 36,4 triliun yang tercatat pada tahun 2020. Namun, COVID-19 juga mempersulit sektor drone untuk memasarkan produk yang secara umum dianggap "normal" dan biasa-biasa saja karena dikaitkan dengan otoritas otoriter. Selama 10 tahun terakhir, drone yang dilengkapi kamera telah terbukti menjadi alat penting untuk berbagai upaya sipil, termasuk dalam Bab ekologi, perencanaan transportasi, manajemen bencana, pembuatan anggur, dan kegiatan lainnya.

Meskipun demikian, sebagian besar orang masih tidak percaya pada drone dan orang-orang yang menggunakannya. Dengan luas wilayah 3,28 juta kilometer persegi, pembersihan dan disinfeksi menjadi tugas dan ancaman yang signifikan bagi petugas sanitasi publik yang menggunakan prosedur penyemprotan manual. Untuk mengurangi kemungkinan petugas penyemprot manual dan keluarga mereka terinfeksi virus, sanitasi otomatis menggunakan drone pun diterapkan.

Drone kecil pada dasarnya tidak lebih bersifat militer daripada iPhone, kamera digital biasa, atau SUV, yang semuanya sering digunakan oleh polisi, tetapi kebanyakan orang tidak melihatnya seperti itu. Sayangnya, adopsi teknologi drone oleh pemerintah untuk pengendalian massa selama era COVID mungkin telah meningkatkan persepsi drone sebagai instrumen penindasan alih-alih membuatnya tampak ramah. Jika epidemi membuat penggunaan drone untuk tujuan yang tidak berbahaya menjadi lebih sulit, itu akan sangat disayangkan.

### **Keterbatasan Teknologi Drone dalam Industri Kesehatan**

Bisnis dan masyarakat akan memperoleh banyak keuntungan dari teknologi drone. Namun, berbagai pertimbangan, mulai dari privasi dan keselamatan pengguna hingga masalah hukum dan penggunaan yang tidak adil, menambah kekurangan drone.

#### **Privasi**

Teknologi drone memiliki sejumlah kekurangan meskipun kelebihanannya tidak terbatas. UAV mudah dieksploitasi dan berpotensi menyerang privasi pengguna. Meskipun banyak orang ingin menggunakan drone untuk menjaga keselamatan, tindakan tersebut dapat melanggar hak banyak orang atas nama keselamatan publik.

### **Masalah Hukum**

Meskipun ada banyak kegunaan untuk UAV atau drone, ada juga kekhawatiran mengenai penyalahgunaan dan penyalahgunaan. Banyak otoritas hukum negara bagian masih memiliki peraturan yang mengatur penggunaan drone karena kekhawatiran ini. Saat ini tidak ada undang-undang yang melindungi properti dari pelanggaran udara. Dengan demikian, teknologi UAV beroperasi dalam ketidakpastian hukum. Aturan pemerintah dan undang-undang negara bagian atau lokal yang mengatur hak milik wilayah udara saling bertentangan. Banyak orang mungkin tidak menyukai konsep diamati oleh orang tak dikenal karena pilot drone dapat terbang ke mana pun yang dia pilih.

### **Angkutan Cepat—Salah Satu Kelemahan Terbesar Drone adalah Waktu**

Drone menggunakan baterai yang dapat diisi ulang; oleh karena itu, drone tidak dapat menempuh jarak yang jauh. Waktu tempuh lebih singkat jika terjadi angin kencang karena drone dapat terbang hingga 30 menit. Salah satu masalah utama bagi konsumen adalah waktu terbang yang singkat, yang juga merupakan salah satu kelemahan terbesar drone. Drone dapat terbang hingga 5 km dalam periode tersebut, tetapi harus kembali ke titik awal, yang membutuhkan waktu.

### **Bug dalam Teknologi**

Drone tidak dapat menangani baterai lithium-ion, sensor, beban, atau tekanan udara. Selain itu, pilot pemula mungkin lebih berisiko karena harus menghindari potensi bahaya saat berada di udara. Kelemahan utama drone yang membawa amunisi adalah kegagalan perangkat lunak atau perangkat keras dapat mengakibatkan banyak kematian. Drone terus dikembangkan untuk mengurangi insiden yang dapat membahayakan keselamatan manusia.

### **Ketergantungan pada Cuaca**

Selama cuaca cerah dan bersih, drone dapat diandalkan. Jika di luar berangin atau badai, menggunakan UAV untuk mengangkut barang bukanlah alternatif yang tepat. Penerbangan drone tidak mungkin dilakukan pada hari hujan karena baterai polimer litium sangat sensitif terhadap kelembapan. Bagi perusahaan eCommerce, masalah ini menimbulkan kendala yang signifikan, dan mereka mungkin ingin mempertimbangkan untuk menggunakan kendaraan pengiriman. Selain itu, kabut mengaburkan bidang pandang, sehingga sulit menerbangkan drone. Kabut membuat pandangan sulit dilihat dan mengandung tetesan air kecil, yang keduanya dapat menyebabkan baterai drone tidak berfungsi saat terbang.

### **Teknologi Drone yang Dapat Diretas**

Salah satu kelemahan utama drone, baik yang digunakan untuk operasi militer atau tujuan komersial, adalah kerentanannya terhadap peretas. Drone beroperasi menggunakan perintah dan algoritma yang telah diprogram sebelumnya. Hanya sistem Internet yang memungkinkan untuk menavigasi dan mengoperasikan pesawat. Menyerang sistem kendali pusat pesawat nirawak memudahkan peretas untuk mengendalikan pesawat nirawak. Tanpa sepengetahuan pengendali awal, mereka dapat mengambil kendali penuh atas UAV. Selain itu, peretas memiliki kemampuan untuk mengekstrak informasi rahasia, menghancurkan atau merusak berkas, atau bahkan mengekspos data ke pihak yang tidak diundang.

## 6.5 KESIMPULAN

Pertumbuhan aplikasi pesawat nirawak medis telah maju lebih lambat daripada domain lain, meskipun kematangan aplikasi di berbagai sektor seperti media, transportasi, pertanian, inspeksi infrastruktur, dan bidang lainnya berkembang pesat. Perlu diingat juga bahwa aplikasi medis lebih sulit karena urgensi kondisi klinis, yang sering kali menghalangi kendali atas tanggal, waktu, dan tempat.

Dalam Bab tentang integrasi wilayah udara, keselamatan, waktu reaksi, perluasan partisipasi, dan praktik terbaik privasi harus dipercepat, untuk mendorong integrasi yang aman dan penggunaan pesawat nirawak yang kreatif. Tuntutan pengguna harus diteliti dan diubah menjadi persyaratan fungsional dan standar desain saat membangun teknologi yang menguntungkan baik profesional medis maupun pasien.

Obat-obatan penting kini sedang dikirim ke masyarakat terpencil dan penduduk pedesaan di seluruh dunia dengan bantuan UAV. Ketika suatu penyakit mengancam atau menghalangi transportasi darat, mereka sering kali menjadi cara terbaik untuk menyediakan produk dalam waktu sesingkat-singkatnya. Mengirimkan sampel pasien ke laboratorium pusat untuk pengujian lebih cepat sangat penting selama pandemi seperti COVID-19 karena memungkinkan dokter untuk memutuskan perawatan lebih awal dan mempercepat hasil pasien.

## **BAB 7**

### **METODE ANTI-TABRAKAN MOBIL OTONOM**

Karena menyadari lingkungan sekitarnya dan dapat melihatnya, mobil cerdas mampu mengenali potensi bahaya jalan yang mungkin ditemuinya. Faktanya, mobil cerdas harus mampu mengenali mobil lain dan kemungkinan rintangan di rutennya, seperti pejalan kaki atau sepeda. Hal ini diperlukan agar kendaraan dapat berfungsi dengan baik. Sistem bantuan pengemudi generasi berikutnya ini dirancang untuk memahami keadaan agar jalan raya menjadi tempat yang lebih aman bagi semua orang. Telah ditetapkan bahwa sangat penting bagi mobil pintar untuk dapat mengidentifikasi rintangan yang terletak di sekitar kendaraan induk dan memberikan perkiraan akurat tentang lokasi dan kecepatan rintangan tersebut.

Dalam kerangka ini, sejumlah besar sistem telah dirancang untuk menangani pendeteksian rintangan dalam berbagai konteks yang beragam. Sistem ini dapat ditemukan dalam berbagai pengaturan. Lokasi tempat seseorang dapat menemukan sistem ini agak bervariasi. Di jalan-jalan yang telah diatur, banyak bentuk teknologi, seperti fusi multisensori dan stereovisi, digunakan. Dalam hal memetakan pola tertentu, ada beberapa cara berbeda untuk dipilih, tetapi semuanya bergantung pada identifikasi kemungkinan rintangan (fitur seperti bentuk, simetri, atau tepi). Proses pencocokan stereo memiliki banyak kegunaan yang berbeda, beberapa di antaranya mencakup pendeteksian halangan, rekonstruksi model tiga dimensi, pengembangan kendaraan otonom, dan peningkatan lingkungan dunia nyata.

#### **7.1 PENDAHULUAN**

##### **Mobil Tanpa Pengemudi**

Mobil cerdas mampu mengenali kemungkinan bahaya di jalan raya, karena menyadari keadaan sekelilingnya dan karenanya dapat merasakannya. Faktanya, mobil cerdas harus mampu mengenali mobil lain dan setiap hambatan potensial di jalurnya, seperti pejalan kaki atau pengendara sepeda. Sistem bantuan pengemudi generasi berikutnya ini dimaksudkan untuk memahami situasi yang terjadi di sekitar kendaraan, dengan tujuan meningkatkan keselamatan jalan raya. Telah ditemukan bahwa sangat penting bagi mobil cerdas untuk dapat mengenali halangan di sekitar kendaraan induk dan menawarkan prediksi yang tepat tentang posisi dan kecepatannya.

Contoh kasus: Dalam kerangka kerja ini, sejumlah besar sistem telah dibangun untuk menangani deteksi hambatan dalam berbagai lingkungan yang berbeda. Sistem ini dapat ditemukan di berbagai tempat. Teknologi seperti fusi multisensori dan stereovisi, seperti yang dipelopori oleh Batkovic et al., digunakan di jalan-jalan yang telah diatur. Ada beberapa pendekatan berbeda untuk pemetaan pola tertentu, dan semuanya bergantung pada deteksi hambatan potensial (fitur seperti bentuk, simetri, atau tepi).

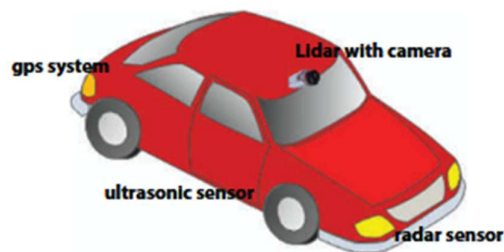
Proses pencocokan stereo digunakan dalam berbagai aplikasi di Belongie et al., seperti deteksi hambatan, rekonstruksi model tiga dimensi, kendaraan otonom, dan realitas tertambah. Analisis ringkas tentang kemajuan terbaru di bidang deteksi hambatan berbasis

penglihatan disediakan dalam artikel berjudul “Deteksi hambatan berbasis penglihatan untuk situasi luar ruangan.” Dalam hal deteksi rintangan berbasis penglihatan untuk lingkungan sekitar, teknik monokuler dan multikamera merupakan solusi valid yang dapat dipertimbangkan.

Untuk tujuan mengidentifikasi rintangan yang dihadapi robot, berbagai teknik, termasuk aliran optik, digunakan dalam metode dan metode berbasis tampilan. Metode yang hanya mengandalkan penglihatan monokuler masih menjadi pilihan lain. Bounini dkk., menilai rintangan hanya berdasarkan tampilannya atau karakteristik warna yang dimilikinya. Akhir-akhir ini telah terlihat beberapa dalam Bab yang dilakukan untuk mendeteksi rintangan menggunakan rekonstruksi tiga dimensi dari satu foto diam. Dalam Bab ini dilakukan baru-baru ini. Carnegie Mellon menampilkan publikasi “Robust Algorithms and Evaluation” yang ditulis oleh YW Xu. Namun, algoritma ini kurang memadai dalam hal memperkirakan lokasi, kecepatan, dan postur rintangan; untuk waktu yang cukup lama, ini dianggap sebagai salah satu tantangan tersulit dalam bidang visi komputer. Para peneliti visi komputer telah lama menangani masalah ini.

Saat ini, sejumlah negara di Eropa dan Asia, selain Amerika Serikat, memberikan kontribusi signifikan terhadap diskusi seputar topik ini. Meskipun negara-negara ini saat ini berada pada berbagai tahap penerimaan terkait mobil yang terhubung dan otonom, masih ada pekerjaan lebih lanjut yang harus dilakukan sebelum teknologi ini dapat diadopsi secara efektif dalam skala besar. Dalam Bab di Asia terus berfokus pada adaptasi dan peningkatan teknologi mengemudi otonom saat ini terhadap pola lalu lintas yang khas dan situasi khusus yang menjadi ciri khas wilayah tersebut. Ini adalah sesuatu yang telah berlangsung cukup lama. Kesenjangan pengetahuan yang perlu diisi sebagai hasil dalam Bab adalah sebagai berikut:

1. Fakta bahwa solusi yang sudah ada membutuhkan waktu yang lama untuk diterapkan merupakan hambatan utama.
2. Kurangnya sistem deteksi waktu nyata: Sampai saat ini, belum ada solusi yang mampu menemukan orang dan melakukan deteksi di jalan dengan menggunakan video langsung. Ini merupakan keterbatasan yang signifikan. Gambar 7.1 menunjukkan mobil tanpa pengemudi.



**Gambar 7.1** Mobil tanpa pengemudi.

3. Hal ini tidak berlaku untuk semua aspek teknologi yang digunakan untuk mengoperasikan kendaraan otonom. Tidak ada jawaban yang dapat mengatasi

sebagian besar masalah yang telah disajikan. Sebagian besar solusi yang tersedia saat ini disesuaikan untuk mengatasi masalah tertentu, seperti deteksi orang atau deteksi jaringan area lokal (LAN).

4. Tidak ada solusi yang dapat secara bersamaan memberikan keadilan terhadap manajemen waktu dan kualitas, yang merupakan tantangan utama yang dihadapi oleh mereka yang bertugas menangani kedua aspek ini.
5. Akurasi: Sebagian besar prosedur yang dikembangkan sebelumnya memiliki metodologi yang ada yang tidak dapat mencapai tingkat akurasi yang lebih tinggi.
6. Kualitas: Ada masalah dengan strategi yang saat ini sedang diterapkan, dan tidak ada alternatif yang dapat menghasilkan tingkat kualitas yang dianggap memadai. Hal ini disebabkan oleh waktu tambahan dan kompleksitas yang dibutuhkan.

Menurut hasil dalam Bab sebelumnya, terdapat banyak sekali kesenjangan dalam dalam Bab yang perlu diisi; sebagai hasilnya, dalam pekerjaan ini, tujuan-tujuan berikut akan menjadi sasaran kami, dan kami akan melakukan segala upaya untuk menyelesaikannya:

1. Sistem waktu nyata: Selama berlangsungnya proyek ini, kami akan membangun sistem yang mampu menyediakan sistem cerdas yang mampu membuat keputusan tentang mobil otonom dan menganalisis analisis waktu nyata dengan memanfaatkan pengumpulan data waktu nyata. Selain sistem waktu nyata, kami juga akan membangun sistem yang mampu menyediakan sistem yang mampu menyediakan sistem cerdas.
2. Meningkatkan kualitas keseluruhan dengan meningkatkan komponen kualitas keseluruhan dalam persamaan.
3. Manajemen waktu dan kualitas yang akurat sambil berupaya menemukan titik tengah antara kedua aspek proyek.
4. Menerapkan strategi yang memiliki tingkat akurasi dan presisi yang tinggi dalam operasinya.
5. Lakukan pemeriksaan yang membandingkan dan mengontraskan cara-cara yang telah dieksplorasi di masa lalu dengan strategi nonintrusif mutakhir dari perangkat portabel yang direkomendasikan.
6. Tujuan dari penyelidikan yang sedang berlangsung dan pekerjaan yang diusulkan didasarkan pada dua parameter terpisah: yang pertama adalah parameter yang merujuk pada objek statis, seperti deteksi LAN, dan yang kedua adalah parameter yang merujuk pada objek dinamis, seperti deteksi orang.

### **Kemungkinan Penggunaan Mobil Tanpa Pengemudi**

Penyelesaian kendaraan otonom yang berfungsi penuh adalah hasil dari berbagai komponen yang saling bergantung yang bersatu untuk membentuk keseluruhan. Kendaraan ini dilengkapi dengan kamera video yang mampu mengenali sinyal lalu lintas, menafsirkan rambu-rambu jalan, memantau kendaraan dan objek lain di jalan, dan melacak semuanya secara bersamaan. Kendaraan ini dilengkapi dengan sensor radar sehingga mampu memantau lokasi kendaraan dan menentukan keadaan saat kendaraan tersebut beroperasi.

Sensor LiDAR memiliki kemampuan untuk menentukan dengan tingkat presisi yang tinggi baik garis lajur maupun tepi jalan. Roda mobil memiliki sensor ultrasonik yang mampu mendeteksi keberadaan mobil lain dan dengan demikian dilengkapi dengan fitur tersebut. Sebagai kesimpulan, sistem kontrol terpusat adalah sistem kontrol yang menganalisis informasi yang diperoleh dari berbagai sensor untuk mengelola stabilitas arah, laju akselerasi, dan daya henti kendaraan.

Kecepatan kemajuan teknologi semakin cepat dengan kecepatan yang sulit untuk diikuti. Jumlah uang yang diinvestasikan suatu negara untuk mempelajari dan menciptakan teknologi baru secara langsung berkorelasi dengan besarnya keuntungan jangka panjang yang diperoleh negara tersebut dari melakukannya. Insentif ini terdiri dari berbagai macam hal, seperti peningkatan infrastruktur dasar serta peningkatan peluang kerja. Salah satu motivasi utama terciptanya teknologi baru dalam masyarakat saat ini adalah keinginan untuk mengurangi jumlah tenaga fisik yang diperlukan untuk melakukan tugas sehari-hari. Pembelajaran mesin, kecerdasan buatan, dan visi komputer adalah komponen terpenting untuk keberhasilan upaya ini.

## 7.2 KARYA TERKAIT

Gambar V-disparity dan G-disparity dibuat oleh Crowe dengan tujuan untuk menemukan rintangan secara otomatis melalui evaluasi disparitas antara bidang tanah dan gambar. Sejak pergantian abad, teknologi yang memungkinkan pengemudian otonom telah diciptakan, dan teknologi ini berpotensi membuat pengemudian jauh lebih aman dan lebih layak secara ekonomi.

Meskipun masuk akal untuk mengantisipasi bahwa teknologi pengemudian otonom yang dijelaskan dalam Dalal et al., pada awalnya akan diimplementasikan dalam lingkungan terstruktur seperti mengemudi di jalan raya dan parkir kecepatan rendah, dapat dikatakan bahwa skenario lain, seperti mengemudi di kota, menghadirkan tantangan yang lebih besar karena adanya pengguna jalan nonotonom seperti pejalan kaki, pengendara sepeda, dan kendaraan lain.

Misalnya, masuk akal untuk mengantisipasi bahwa teknologi yang dijelaskan dalam Dalal et al., pada awalnya akan diimplementasikan dalam lingkungan terstruktur seperti mengemudi di jalan raya dan parkir kecepatan rendah. Sebagai konsekuensinya, fokus dalam Bab harus diarahkan ke model berkendara yang tidak hanya memiliki kemampuan untuk mengantisipasi perilaku tidak menentu dari pengguna jalan lain tetapi juga memiliki kemampuan untuk menghindari tabrakan dengan orang-orang tersebut.

Penurunan biaya sensor sistem mikro-elektro-mekanis (MEMS) terintegrasi selama beberapa dekade terakhir telah menjadi salah satu perkembangan utama dalam teknologi yang memungkinkan yang telah berkontribusi besar pada perluasan sistem bantuan pengemudi tingkat lanjut (ADAS). Selain itu, pengembangan ADAS dan kendaraan cerdas dibantu oleh sumber daya komputasi dan memori penting yang tidak terlalu mahal. Teknologi ini memungkinkan untuk meningkatkan keselamatan jalan dan memberikan jawaban atas

beberapa masalah yang terjadi dengan lalu lintas. Teknologi ini juga memungkinkan untuk menyediakan solusi.

Ada sejumlah tantangan yang harus diatasi sebelum kendaraan yang sepenuhnya otonom dapat menjadi kenyataan. Salah satu tantangan terpenting dari ini terkait dengan masalah navigasi dalam situasi yang dinamis dan tidak statis yang tidak dapat diprediksi. Meskipun demikian, kecerdasan buatan dan visi komputer memberikan prospek untuk solusi masa depan terhadap tantangan seperti navigasi mobil otonom dalam lingkungan yang tidak terstruktur, analisis dan klasifikasi pemandangan, dan aktivitas lain yang sejenis.

Salah satu solusi yang disajikan dalam Forsyth et al., adalah visi sistem yang dapat didasarkan pada satu kamera monokuler dengan pemrosesan gambar morfologis, menggabungkan geometri jalan dan B-Snakes, atau beberapa kamera untuk pemrosesan tingkat lanjut seperti estimasi jarak antar objek dan rekonstruksi objek 3D. Menggabungkan geometri jalan dan B-Snakes adalah salah satu solusi lain yang disajikan. Kedua pilihan ini adalah pilihan yang layak. Namun, salah satu tantangan tersulit yang dihadapi mobil tanpa pengemudi adalah tugas mengenali lajur jalan. Sebagian besar tantangan ini mungkin disebabkan oleh banyaknya data yang harus diproses secara real-time. Algoritme harus mampu memulihkan kondisi jalan saat ini selain ketidakpastian yang mungkin ada. Beberapa contoh ketidakpastian ini adalah bayangan, guncangan kendaraan, kebisingan sensor, Dollar et al., dan faktor serupa lainnya. Untuk mengatasi batasan ini, pendekatan baru perlu digabungkan dengan algoritme pemrosesan gambar tradisional untuk meningkatkan kinerja yang terakhir, menargetkan wilayah yang diinginkan dengan lebih baik, dan meminimalkan jumlah komputasi yang diperlukan untuk aplikasi real-time.

Kemajuan teknologi baru di berbagai bidang ilmiah telah membuat proses menjalani kehidupan manusia jauh lebih mudah, lebih nyaman, dan tidak terlalu menuntut. Pertumbuhan teknologi tertanam di dalam industri otomotif membantu peningkatan kualitas keberadaan manusia dengan membuatnya lebih aman dan lebih nyaman bagi orang untuk hidup. Dalam Bab terkini menunjukkan bahwa ada lebih dari 1,3 juta orang yang kehilangan nyawa karena kecelakaan yang melibatkan kendaraan bermotor setiap tahunnya. Tugas yang melibatkan bagian yang paling bergerak dan menghadirkan tantangan terbesar dalam hal menjaga keselamatan penumpang dan mobil di jalan adalah mendeteksi rintangan secara real time. Sistem deteksi rintangan pertama kali dikembangkan oleh Delco System Operations di Goleta, California, pada tahun 1988.

Bisnis ini dianggap sebagai pelopor dalam bidang deteksi rintangan. Fungsi utama sistem ini adalah berfungsi sebagai perangkat keselamatan yang memantau jalur di depan kendaraan dan memberi tahu pengemudi tentang kemungkinan bahaya yang terdeteksi. Selain itu, sistem ini dapat menentukan apakah ada objek bergerak di jalur di sebelah kanannya atau tidak. Setelah pemasangan sistem ini selesai, sektor otomotif diharapkan akan mengadopsi pendekatan mutakhir untuk mendeteksi objek yang akan mencakup penggunaan sensor inframerah, sensor radar, dan sensor ultrasonik. Kebutuhan yang terus meningkat akan teknologi terintegrasi dalam industri otomotif telah menghasilkan terciptanya fitur

keselamatan yang lebih baik dan lebih andal yang tidak hanya melindungi pengemudi tetapi juga penumpang.

Penggunaan sejumlah sistem deteksi rintangan yang berbeda menghasilkan penyediaan langkah-langkah keselamatan serta peningkatan efisiensi keseluruhan sektor transportasi. Teknologi kendaraan otonom, yang terdiri dari berbagai sensor untuk mengidentifikasi rintangan di depan, di samping, dan di belakang kendaraan, saat ini menjadi standar di sebagian besar kendaraan yang saat ini beroperasi di jalan umum. Teknologi ini dipasang di sebagian besar kendaraan yang saat ini ada di jalan.

Tujuan mendasar dari pekerjaan yang dijelaskan dalam bab ini adalah untuk memberikan kontribusi terhadap identifikasi rintangan di titik buta lateral kendaraan dan di depan kendaraan. Kontribusi ini akan dilakukan melalui penggunaan sistem kamera. Pengemudi akan mendapat peringatan dari sistem, yang akan memberi mereka kesempatan untuk menggunakan rem atau memutar roda untuk menghindari kecelakaan. Karena sensor ultrasonik dapat mendeteksi objek yang sangat dekat dengan kendaraan, memiliki reaksi cepat, dan menciptakan jarak yang tepat antara rintangan dan kendaraan, maka diusulkan agar teknologi ini menanamkan sensor ultrasonik untuk tujuan deteksi. Hal ini karena sensor ultrasonik dapat mendeteksi item yang sangat dekat dengan kendaraan.

Dalam upaya awal yang dilakukan untuk mendeteksi rintangan, sensor inframerah digunakan. Sensor jarak ini digunakan secara luas dalam berbagai aplikasi dengan tujuan utama mencegah tabrakan dengan berbagai halangan. Kesalahan dalam jarak yang diukur disebabkan oleh fakta bahwa sensor inframerah, yang juga dikenal sebagai sensor IR, memiliki perilaku yang sebanding dengan perilaku nonlinier, dan konsep dasarnya bergantung pada pantulan dari objek di area sekitar.

Hal ini menyebabkan kesalahan dalam jarak yang diukur. Karena itu, seseorang tidak dapat mengandalkan pembacaan yang diberikan sensor ini sebagai akurat. Akibatnya, jarak terdekat yang dapat diukur secara akurat dengan sensor ini paling cepat adalah 25 cm. Teknologi pemrosesan gambar dan visi komputer juga digunakan dalam peningkatan keselamatan pejalan kaki serta deteksi pejalan kaki. Ini adalah tugas yang paling menantang, karena pemrosesan cepat diperlukan untuk memperingatkan pengemudi segera setelah memungkinkan untuk melakukannya. Sangat penting bahwa pejalan kaki diidentifikasi di setiap bingkai tempat mereka terlihat.

Sistem yang mengandalkan teknologi gambar dan penglihatan, pada kenyataannya, memiliki beberapa kekurangan yang perlu ditangani. Di daerah dengan kondisi cuaca yang tidak menguntungkan, seperti kabut tebal, cuaca buruk, dan curah hujan yang signifikan, pendekatan tersebut tidak dapat diandalkan. Ada kemungkinan algoritme membuat kesalahan saat mencoba membedakan antara bayangan dan pejalan kaki.

Sistem tersebut memerlukan kamera dengan resolusi tinggi, dan pemasangan sistem semacam itu merupakan upaya yang sulit, karena menghasilkan ketidakakuratan karena peredaman dan getaran yang dihasilkan oleh mobil. Namun, sistem tersebut memerlukan kamera beresolusi tinggi agar dapat berfungsi dengan baik. Pemrosesan gambar merupakan salah satu pendorong utama di balik pertumbuhan aplikasi terkait otomatisasi, keamanan, dan

keselamatan di sektor elektronik. Sebagian besar pendekatan untuk pemrosesan gambar memerlukan penyelesaian serangkaian fase, seperti "memperlakukan gambar sebagai sinyal dua dimensi dan menerapkan teknik pemrosesan sinyal tradisional padanya".

Gambar juga diproses sebagai sinyal tiga dimensi, dengan sumbu waktu atau sumbu z bertindak sebagai dimensi ketiga dalam operasi pemrosesan ini. Jika sistem tertanam dan pemrosesan gambar digabungkan dalam proses pengembangan aplikasi, ada kemungkinan bahwa solusi yang dihasilkan akan sangat efektif, membutuhkan sedikit memori, dan dapat diandalkan. Ini akan memunculkan manfaat dari kedua teknologi ini. Google, salah satu perusahaan yang bernilai satu miliar dolar, adalah salah satu perusahaan yang telah meluncurkan kendaraan otonomnya sendiri. Desain mobil ini menyingkirkan semua kontrol konvensional, seperti roda kemudi, dan juga menyoroti sejumlah perkembangan teknis yang mencengangkan lainnya. Salah satu teknologi terpenting yang disertakan Google dalam kendaraan otonom mereka disebut LiDAR, yang merupakan singkatan dari "deteksi cahaya dan pengukuran jarak".

Google telah menyertakan sejumlah besar teknologi canggih lainnya di mobil mereka, selain pemrosesan gambar, yang merupakan perkembangan yang mengesankan. Laser dikirim ke atmosfer oleh perangkat yang dapat berbentuk kerucut atau keping dan mengirimkannya keluar. Dengan memantulkan laser tersebut dari berbagai benda yang ditemukan di lingkungan, peta lingkungan beresolusi tinggi dapat dibuat secara real-time.

### **7.3 METODOLOGI PEKERJAAN YANG DIUSULKAN**

Untuk mengatur fokus tanah dan mensimulasikan kemiringan jalan dalam berbagai situasi, sistem penemuan labu berkelanjutan yang bergantung pada satu sensor LiDAR telah disajikan. Dalam proses persiapan informasi untuk aplikasi yang melibatkan kendaraan otonom, pembagian tanah yang andal dan terampil memainkan peran penting. Hal ini karena berpotensi mengurangi jumlah informasi yang perlu ditangani dan, sebagai hasilnya, jumlah waktu keseluruhan yang dihabiskan untuk melakukan perhitungan.

Untuk menangani karakteristik ini, teknik unik yang didasarkan pada panduan matriks hunian probabilitas telah dikembangkan untuk mencapai ketepatan tinggi selain kemahiran tinggi. Struktur ini terdiri dari tiga submodul yang berbeda, yaitu sebagai berikut: (1) pengadaan dan kemiringan pengetahuan, (2) panduan kisi hunian probabilitas yang menunjukkan, dan (3) relaps langsung tertimbang. Bagian informasi yang menjadi tanggung jawab setiap sisi untuk mempersiapkan atau memproses adalah komponen yang berfungsi sebagai titik fokus kerangka kerja. Analisis berkelanjutan telah diarahkan sedemikian rupa untuk memvalidasi kesesuaian dan kemanjuran kerangka kerja yang kami sarankan. Sistem pengenalan untuk mobil otonom sering kali memerlukan berbagai sensor untuk mendapatkan informasi.

Sensor-sensor ini dapat mencakup LiDAR, radar, kamera, dan perangkat serupa lainnya. Tantangan luar biasa untuk penanganan yang sedang berlangsung adalah mampu menafsirkan sejumlah besar informasi yang telah diperoleh dari semua sensor ini. Saat ini, pembagian tanah merupakan proyek penting yang sedang dilakukan di tengah jalan untuk menghilangkan

informasi yang berulang dan mengurangi sifat perhitungan yang rumit. Tugas pembagian tanah dicapai dengan membagi informasi yang tersedia menjadi beberapa kelompok yang akan digunakan untuk tujuan yang berbeda, seperti mengikuti, mengantisipasi, atau sistem bantuan mengemudi.

Pembagian yang berlebihan, pembagian yang kurang, atau pembagian sedang adalah tiga masalah utama yang muncul dengan kerangka kerja pembagian. Penyajian kerangka kerja pengenalan terpengaruh sebagai akibat dari masalah-masalah ini. Pada akhir hari, memiliki kalkulasi pembagian tanah yang andal, efisien, dan bebas gangguan merupakan hal yang sangat penting untuk kualitas yang stabil dan sifat komputasi yang beragam dari kerangka kerja tersebut.

Disarankan dan dilaksanakan bahwa pendekatan berkelanjutan untuk pembagian tanah digunakan untuk mengukur posisi dan kemiringan tanah secara efisien dan kuat. Hal ini dicapai dengan mengambil poin-poin penting dari geometri sensor LiDAR yang dipasang di atap. Untuk mencapai tingkat akurasi yang tinggi dalam temuan serta komputasi yang produktif, kerangka kerja berkelanjutan yang disarankan bergantung pada peta kisi hunian probabilitas dan relaps lurus tertimbang untuk pembagian tanah.

Awan titik LiDAR mentah dipisahkan menjadi indeks informasi puntiran rendah dan kumpulan informasi puntiran tinggi karena fakta bahwa fokus dari jarak yang lebih dekat, secara rata-rata, memiliki lebih sedikit puntiran. Informasi yang diperoleh dari tekukan rendah diterapkan dalam proses membangun model estimasi tanah. Model tanah bertanggung jawab atas sebagian dari kalkulasi indeks informasi kontorsi tinggi. Model estimasi lapangan dihasilkan dengan mendaftarkan penilaian awal mentah dari peta matriks hunian. Hal ini memecahkan masalah dengan menyediakan peta yang berkomunikasi dengan bumi berdasarkan informasi estimasi sensor yang bisung dan meragukan.

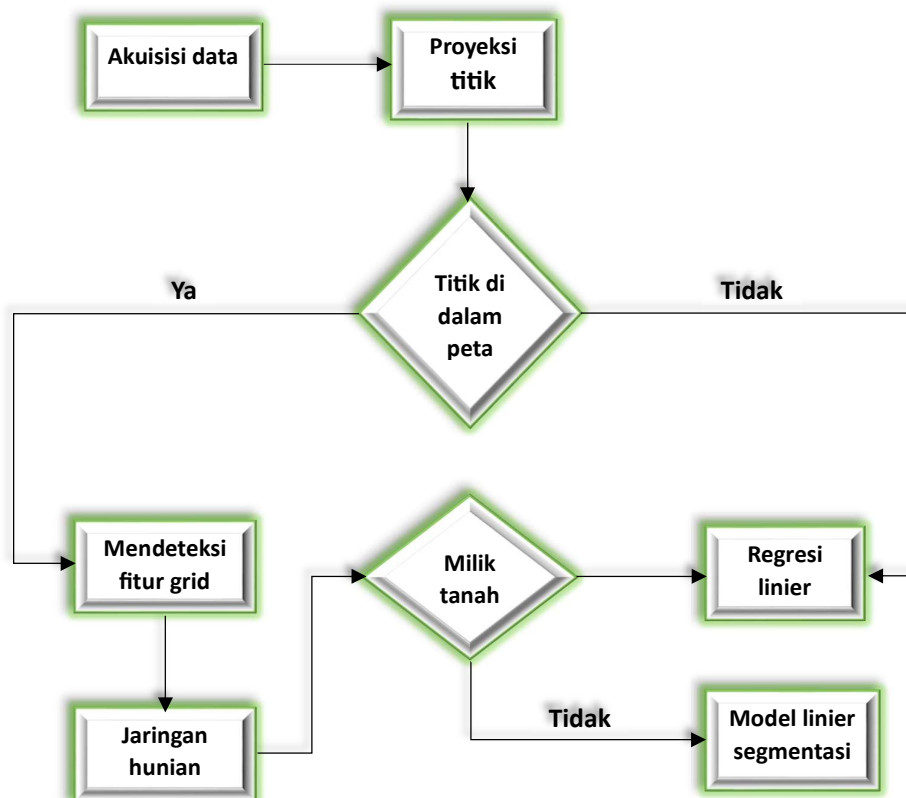
Kumpulan informasi dengan kontorsi rendah digunakan bersama dengan relaps langsung yang dibobot secara rekursif untuk menentukan kemiringan jalan raya. Sejumlah besar informasi mentah yang dikumpulkan dari LiDAR melalui bundel UDP diubah dari arah melingkar ke arah Cartesian sebagaimana dinyatakan. Hal ini dilakukan untuk membagi fokus tanah. Strategi naif dapat menyingkirkan semua fokus yang berada di bawah ketinggian prasetel tertentu. Menggunakan konsensus sampel acak (RANSAC) untuk memasang model di sekitar beberapa anomali informasi merupakan teknik yang menyediakan metode yang sedikit lebih baik untuk memasang bidang datar.

Metode ini dilakukan melalui penggunaan RANSAC. Perhitungan RANSAC cukup mudah dipahami, dan terdiri dari empat langkah berikut: (1) Pilih contoh nonstandar yang tidak cocok dengan model. (2) Bangun model menggunakan data dari set pengujian. (3) Menggunakan indeks informasi komprehensif, cari tahu bagaimana inlier pada model ini harus diatur. (4) Ulangi tahap 1 hingga 3 hingga ditemukan model yang memiliki outlier terbanyak relatif terhadap total instance. Gambar 7.2 menunjukkan diagram alir deteksi permukaan tanah. Persamaan yang dipisahkan untuk gerakan maju dapat ditulis sebagai berikut:

$$(m - X_{\dot{a}})\dot{u} - X_u u_r - X_{|\psi} | u_r | u_r = \tau_1$$

di mana  $t_1$  adalah gaya kendali yang disebabkan oleh baling-baling pada arah gelombang, dan model gelombang linier pada kecepatan operasi  $u_0$  diberikan sebagai berikut:

$$(m - X_i)u_0 - X_u u_a - X_{||\omega} | u_0 | u_0 = \tau_1$$



**Gambar 7.2** Diagram alir deteksi permukaan tanah.

Gaya dorong dihitung sebagai fungsi rpm baling-baling dan kecepatan kapal dengan melakukan uji coba sistematis di tangki penarik dengan uji kecepatan maju mandiri yang berjalan bebas.

Gerakan yang dipisahkan dalam gerakan bergoyang dan bergerak yang dilinearisasi terhadap kecepatan konstan dapat direpresentasikan sebagai berikut:

$$Mv + N(u_0)v_r = b\delta_r$$

Dimana

$$M = \begin{bmatrix} m - Y_i & mx_g - Y_r \\ mx_g - N_i & I_z - N_i \end{bmatrix}, N(u_0) = \begin{bmatrix} -Y_r & (m - X_v)u_0 - Y_r \\ (X_u - Y_i)u_a - N_v & (mx_g - Y_i)u_0 - N_r \end{bmatrix} \text{ dan } b = \begin{bmatrix} -Y_d \\ -N_s \end{bmatrix}, \quad (3.15)$$

$$\begin{pmatrix} m - Y_i & 0 & mx_g - Y_r \\ 0 & 1 & 0 \\ mx_g - N_i & 0 & I_z - N_r \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dot{\psi} \\ \dot{\Psi} \\ \dot{r} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -Y_v & 0 & (m - X_u)u_a - Y_r \\ 0 & 0 & 1 \\ -N_v & 0 & (mx_g - Y_r)u_0 - N_r \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v \\ \Psi \\ r \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_s \\ 0 \\ N_s \end{pmatrix} \delta_r$$

$Y_s = Y_{as} + Y_{ps}$ ,  $N_s = N_{ss} + N_{ps}$  adalah gaya dan momen gabungan akibat sistem kemudi kembar dan  $\delta$  adalah defleksi kemudi.

Sistem prima sebagian besar digunakan dalam manuver kapal, sedangkan BIS dapat digunakan untuk kecepatan nol seperti dalam kasus penentuan posisi dinamis. Perbedaan antara keduanya diilustrasikan di bawah ini:

Dalam sistem prima: Kecepatan linier adalah  $U$

Dalam BIS: Kecepatan linier adalah  $\sqrt{Lg}$

Ekspresi nondimensi untuk konstanta waktu dan konstanta penguatan menggunakan sistem prima diberikan sebagai berikut:

$$K' = K, T'_1 = \left(\frac{U}{L}\right) T_1, T'_2 = \left(\frac{U}{L}\right) T_2, T'_3 = \left(\frac{U}{L}\right) T_3$$

di mana  $U$  menunjukkan kecepatan sesaat dan  $L$  adalah panjang kapal antara garis tegak lurus haluan dan haluan.

Dinamika kapal orde pertama yang dinyatakan dalam bentuk nondimensi diberikan oleh persamaan berikut:

$$\left(\frac{L}{U}\right) T' \dot{r} + r = \left(\frac{L}{U}\right) K' \delta$$

Representasi ini berguna karena gain nondimensional dan konstanta waktu biasanya berada dalam kisaran  $0.5 < K'_N < 2$  dan  $0.5 < T < 2$  untuk sebagian besar kapal. Parameter  $K'_N$  dan  $T$  diperoleh dengan melakukan manuver yang terdefinisi dengan baik seperti uji lingkaran putar dan uji zig-zag menggunakan model self-propelled.

#### 7.4 HASIL EKSPERIMEN DAN ANALISIS

Ini adalah metode generik untuk pemrosesan gambar dan pemrosesan sinyal, dan filter homomorfik adalah pendekatan peningkatan gambar penting yang didasarkan pada domain frekuensi, yang melibatkan penggunaan pemetaan nonlinier untuk mentransfer data ke domain yang berbeda, diikuti dengan penggunaan metode penyaringan linier dan pemetaan berikutnya kembali ke domain awal.

Filter homomorfik akan secara bersamaan meningkatkan kontras gambar sekaligus meratakan kecerahan gambar. Derau Gaussian Distribusi normal, yang juga dikenal sebagai distribusi Gaussian, disebut sebagai derau Gaussian. Derau Gaussian adalah sejenis derau statistik yang memiliki fungsi kerapatan probabilitas yang sama dengan distribusi normal.

Kontributor paling signifikan terhadap keberadaan derau Gaussian dalam foto digital adalah proses penangkapan gambar itu sendiri.

Derau Gaussian dapat dikurangi dalam pemrosesan gambar digital dengan memanfaatkan filter spasial dan frekuensi; namun, hal ini dapat menimbulkan konsekuensi yang tidak diinginkan, seperti pengaburan tepi gambar yang tertutup rapat, dan berkorelasi dengan frekuensi tinggi. Fungsi kerapatan probabilitas bernama  $p$  dari variabel acak Gaussian  $z$  diberikan oleh persamaan  $p G(Z) = 1/(2) e^{-((z-a)^2)/(2s^2)}$ ; persamaan ini dapat ditemukan dengan menggunakan notasi.

Di mana  $Z$  menyatakan jumlah abu-abu,  $a$  menyatakan nilai rata-rata, dan  $s$  menyatakan deviasi standar. Ketika digunakan untuk pendekatan penyaringan homomorfik, proses ini disebut sebagai penyaringan homomorfik Gaussian atau penyaringan homomorfik berbasis derau Gaussian. Dalam pengaturan khusus ini, proses penghitungan logaritma intensitas gambar menjadikan penyaringan cahaya dan pantulan menjadi operasi aditif. Oleh karena itu, komponen gambar dapat diperluas, dan diasumsikan bahwa komponen frekuensi rendah terutama akan mewakili pantulan dalam gambar. Secara umum diterima bahwa komponen frekuensi rendah suatu gambar mencakup sebagian besar pencahayaan gambar.

Ada kemungkinan bahwa peran filter homomorfik adalah untuk mengurangi frekuensi rendah sekaligus meningkatkan frekuensi tinggi. Sekali lagi, berkenaan dengan aplikasi yang sedang dikerjakan, penyaringan homomorfik memberikan peningkatan tingkat abu-abu yang lebih rendah yang diperlukan untuk meningkatkan kualitas. Dalam domain intensitas log, filter lolos tinggi digunakan untuk mengurangi frekuensi rendah sekaligus memperkuat frekuensi tinggi.

$I(x, y) = I(x, y) + n(x, y)$ , di mana  $n$  adalah derau, sebagaimana ditentukan oleh hasil metode derau aditif yang saat ini digunakan oleh para peneliti. Akan tetapi, masih banyak dalam Bab yang dilakukan, seperti model perkalian  $I(x, y) = I(x, y)n(x, y)$ . Pergeseran pencahayaan yang tidak seragam yang terlihat dalam foto dapat dengan mudah diperbaiki dengan pendekatan homomorfik ini, itulah sebabnya pendekatan ini banyak digunakan. Reflektansi iluminasi dari pembuatan gambar terdiri dari intensitas pada setiap piksel yang diberikan, yang merupakan jumlah cahaya yang dipantulkan oleh sebuah titik pada suatu item dalam gambar. Reflektansi iluminasi merupakan hasil dari pencahayaan pemandangan yang dikombinasikan dengan reflektansi item yang ada dalam pemandangan tersebut.

$$I(x, y) = L(x, y) R(x, y)$$

Mobil mempertahankan kecepatan tinggi saat melaju di jalur pada langkah 1. Langkah 2: Blok sensor utara menemukan penghalang di depan kendaraan menggunakan sensornya. Tentukan jarak yang memisahkan kendaraan dan penghalang yang ada di depan kendaraan. Jika jaraknya berada dalam kisaran jarak yang dianggap aman, maka Anda harus memperlambat secara bertahap dengan menggunakan rem ringan. Langkah 3: Menggunakan modul RF untuk berkomunikasi dengan kendaraan yang bertindak sebagai penghalang, tentukan kecepatannya saat melaju. Perhatikan seberapa cepat mobil di depan Anda melaju selama proses

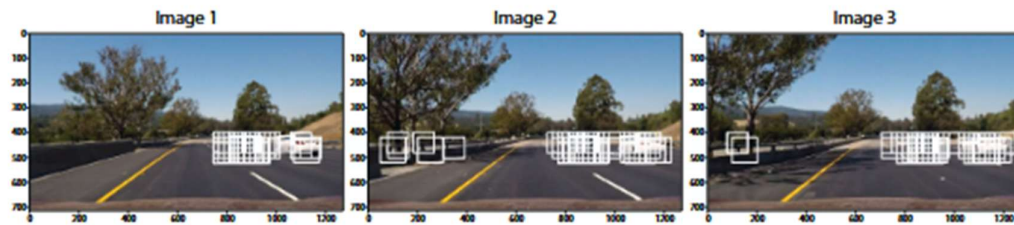
menghindari tabrakan. Langkah 4: Tentukan apakah ada peluang untuk berpindah jalur. Pertama, perhatikan jalur di sebelah kiri. Pada langkah kelima dari proses ini, blok sensor kiri, blok sensor barat laut, dan blok sensor barat daya mencari jalur kiri untuk setiap penghalang potensial. Langkah 6: Jika tidak ditemukan halangan di lajur kiri, mobil akan dipindahkan secara proporsional ke lajur kiri jika dikendalikan secara proporsional. Langkah 7: Jika ditemukan halangan di lajur kiri, maka perlu diperiksa peluang untuk berpindah lajur ke kanan. Pada langkah kedelapan, blok sensor timur laut, blok sensor timur, dan blok sensor tenggara mencari lajur kanan untuk setiap halangan potensial. Langkah 9: Jika tidak ditemukan halangan di lajur kanan, sudut mobil akan disesuaikan secara proporsional sehingga dapat masuk ke lajur kanan. Langkah 10: Jika ditemukan halangan juga di lajur kanan, lanjutkan ke langkah berikutnya dan periksa jarak antara kendaraan dan halangan di depan kendaraan sekali lagi. Langkah 11: Jika jarak sekali lagi berada dalam kisaran jarak yang dapat diterima, lanjutkan untuk mengulangi langkah 4 hingga 10.

### **7.5 PEMROSESAN TANGKAPAN GAMBAR MOBIL OTONOM**

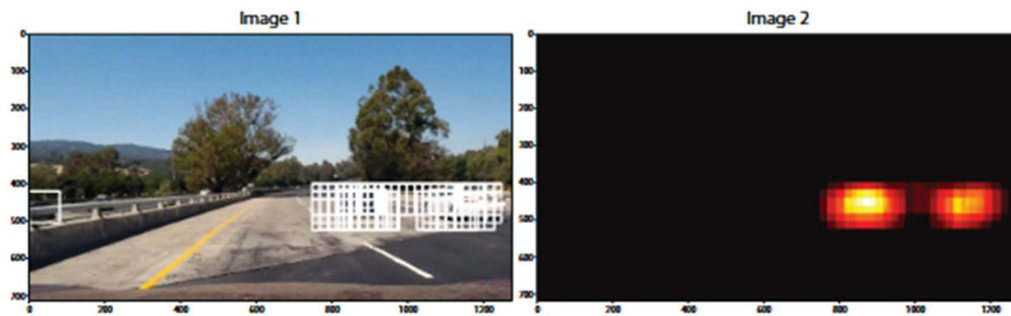
Empat puluh megahertz adalah frekuensi clock CPU yang sedang digunakan. Periode waktu, yang sering dikenal sebagai siklus jam, adalah 25 ns. Karena itu, pembaruan dilakukan sekitar sekali setiap beberapa puluh nanodetik. Akibatnya, perkiraan jarak dibuat dan dipertahankan sekitar setiap beberapa puluh nanodetik. Jika jumlah pembaruan yang terjadi setiap detik minimal, maka perkiraan jarak bisa jadi tidak tepat, dan sistem tidak akan dapat mencegah tabrakan, yang akan menyebabkan kecelakaan dan kerugian finansial. Karena melakukan pembaruan pada register 264 setiap beberapa puluh nanodetik, CPU 40-MHz cukup untuk menghindari tabrakan. Karena penundaan tidak terjadi di sistem, maka tabrakan tidak terjadi karena alasan ini. Seiring berjalannya waktu, kemajuan teknologi terus berlanjut, dan CPU baru dengan siklus clock yang lebih rendah dan frekuensi yang lebih tinggi diperkenalkan ke pasaran.

Di dalam mikrokontroler yang digunakan, kode perangkat lunak dijalankan secara berurutan. Sebagai konsekuensinya, eksekusi setiap instruksi memerlukan sejumlah siklus clock. Dalam hal ini, hanya beberapa siklus clock yang telah berlalu, dan setiap siklus clock berlangsung selama 25 ns. Nilai dari sensor dibaca di awal setiap iterasi kode, tetapi tidak dibaca lagi hingga semua instruksi yang datang sebelumnya telah dijalankan dalam siklus yang sama. Gambar 7.3 dan Gambar 7.4 menunjukkan tahap pemrosesan gambar 1 dan tahap 2.

Sebuah studi dilakukan untuk menentukan apakah IVC dapat digunakan untuk CAS, dan hasil studi tersebut berhasil diverifikasi menggunakan lingkungan simulasi LabVIEW. Setelah itu, jarak diukur dengan menggunakan indikator kekuatan sinyal yang diterima (RSSI), yang ternyata bersifat nonlinier. Oleh karena itu, perlu menggunakan infrastruktur pinggir jalan untuk pengukuran jarak, identifikasi kendaraan, dan pengaturan waktu penyeberangan lokasi tertentu, serta memulai tindakan untuk menghindari tabrakan. Telah terbukti bahwa pengujian Modul RF untuk IVC dalam lingkungan CA berhasil. Topik ini dibahas.



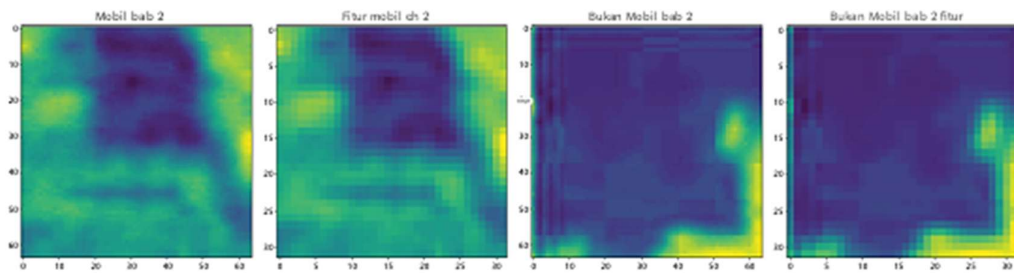
**Gambar 7.3** Input dan deteksi hambatan.



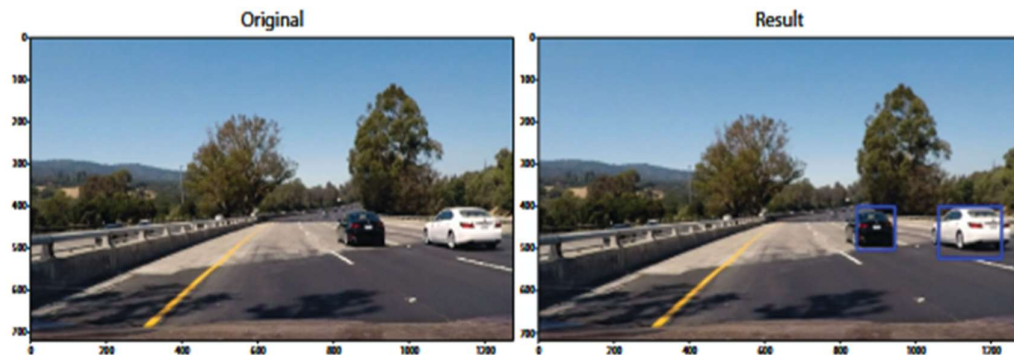
**Gambar 7.4** Tahap pemrosesan gambar 2.

Diklaim bahwa CA akan menggunakan metodologi berbasis infrastruktur. Demonstrasi prototipe yang berhasil telah dilakukan dengan memanfaatkan 8051 Development Boards dan PC pribadi. Penggunaan IVC untuk CA akhirnya diterapkan dengan menggunakan prototipe mobil pintar Freescale. Telah dihipotesiskan, setelah dalam Bab terhadap sejumlah sistem penghindaran tabrakan yang berbeda, bahwa komunikasi antar kendaraan dapat menjadi solusi yang dapat diterapkan untuk masalah penghindaran tabrakan pada kendaraan masa depan.

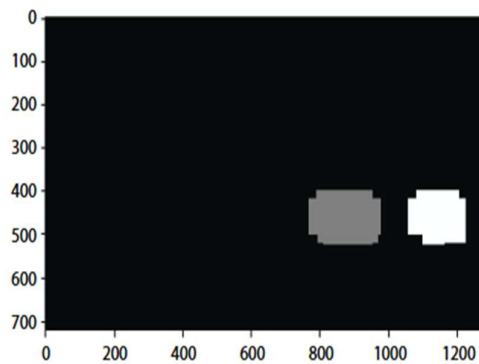
Gambar 7.5 menunjukkan hasil tahap 3 pemrosesan gambar. Hal ini terutama disebabkan oleh fakta bahwa sistem ini murah, memiliki aplikasi universal, dan dapat dengan mudah diintegrasikan dengan ITS. Gambar 7.6 hingga Gambar 7.8 menunjukkan hasil keluaran akhir dari pekerjaan yang diusulkan. Selain itu, IVC berfungsi sebagai struktur pendukung utama untuk sistem transportasi cerdas. Dapat dibayangkan bahwa banyak masalah yang berkaitan dengan ITS dapat diselesaikan dengan menggunakan komponen penting ITS ini sebagai perangkat untuk pencegahan tabrakan. Diharapkan bahwa ITS akan mengalami pertumbuhan eksponensial selama beberapa tahun ke depan. Akibatnya, solusi yang sangat efisien untuk pencegahan tabrakan adalah sistem yang termasuk dalam ITS, berpotensi hemat biaya, dan mampu menghindari tabrakan secara efektif. Dibandingkan dengan sistem radar, CAS yang berbasis pada komunikasi nirkabel lebih mudah diimplementasikan dan memiliki tingkat kerumitan yang lebih rendah. Namun, hal ini sangat bergantung pada ketersediaan semua mobil lainnya (penetrasi pasar).



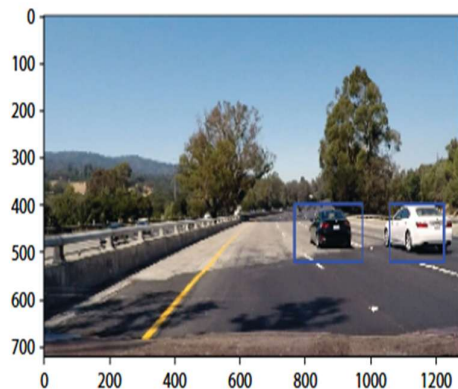
**Gambar 7.5** Tahap pemrosesan gambar 3.



**Gambar 7.6** Gambar dengan deteksi mobil.



**Gambar 7.7** Pengolahan gambar pengurangan latar belakang.



**Gambar 7.8** Analisis hasil akhir.

Hal ini dapat dicapai dengan menggunakan perangkat keras dan perangkat lunak ITS. CAS berbasis IVC mencakup rentang yang luas yang sebanding dengan radar.

Oleh karena itu, IVC yang merupakan elemen tulang punggung yang melekat dan integral dari ITS telah dipertimbangkan untuk mengurangi kompleksitas perangkat keras dan biaya serta meningkatkan kecepatan penginderaan dan kontrol, sehingga mobil menjadi ekonomis dan memenuhi syarat untuk menjadi bagian dari ITS.

## 7.6 KESIMPULAN

Dalam Bab ini dilakukan dengan tujuan untuk mengembangkan sistem parkir paralel otomatis yang mampu memarkir mobil sebagai reaksi terhadap dinamika lingkungan sekitarnya dan akan cukup adaptif untuk memperhitungkan dimensi kendaraan yang diparkir. Pengontrol parkir yang menggunakan logika fuzzy adalah elemen utama yang membentuk sistem kami. Desain intinya terdiri dari perencanaan rute klasik, dan pengaturan parkirnya dirancang untuk mengikuti jalur polinomial orde kelima. Namanya berasal dari fakta bahwa jalur yang diikutinya adalah polinomial orde kelima. Konfigurasi tempat parkirnya direncanakan. Dimungkinkan untuk membangun lintasan halus yang dibatasi dengan cara non-holonmik. Desain pengontrol ini cukup stabil, dan mampu memarkir mobil dalam orientasi dan tempat awal apa pun.

Sistem sensor ultrasonik yang telah dibangun sejauh ini mampu memberikan informasi yang akurat di semua arah horizontal yang mengelilingi kendaraan. Jika dibandingkan dengan teknologi penginderaan lainnya, salah satu cara untuk menghasilkan heterogenitas adalah dengan menggunakan sejumlah besar sensor, sementara salah satu cara untuk mencapai homogenitas adalah dengan memanfaatkan kelompok sensor. Sejauh yang memungkinkan secara manusiawi, orientasi dan lokasi sensor dijaga dalam kondisi optimal. Metode penginderaan hanya perlu melakukan operasi aritmatika untuk menemukan data yang telah dirasakannya, sebagai konsekuensinya, metode ini efisien dan cepat secara komputasi.

Penggabungan pengetahuan tradisional tentang inferensi navigasi robot bergerak bersama dengan informasi sensor ke dalam pengontrol parkir paralel yang sudah ada telah ditentukan untuk secara signifikan meningkatkan kegunaan pengontrol tersebut dalam kondisi lingkungan yang dinamis dan tidak pasti. Kesimpulan ini dicapai berdasarkan analisis kualitatif dan hasil simulasi yang diberikan untuk berbagai pendekatan yang diusulkan.

Setelah melakukan investigasi dan simulasi terhadap hasil dari masing-masing cara yang disarankan, kesimpulan ini dicapai. Arsitektur yang disarankan yang telah kami bangun menggunakan strategi hibrida yang memadukan pengendali parkir berbasis logika fuzzy dengan konsep desain navigasi berbasis logika fuzzy. Pendekatan ini diambil untuk memaksimalkan efisiensi dan efektivitas. Metode ini mengungguli semua algoritma parkir lain yang pernah dikembangkan hingga ke tingkat yang dianggap memadai. Sistem parkir otonom yang sudah digunakan dapat memperoleh manfaat dari arsitektur penghindaran rintangan yang baru. Arsitektur ini, yang mengintegrasikan sejumlah pengendali untuk memberikan kecerdasan seperti manusia saat bekerja di hadapan rintangan yang diam atau bergerak, dapat digunakan untuk sistem parkir yang ada.

Selain itu, berkat konstruksi ini, tidak ada kemungkinan terjadinya tabrakan saat operasi parkir sedang dilakukan. Definisi parameter sistem dapat diperoleh dari margin keamanan, yang merupakan generalisasi dari parameter sistem itu sendiri. Berkat pengendali fuzzy keputusan yang disertakan dalam arsitektur yang kami sarankan, perilaku fuzzy seperti kemudi target, penghindaran rintangan, dan mengikuti dinding dapat dilakukan sebagaimana dan ketika diperlukan untuk pelaksanaan parkir CLMR.

## **BAB 8**

### **PENGENALAN EMOSI PENGEMUDI DI KENDARAAN OTONOM**

Tujuan dalam Bab ini adalah untuk membuat katalog berbagai emosi yang dialami oleh orang-orang dan untuk menentukan keadaan pikiran seseorang dengan mengamati perilakunya dan menarik kesimpulan dari pengamatan tersebut. Kemarahan, kesedihan, ketakutan, kesenangan, jijik, kejutan, dan netral adalah beberapa kelas emosi wajah yang dapat dikenali dengan memanfaatkan pengenalan ekspresi wajah, yang sering dikenal sebagai FER.

Menemukan basis data dalam emosi dengan menerapkan unit tindakan penyortiran sel teraktivasi fluoresensi (FACS) (AU), seperti investigasi kesan, mendiagnosis depresi dan gangguan perilaku, deteksi kebohongan, dan identifikasi emosi (tersembunyi), di antara hal-hal lainnya. Pendekatan jaringan saraf konvolusional (CNN) yang mendalam digunakan untuk mewujudkan tujuan mengenali berbagai ekspresi wajah. Teknik yang direkomendasikan menempatkan fokus yang signifikan pada pencapaian tingkat akurasi yang tinggi saat menentukan perasaan yang dikomunikasikan dalam rekaman video langsung.

#### **8.1 PENDAHULUAN**

Dengan penggunaan FACS, kita dapat menentukan kondisi mental seseorang dan memberikan rekomendasi yang tepat. Analisis berbagai ekspresi wajah ini menyediakan sejumlah metode untuk mengevaluasi emosi saat ini di masa kini (elektromiografi wajah [FEMG] adalah pilihan lain). Dalam Bab yang dilakukan oleh Paul Ekman pada awal tahun 1970an menghasilkan penemuan enam ekspresi wajah berbeda yang umum di semua budaya manusia. Jijik, murka, bahagia, sedih, terkejut, dan takut adalah beberapa perasaan yang termasuk dalam kategori ini. Perilaku ini dapat ditemukan setelah melakukan penyelidikan menyeluruh terhadap indikator profil.

Misalnya, mendekatkan sudut mata bagian dalam sambil mengangkat sudut bibir dapat dianggap sebagai tanda senang. Pengenalan ekspresi wajah (FER), yang merupakan salah satu metode paling praktis untuk mengintegrasikan informasi nonverbal dengan berbagai jenis analitik karena dapat memberikan beberapa wawasan tentang keadaan emosional seseorang serta tujuannya, adalah salah satu metode untuk mengintegrasikan informasi nonverbal. Salah satunya tugas yang dapat diselesaikan menggunakan teknik yang kami sarankan, yang didasarkan pada gaya atribut berbasis jaringan saraf konvolusional (CNN), adalah mencari tahu emosi yang dialami setiap orang dalam klip video di seluruh bingkai yang berbeda.

Ini adalah salah satu tugas yang dapat dilakukan dengan menggunakan strategi yang kami sarankan. Saat ini kami sedang mengumpulkan data dari klip video untuk mengetahui perasaan yang dialami oleh setiap peserta. Jumlah kepala yang diperlukan untuk memiliki pengetahuan khusus menurun dan begitu pula jumlah variabel yang perlu dikerjakan dengan terampil. Selain itu, jumlah kepala yang diperlukan untuk memiliki informasi tertentu menurun. Ada kemungkinan bahwa algoritme tersebut dapat ditingkatkan jika dilakukan

dengan cara yang berbeda. Artikel ini menyajikan metode untuk mengidentifikasi FER yang berpusat pada CNN, dan disajikan oleh kami kepada pembaca.

Sebagai input, klip video atau film dimanfaatkan, dan kemudian CNN digunakan untuk mengamati aktivitas manusia dan perilakunya. Teknologi *Virtual Focal Reality* (VFR) adalah jenis teknologi visi komputer yang mengumpulkan data yang cukup besar tentang rangkaian video yang disertakan dalam satu bingkai. Informasi ini kemudian dapat dianalisis. Ketika sistem VFR beroperasi, berbagai bisnis, termasuk RFID, akan tertarik pada bidang pengenalan sistem dan visi komputer karena penerapan teknologi RFID secara luas di bidang kartu (identifikasi frekuensi radio), kartu pintar, sistem pengawasan, sistem pembayaran, dan kontrol akses. Ketika sistem VFR beroperasi, RFID juga akan tertarik pada bidang pengenalan sistem dan visi komputer.

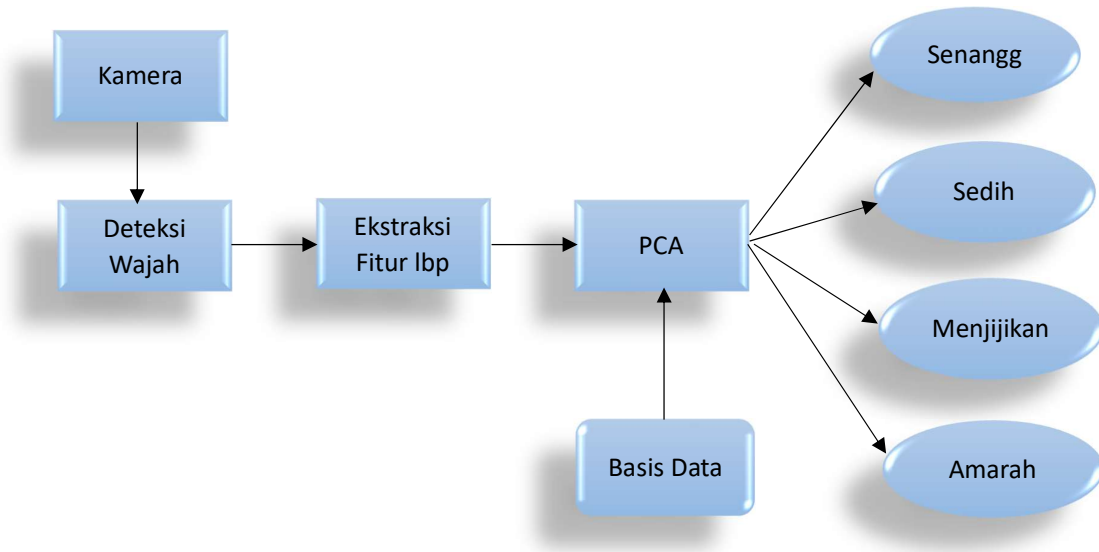
Pengembangan kendaraan otonom (AV) telah berlangsung secara bertahap selama beberapa dekade terakhir dengan menggunakan berbagai macam teknologi. Teknologi ini dapat mencakup sistem peringatan jarak dekat, pemantauan pengoperasian kendaraan, kendali jelajah otonom, deteksi dan penghindaran rintangan di jalan, manajemen rem, bantuan saat mengemudi dan parkir, pemantauan pengoperasian kendaraan, dan masih banyak lagi. Dalam bab ini, konsep "parkir kendaraan otomatis" dibedah menjadi beberapa elemen komponennya untuk lebih memahaminya.

Kemampuan kendaraan untuk memarkir dirinya sendiri tanpa bantuan manusia dari lokasi awal hingga posisi tujuan sambil mempertahankan orientasi yang benar adalah definisi parkir kendaraan otonom. Kemampuan ini harus dipertahankan saat kendaraan melaju dari lokasi awal hingga posisi tujuan. Berbagai cara mobil dapat diparkir diuraikan dalam daftar berikut:

- Parkir Garasi
- Parkir Paralel
- Parkir Diagonal.

Ketika mobil diparkir sejajar dengan jalan atau trotoar, atau ketika mobil berada di antara dua mobil lain yang diparkir, kita mengatakan bahwa mobil tersebut diparkir sejajar. Salah satu dari beberapa jenis parkir disebut parkir paralel. Dalam sebagian besar situasi, Anda akan dapat menemukan jenis parkir ini di jalan raya, jalan tol, area yang ramai, dan lokasi lain yang sebanding. Tempat-tempat lain seperti itu termasuk yang berikut ini: Dalam hal parkir, parkir paralel sering dianggap sebagai salah satu jenis parkir yang paling sulit, bahkan untuk pengemudi manusia yang berpengalaman. Parkir dalam posisi paralel maju atau parkir dalam posisi paralel mundur adalah dua pendekatan yang dapat digunakan untuk menyelesaikan tugas ini.

Dari Gambar 8.1, para peneliti mengalami kesulitan mengembangkan sistem parkir paralel otomatis karena ruang parkir yang tersedia untuk jenis parkir ini sangat terbatas atau sama sekali tidak diketahui. Ketika area tempat kendaraan bekerja sangat dinamis, hal itu membuatnya jauh lebih menantang; akibatnya, kendaraan harus dilengkapi dengan sistem umpan balik yang memadai. Menurut tren terkini, industri otomotif tampaknya mengarah ke penggunaan prosedur yang jauh lebih otomatis.



**Gambar 8.1** Diagram alir untuk fase pengujian.

Saat ini, sejumlah produsen mobil tengah giat bekerja keras menciptakan berbagai jenis mobil tanpa pengemudi. Diharapkan bahwa kendaraan otonom akan berperilaku dengan cara yang bertanggung jawab dan mampu mengatasi kesulitan hanya dengan sedikit bantuan dari pengemudi manusia. Wajar untuk mengantisipasi bahwa mobil dengan kemampuan otonom akan mampu memarkirkan dirinya sendiri. Baik infrastruktur untuk sistem tersebut maupun pembangunan prototipe untuk sistem parkir otonom kini menjadi subjek sejumlah besar dalam Bab yang tengah dilakukan. Akan sangat menantang bagi kendaraan yang dapat mengemudi sendiri untuk mencapai tingkat keahlian dan kemampuan yang setara dengan pengemudi manusia yang telah berpengalaman selama bertahun-tahun. Setiap algoritme untuk pembelajaran mesin bekerja menuju tujuan akhir untuk mencapai titik di mana kecerdasan manusia dan kecerdasan mesin berada pada pijakan yang sama.

Untuk memenuhi tugas memarkir kendaraan otonom dengan baik, teknologi cerdas di dalam kendaraan juga diperlukan. Selain itu, mempelajari cara memarkir mobil mungkin sulit bagi pengemudi pemula, dan kesalahan manusia dapat menjadi akar dari berbagai masalah terkait mengemudi. Kenyamanan dan ketenangan pikiran yang diberikan teknologi parkir otonom kepada pengemudi manusia sepadan dengan investasinya. Selain itu, teknologi ini mengurangi jumlah waktu yang terbuang karena terjebak dalam kemacetan, yang pada gilirannya mengurangi jumlah bahan bakar yang digunakan. Namun, sistem ini harus dirancang dengan cukup hati-hati; jika tidak, sistem ini berisiko gagal, membahayakan nyawa penumpang. Dalam hal parkir, sebagian besar solusi yang tersedia saat ini secara eksklusif berkonsentrasi pada lingkungan statis, dan mereka mendekati masalah parkir mobil sebagai hambatan yang berbeda. Pekerjaan yang direkomendasikan diperluas pada tantangan parkir mobil dengan menambahkan modul navigasi untuk menghasilkan solusi yang tangguh dan lebih dapat diterima dalam pengaturan kompleksitas dinamis. Hal ini dilakukan untuk menghasilkan alternatif yang lebih bisa diterapkan.

- Algoritme kami, yang didasarkan pada logika fuzzy dan jaringan saraf, mempertimbangkan karakter dinamis lingkungan, yang disebabkan oleh keberadaan atau kedatangan objek atau halangan hidup atau mati. Ini mungkin sebuah item atau halangan dalam bentuk apa pun.
- Studi yang kami rekomendasikan berupaya untuk lebih mengintegrasikan dimensionalitas kendaraan, atau kapasitas untuk memarkir mobil dengan berbagai ukuran, dan melakukannya dengan menggunakan penalaran yang fleksibel dan berbasis perilaku.
- Pengontrol parkir paralel berbasis fuzzy dibangun pada awalnya dan didasarkan pada polinomial orde kelima. Pengontrol ini dirancang untuk memungkinkan mobil diparkir dalam posisi paralel di slot parkir yang telah ditentukan baik dalam arah maju maupun mundur, tergantung pada status awal dan akhir kendaraan.
- Setelah berhasil menerapkan algoritma parkir berdasarkan perencanaan jalur tradisional, kami memperluas pekerjaan kami untuk menggabungkan dinamisme dalam lingkungan untuk menghindari tabrakan sambil tetap melacak tujuan. Ini dicapai dengan menggabungkan dinamisme dalam lingkungan untuk mencapai tujuan ini. Penggabungan elemen dinamis ke dalam lingkungan membantu mencapai tujuan ini dengan mengurangi kemungkinan terjadinya tabrakan.

1. Dengan mempertimbangkan hal-hal berikut:

Kami mengembangkan sistem navigasi yang berbasis pada logika fuzzy dan dapat mengarahkan ulang kendaraan berdasarkan informasi yang diterima dari berbagai sensor. Ini berguna dalam situasi di mana suatu benda membatasi jalur parkir.

- Metode unik untuk menghitung jangkauan ultrasonik dikembangkan, dan digunakan untuk menyediakan informasi (penginderaan) kepada pengendali navigasi tentang lingkungan di sekitarnya. Ini dilakukan agar pengendali navigasi memahami di mana ia berada dalam kaitannya dengan lingkungan sekitarnya. Pendekatan yang sekarang sedang dibahas mampu mensimulasikan penginderaan lingkungan yang sebenarnya dan menghitung jarak antara sensor tergantung pada bentuk kendaraan.
- Tidak seperti algoritme sebelumnya, kami menangani masalah navigasi sebagai perluasan dari tugas parkir paralel.
- Ini memungkinkan kami untuk memecahkan kedua masalah secara bersamaan. Pengemudi telah memungkinkan untuk mengarahkan kendaraan ke area parkir dari posisi awal mana pun—berkat sistem yang telah dirancang. Setelah kendaraan menyelesaikan navigasinya dan tiba di tempat parkirnya, pengontrol parkir paralel akan mengambil alih kendali kendaraan. Setelah itu, ia memarkir mobil di dalam ruang yang telah ditentukan sebelumnya sambil memastikan bahwa ia menghadap ke arah yang benar. Selain pengontrol yang dirancang untuk parkir paralel, sistem ini memanfaatkan pengontrol yang dirancang khusus untuk navigasi.
- Sebagai hasilnya, model hibrida yang terdiri dari pengontrol navigasi dan pengontrol untuk parkir paralel disediakan sebagai solusi untuk menangani skenario yang mencakup sejumlah besar tempat parkir. Ketika diyakini bahwa kendaraan telah tiba di

tempat parkir pertama yang tersedia dan menempati posisi itu, proses dianggap telah dimulai. Awalnya, ia tidak menyadari tempat parkir yang tersedia dan sama sekali tidak tahu tentangnya. Proses dimulai dengan parkir paralel, dan sensor ultrasonik digunakan untuk menilai apakah tempat parkir ditempati atau tidak di lokasi tertentu. Jika mobil menentukan bahwa sudah ada kendaraan lain yang menggunakan tempat parkir, prosedur parkir dibatalkan, dan pengontrol navigasi digunakan sebagai gantinya. Pengendali navigasi akan mengarahkan kendaraan ke lokasi parkir berikutnya yang tersedia, dan proses ini akan berlanjut hingga ada tempat parkir yang dapat digunakan. Saat kendaraan menemukan lokasi yang memungkinkan untuk parkir tanpa terhalang oleh kendaraan lain, parkir dianggap selesai.

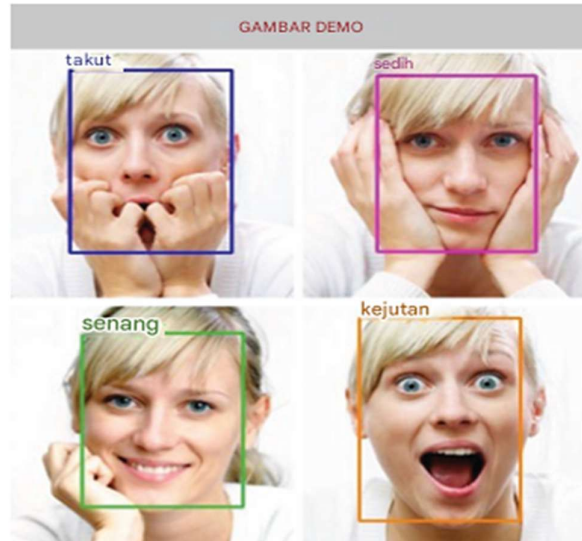
- Sebagai solusi untuk masalah pertama kami, yaitu kemampuan untuk memarkir kendaraan di lingkungan yang dinamis, kami mengusulkan arsitektur parkir paralel baru di lingkungan yang dinamis dengan integrasi pengendali fuzzy penghindaran rintangan. Hal ini dilakukan untuk memenuhi persyaratan tantangan pertama kami. Baik strategi parkir maju maupun mundur efektif saat digunakan dalam desain ini, yang berfungsi dengan baik untuk sejumlah tempat parkir  $N$ . Pengendali penghindaran rintangan dan pengendali parkir berbasis polinomial orde kelima disatukan dan digabungkan sebagai bagian dari solusi baru ini. Kami memanfaatkan pengendali ketiga yang dikenal sebagai pengendali "keputusan". Tujuan pengendali ini adalah untuk mengarahkan alur kerja dari dua pengendali lainnya. Selama proses parkir, membangun sistem ini dengan tujuan mengidentifikasi mobil atau rintangan yang tidak diantisipasi merupakan tujuan utama. Jalur yang diambil mobil diubah secara cerdas saat sensor kendaraan mengidentifikasi rintangan, tetapi tujuan kendaraan tidak dilupakan dalam proses tersebut. Kendaraan membuat pemilihan rutenya selama proses pengalihan rute ini dengan mempertimbangkan jumlah ruang yang tersedia di antara area yang padat. Untuk menentukan apakah opsi cerdas dari suatu sistem dapat secara efektif mencegah tabrakan, arsitektur ini diuji dengan rintangan tetap dan bergerak dalam berbagai keadaan yang berbeda. Selain itu, kami menyelidiki prosedur multistap, dan sebagai konsekuensi dari dalam Bab kami, kami menyediakan arsitektur neuro-fuzzy untuk parkir dalam situasi yang dinamis. Ini dicapai sebagai hasil dari temuan dalam Bab kami. Telah ditemukan bahwa melakukan perbaikan pada sistem fuzzy dengan menambahkan jaringan saraf sebagai awalan dapat menghasilkan peningkatan kinerja saat memarkir mobil. Temuan simulasi menunjukkan bahwa simulasi ini efektif dalam mengatasi keterbatasan ambiguitas yang melekat pada sistem berbasis fuzzy dengan satu tahap karena menghindari tabrakan. Hal ini ditunjukkan oleh fakta bahwa sistem ini mampu melakukannya. Sebagai respons terhadap kendala kedua kami, yaitu kapasitas parkir mobil dengan berbagai ukuran, kami menemukan metode parkir dimensi adaptif berbasis fuzzy yang revolusioner. Teknik ini disarankan oleh kami sebagai solusi. Algoritma ini mampu menyesuaikan ambang batasnya untuk pengontrol perilaku dan menjalankan rute idealnya sambil mempertimbangkan dimensi kendaraan. Faktor skala ditentukan dan dihitung tergantung pada dimensi

kendaraan yang diberikan dalam deskripsi. Setelah itu, ambang batas variabel fuzzy yang digunakan dalam modul penghindaran rintangan disesuaikan berdasarkan faktor skala yang digunakan. Selain itu, penerapan teori medan potensial buatan digunakan selama waktu proses untuk membuat ambang batas ini lunak dan dapat disesuaikan. Algoritma ini dikembangkan karena pengontrol parkir yang dirancang untuk satu set mobil berukuran tetap, seperti hatchback, sedan, atau SUV, tidak dapat bekerja secara efisien dengan set kendaraan berukuran tetap lainnya, seperti mobil konvertibel. Hal ini mendorong pengembangan algoritma ini. Pendekatan ini telah diperiksa menggunakan pengukuran Range Rover dan Hyundai i20.

## 8.2 DETEKSI WAJAH

CNN menggunakan berbagai ukuran drop dalam penyelidikannya terhadap efektivitas model untuk pengenalan wajah, yang dapat ditemukan dalam artikel ini. Sistem berikutnya, yang digunakan dalam studi kasus kami, melakukan analisis struktur dengan menggunakan kriteria berikut: Lapisan konvolusional M, juga dikenal sebagai lapisan normalisasi volume spasial (SBN), adalah apa yang dimaksudkan untuk dirujuk saat menggunakan frasa "area awal" pada tahap awal fase. Selain dropout dan pengumpulan maksimum, permukaan ini dijamin ada di sana setiap saat. Sistem selalu menghasilkan lapisan gabungan, yang selalu ditemukan setelah lapisan konvolusi M yang telah dianalisis sebelumnya.

Dalam komunikasinya, mereka menemui nonlinieritas dan fungsi offline, serta normalisasi volume (BN) dan dropout. Lapisan offline, yang berada di nomor 3 pada daftar kami, adalah lapisan yang bertugas menghasilkan skor dan fungsi kerugian maksimum-halus setelah jaringan. Model lanjutan berkaitan dengan normalisasi volume dan jumlah lapisan lengkap dan terhubung per pengguna, dan juga memberikan kemampuan untuk menilai apakah ada drop atau tidak dan berapa banyak lapisan yang dapat dikumpulkan hingga maksimum. Semua faktor ini berkontribusi pada normalisasi volume. Selain metode untuk dropout dan normalisasi volume, proses kami menyertakan modulasi L2 sebagai salah satu langkahnya. Selain itu, pengguna memiliki kemungkinan untuk menentukan jumlah filter, upgrade, dan zero-fill; namun, jika nilai-nilai ini tidak ditentukan, nilai default akan dipertimbangkan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.2.



**Gambar 8.2** Berbagai jenis emosi wajah.

### Pengenalan Emosi Wajah

Tiga proses dasar yang membentuk proses pengenalan wajah dikenal sebagai deteksi wajah, ekstraksi fitur CNN, dan pemodelan wajah (Gambar 8.3). Untuk memperjelas, fungsi sistem dapat dijabarkan sebagai berikut: Sistem memiliki kemampuan untuk memperoleh input n klip dari basis data yang sesuai dengan klip tersebut. Sistem dapat memarkir dirinya sendiri secara otomatis secara paralel dengan posisi awal dan akhir yang diberikan; namun, jika ada ketidakpastian atau kejadian yang tidak diantisipasi, desain kontrol ini akan menyebabkan kendaraan bertabrakan jika digunakan sendiri dan jika digunakan sebagai kendaraan mandiri. Hal ini dapat terjadi jika semua kondisi lingkungan cukup jelas.

Agar sistem parkir modern dapat mempertimbangkan lingkungannya, sistem harus memiliki mekanisme penginderaan yang terintegrasi ke dalam pengontrol parkir. Dalam hal parkir, pengemudi manusia dengan banyak pengalaman dapat melakukan manuver kemudi yang diperlukan untuk memarkir mobil dengan cepat mengevaluasi posisi akhir kendaraan selain orientasinya dalam kondisi parkir yang ideal.

Hal ini dimungkinkan karena pengemudi manusia mampu memvisualisasikan kondisi parkir yang ideal dan posisi akhir kendaraan. Di sisi lain, agar robot otonom dapat menciptakan kembali karya seni yang sama, diperlukan sistem sensor yang memadai. Mungkin saja sistem penglihatan merupakan duplikat yang sangat baik dari mata manusia. Meskipun demikian, kenyataannya adalah bahwa penginderaan tersebut hanya menyediakan bidang pandang yang luas, dan mungkin bagi mereka untuk sepenuhnya mengabaikan berbagai rintangan yang sangat terbatas seperti tikungan, bagian depan mobil lain, atau dinding itu sendiri.

Salah satu pilihan untuk mengurangi dampak masalah ini adalah dengan memanfaatkan sensor aktif, seperti sensor ultrasonik, sensor inframerah, sensor laser, dan sebagainya, di antara jenis sensor aktif lainnya. Pada bagian ini, kita akan membahas tentang metode geometri unik yang memungkinkan kita untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang informasi jarak dari batas *Contrastive Learning of Musical Representations*

(CLMR). Informasi yang telah dipersepsikan ini sebenarnya adalah data simulasi, tetapi dapat dibandingkan dengan data sensor waktu nyata yang diperoleh oleh sensor aktif apa pun.

Perangkat yang dikenal sebagai sensor ultrasonik memiliki keunggulan karena tidak hanya terjangkau tetapi juga menyediakan rentang data langsung tanpa mempedulikan lingkungan tempat sensor tersebut berada. Lebih jauh, berbeda dengan sensor inframerah, akurasi deteksi yang dilakukan oleh sensor ultrasonik tidak terpengaruh oleh warna objek yang dideteksi. Ini merupakan keunggulan yang dimiliki sensor ultrasonik dibandingkan sensor inframerah. Oleh karena itu, teknik penginderaan hanya akan dijelaskan dalam kaitannya dengan sensor ultrasonik di seluruh artikel ini.

Pekerjaan yang telah kami lakukan melibatkan penggabungan data yang diperoleh dari sensor ultrasonik dengan data dari pengendali fuzzy multilevel untuk menyelesaikan tugas multifungsi. Langkah selanjutnya adalah menemukan wajah dalam foto dan kemudian menghapusnya dari berkas. Setelah itu, gambar wajah dikirim sebagai tangkapan ke jaringan saraf yang dapat diperbarui untuk mengekstrak kualitas kompatibilitas wajah dalam foto. Pekerjaan sebenarnya pada akhirnya akan dilakukan antara pemodelan yang dilakukan oleh algoritma untuk pembelajaran mesin di beberapa titik di masa mendatang.

### 8.3 PERMODELAN PENGENALAN EMOSI

Untuk menilai emosi manusia, dalam Bab ini menggunakan fitur-fitur berikut: SVM, Fitur Gabor, Histogram Gradien Berorientasi, Mask-CNN, dan Pola Biner Lokal. Untuk tujuan menguji teori tersebut, tubuh dan pikiran manusia perlu diisolasi dari film. Dalam proses menilai suasana hati manusia, algoritma pembelajaran mesin yang terkenal seperti SVM, VFR, RF, dan K-NN semuanya telah digunakan di berbagai titik dalam penyelidikan. Empat model CNN yang berbeda, yaitu Alex Net, VGG-19, ResNet-50, dan Inception-ResNet-v2, dipilih untuk digunakan dalam proses penentuan suhu bagian dalam tubuh.

Model-model CNN ini telah dilatih pada ImageNet2 untuk membedakan antara gambar orang dan gambar alam dengan tingkat akurasi yang luar biasa, dan model-model inilah yang digunakan. LBP dan SVM telah memberikan spektrum emosi yang paling akurat yang dapat digunakan secara real time. Kedua metode ini berhasil. Penggunaan jaringan saraf diperlukan untuk mencapai tujuan ini. Gambar dari video input diekstraksi dan diproses terlebih dahulu di awal prosedur. Setelah itu, pendekatan CNN digunakan untuk mengekstraksi fitur. Setelah menghapus semua karakteristik, data dikategorikan menggunakan model pengklasifikasi Softmax.

#### **Kumpulan data**

Situs web Kaggle, yang menyediakan lebih dari 37.000 snapshot skala abu-abu yang terlatih dengan baik dari gambar profil pada resolusi  $48 \times 48$  piksel, ditelusuri untuk mencari kumpulan data guna menyusun artikel ini. Gambar-gambar tersebut telah dikurasi dengan cermat dan hampir memberikan kesan seolah-olah diposisikan di tempat yang sama. Dari Gambar 8.3 hingga 8.5, masing-masing profil yang berbeda telah memberikan jumlah cakupan yang sama persis di setiap klip.

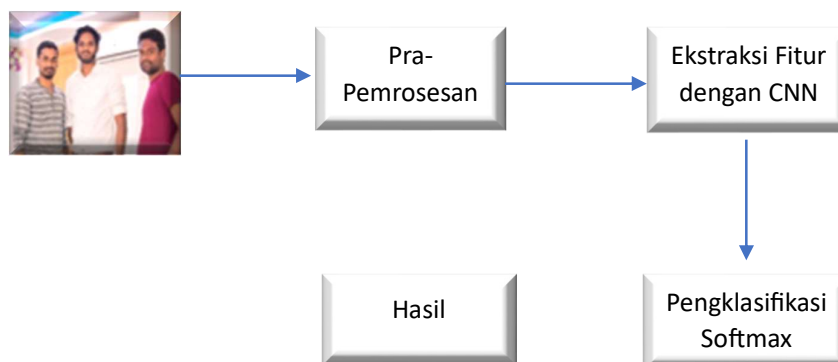
Setiap foto dalam program pelatihan harus ditetapkan ke salah satu dari tujuh kondisi pikiran yang berbeda, yang masing-masing ditandai dengan ekspresi wajah subjek yang berbeda. Ekspresi wajah emosi ini dapat dikategorikan menurut sejumlah kondisi yang berbeda, termasuk kemarahan, kebencian, ketakutan, kesenangan, kesedihan, keterkejutan, dan kenetralan.



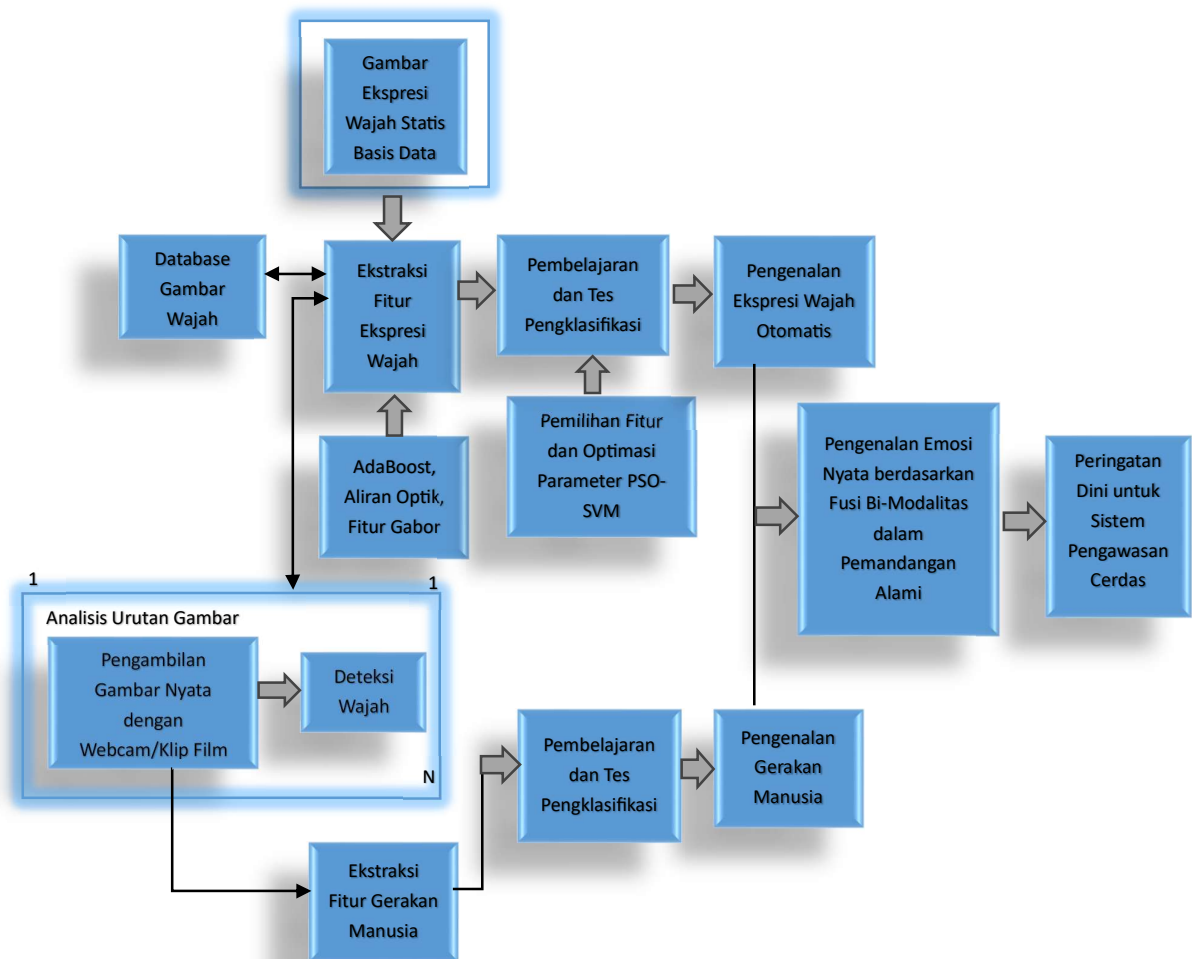
**Gambar 8.3** Segmentasi metode *Facial Expression Recognizer* (FER). Masing-masing bagian dijelaskan secara rinci dalam bagian pembandingnya.

Lebih dari 29.000 gambar telah diproduksi, 4.000 foto akan digunakan sebagai bukti, dan 4.000 potret digunakan untuk tujuan instruksional. Setelah analisis lebih lanjut dari data piksel mentah, gambar yang tepat dan teruji dipilih dari setiap gambar yang dilatih dengan terlebih dahulu mengecualikan foto pelatihan dan kemudian memilih gambar dari setiap gambar yang dilatih.

Selama proses pengembangan augmentasi data, gambar yang serupa ditambah bersama dan digunakan untuk tujuan memusatkan perhatian pada rangkaian kereta horizontal. Karakteristik memanfaatkan data piksel mentah fundamental yang digunakan untuk memperbarui fitur yang dihasilkan oleh lapisan. Fitur-fitur ini telah digunakan dalam proses pembentukan ekspresi. Model pembelajaran dibangun untuk memudahkan pelaksanaan dalam Bab lebih lanjut. Model-model ini dibangun dari fitur HOG, yang kemudian diubah untuk menghubungkan lapisan-lapisan tersebut sebelum digabungkan menjadi lapisan fitur input (FC) yang terintegrasi sepenuhnya.



**Gambar 8.4** Praproses dan ekstraksi/klasifikasi bingkai menggunakan CNN.



**Gambar 8.5** Arsitektur sistem untuk pengenalan emosi nyata menggunakan klip film.

### Prapemrosesan

Karena ukuran gambar telah ditentukan, foto asli harus diperkecil ukurannya sebelum dapat digunakan sebagai input. Ini karena ukuran gambar telah ditentukan. Titik  $(x, y)$  pada foto pertama yang diberikan kepada kita, dan titik inilah yang harus dinyatakan dan diplot untuk menjadi titik  $(x', y')$ . Di mana  $SX$  menunjukkan rasio komputasi gambar saat dilihat dalam arah sumbu  $x$ , dan  $see$  menunjukkan rasio skala gambar saat dilihat dalam arah sumbu  $y$ .  $A, B, C,$  dan  $D$  adalah huruf yang mewakili piksel individual gambar  $(x, y)$ . Saat bergerak melalui status tersebut, dimensi klip yang disediakan secara bertahap menyusut hingga menjadi  $128 \times 128$ .

### Ekualisasi Skala Abu-abu

Saat dijeprat bersama, klip tersebut memperlihatkan distribusi cahaya dan bayangan yang tampak acak, sehingga informasinya sulit diuraikan. Sama sekali tidak sulit untuk menemukan titik terang, jejak, dan elemen lain yang dihasilkan oleh aktivitas pada gambar aktual yang direkam. Sangat penting untuk menormalkan skala abu-abu gambar guna memperoleh jumlah kontras maksimum pada gambar yang dapat dicapai secara fisik. Untuk

melanjutkan pengambilan gambar, model Ekualisasi Histogram (HE) digunakan dalam data dalam keadaan ini. Tujuan utama di sini adalah mengonversi peta dari peta asli menjadi distribusi yang seragam di seluruh bagian. Jika tingkat keabuan film adalah  $L$ , maka besarnya akan menjadi  $M > N$ , dan jumlah bita yang membentuk tingkat keabuannya akan menjadi  $E$ . Jika tingkat keabuan film adalah  $L$ , maka semua nilai ini akan benar.

Peluruhan jepretan memiliki besaran tertinggi, dan kontras jepretan memiliki besaran terbesar, ketika histogram komik gambar tersebut sama persis. Oleh karena itu, keseragaman tingkat keabuan mengakui bahwa dispersi histogram jepretan yang merata baik untuk memperoleh fitur wajah. Hal ini karena hal tersebut meningkatkan kontras jepretan dan menawarkan kejelasan yang jelas. Untuk memperoleh detail tepi jepretan, metode spekulasi tepi Kirsch digunakan.

#### **8.4 MODEL PENGENALAN WAJAH**

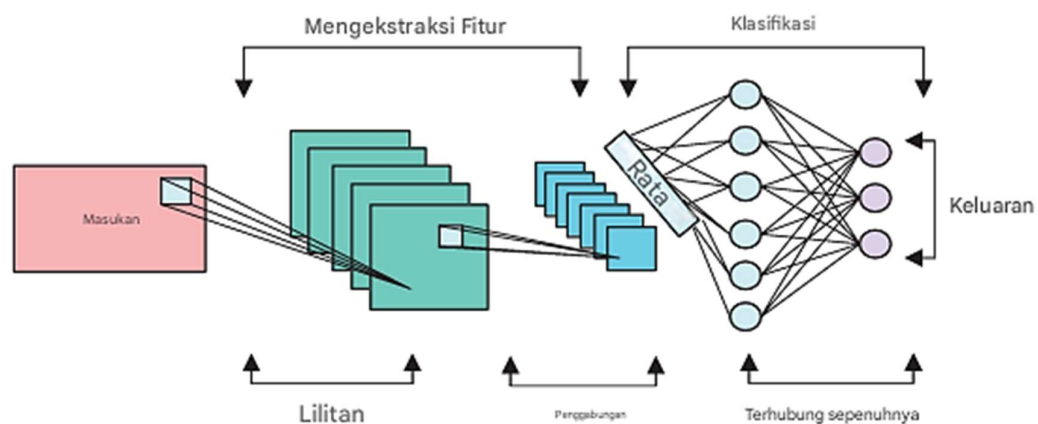
Pengembangan model akan menjadi fokus utama sistem yang telah disarankan untuk digunakan. Sistem ini memiliki tiga permukaan yang berbeda: dua di antaranya melengkung dan satu datar dan bundar. Lapisan transisi terletak pada permukaan awal, dan dibangun dari komponen-komponen yang tercantum di bawah ini dalam urutan yang tercantum: 35 teka-teki  $4 \times 4$  dengan ukuran batang 1, termasuk kelompok negara bagian dan kelompok asing; meskipun demikian, nilai maksimum hanya diperoleh dengan tidak menggunakan taktik pengumpulan apa pun di titik mana pun dalam proses tersebut. Dari gambar skala abu-abu Gambar 8.6, lapisan transisi adalah teka-teki yang memiliki dimensi 68 inci persegi dan memiliki ukuran batang 1, kelompok drop, normalisasi, dan kelompok normalisasi selain kelompok normalisasi. Untuk tujuan membuat kumpulan terbesar yang memungkinkan, filter dengan dimensi  $2 \times 2$  digunakan.

Dalam konteks penyelidikan ini, unit linier yang dimodifikasi akan berfungsi untuk mewakili unit fungsional. Sebelum memulai proses pelatihan model kami, kami melakukan serangkaian uji keseimbangan untuk memverifikasi bahwa fungsi jaringan beroperasi sebagaimana mestinya. Ini diselesaikan sebelum kami mulai mengajarkan keterampilan baru kepada model kami. Selama penyelidikan awal tentang keandalan sistem, kerugian pertama ditemukan dan didokumentasikan. Kami telah merancang sistem kategorisasi yang terdiri dari total tujuh kelas berbeda, dan kami mengantisipasi bahwa rentang nilainya akan berada di suatu tempat di wilayah 1,96.

Untuk memulai, kami berfokus pada keseimbangan kedua dan hanya menggunakan sebagian kecil dari rangkaian latihan dalam upaya melacak kecocokan. Setelah itu, kami akan melanjutkan ke langkah berikutnya dari proses tersebut, yaitu melatih model kami menggunakan temuan yang telah kami kumpulkan hingga saat ini. Untuk membuat proses pelatihan model berjalan lebih cepat, kami memanfaatkan kemampuan pembelajaran mendalam yang dipercepat GPU. Dengan menggunakan kemampuan ini, kami dapat menyelesaikan perawatan dengan lebih tepat waktu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.7.



**Gambar 8.6** Koleksi gambar skala abu-abu.



**Gambar 8.7** Arsitektur CNN.

Semua gambar yang membentuk sampel, selain hiperparameter yang mengendalikan laju pembelajaran sampel dan jumlah neuron yang disembunyikan, dimasukkan ke dalam serangkaian pemeriksaan silang yang menggunakan berbagai nilai yang berbeda. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa hasilnya akurat. Serangkaian pengujian dilakukan pada kemasan untuk memastikan tingkat pengerjaan yang dilakukan dalam pembuatan salinan. Pemeriksaan ini meliputi validasi sampel pada setiap fase pembuatan yang berurutan serta mengevaluasi sampel pada setiap level.

Selain itu, sampel diuji pada setiap tahap. Sampel superficial terkemuka, yang dinilai sebagai bagian dari prosedur verifikasi dan ditemukan memiliki akurasi 65%, memberikan 64% informasi untuk kemasan. Hiperparameter yang telah diuji beberapa kali untuk model dangkal dirangkum dalam Tabel 8.1, yang menawarkan ikhtisar tentang pokok bahasan. Hal ini dilakukan untuk menjamin bahwa informasinya benar.

Jaringan saraf konvolusional dalam yang dikembangkan dengan empat lapisan konversi dan dua lapisan FC digunakan untuk proses pelatihan guna menganalisis dampak lapisan transformator yang terpasang pada jaringan dan menyelidiki fungsi yang dimainkan oleh lapisan FC. Ada total 512 filter  $3 \times 3$  di seluruh lapisan penggantian primer, sekunder, tersier, dan akhir. Lapisan penggantian primer memiliki 64 filter  $3 \times 3$ , lapisan penggantian sekunder

memiliki 128 filter, lapisan penggantian tersier memiliki 512 filter  $3 \times 3$ , dan lapisan penggantian akhir juga memiliki 512 filter. Normalisasi volume ukuran 1 akan digunakan di setiap lapisan transisi sebagai fungsi aktivasi untuk memulai konstruksi lapisan.

Ini akan terjadi di awal proses pembuatan. Sistem drop-out, sistem max-pooling, dan sistem ReLu semuanya telah mengalami beberapa tingkat pengembangan sebagai hasil dari pengembangan ini. Ada 256 neuron di lapisan yang tidak dapat dilihat di lapisan FC utama, dan ada 512 neuron di lapisan FC sekunder juga. Lapisan yang tidak dapat dilihat di level FC primer terletak di bawah lapisan FC primer. Kami akan menarik lapisan FC atau lapisan transisi, yang merupakan tempat normalisasi volume berada, saat kami sedang terburu-buru. Jika Anda penasaran, jenis fungsi kerugian yang kami gunakan adalah Softmax.

Sebelum menginstruksikan siswa tentang cara menggunakan sistem, pemeriksaan kerugian awal, kelompok yang lebih kecil dari paket pelatihan, dan penyelidikan terhadap kemampuan pemasangan jaringan yang lebih baik dilakukan dengan cara yang sebanding dengan model dasar. Ini dilakukan sebelum siswa diinstruksikan tentang cara menggunakan sistem. Hasil pemeriksaan keseimbangan ini, yang digunakan dalam proses pengaktifan jaringan, dievaluasi, dan ditemukan bahwa hasilnya akurat. Setelah itu, kami melanjutkan untuk melatih jaringan menggunakan masing-masing dan setiap gambar yang ditampilkan dalam tutorial, memanfaatkan total 35 epoch dan 128 skala volume selama proses berlangsung. Selain itu, kami melakukan pemeriksaan kedua pada variabel yang berlebihan untuk menentukan sampel mana yang memiliki tingkat akurasi maksimum. Hal ini dilakukan untuk memilih yang terbaik.

**Tabel 8.1** Versi dangkal akurasi emosi.

Pedoman	Tersedia
Tingkat Akuisisi	0.001
Peraturan	$1e^{-6}$
Neuron Tak Taerlihat	256,512,1024

Pada titik ini, 65% paket verifikasi telah selesai, dan selama pengujian pada paket tersebut, akurasi sebesar 64% telah tercapai. Representasi model ini yang terdapat dalam Tabel 8.2, yang memiliki tabel nilai yang dapat dimasukkan untuk setiap hiperparameter, adalah yang paling tepat yang dapat ditemukan di tempat lain. Meskipun hal ini tidak menghasilkan peningkatan akurasi klasifikasi, jaringan dilatih dengan lima dan enam lapisan yang dapat dipertukarkan untuk mengeksplorasi CNN yang lebih rumit. Hal ini dilakukan meskipun faktanya hal ini tidak menghasilkan peningkatan.

**Tabel 8.2** Akurasi emosi versi mendalam.

Ekspresi	Model dangkal	Model yang dalam
Amarah	45%	58%
Menjijikkan	35%	80%
Takut	64%	56%

Senang	80%	86%
Sedih	38%	69%
Kejutan	67.5%	62.5%
Alami	40%	52.6%

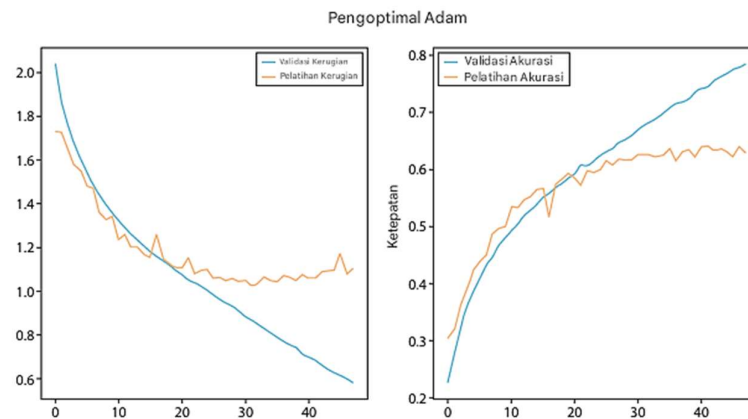
Hal ini dilakukan agar CNN yang lebih rumit dapat diselidiki. Sebagai konsekuensinya, disimpulkan bahwa jaringan ini, yang terdiri dari dua lapisan FC dan empat tingkat basis data, adalah pilihan yang paling efektif untuk basis data kami. Data piksel sumber adalah komponen terpenting dari pekerjaan klasifikasi kami, dan ini benar terlepas dari kompleksitas model yang kami gunakan untuk menganalisis data.

Hal ini terjadi terlepas dari apakah kami menggunakan model dengan tingkat detail yang lebih tinggi atau tidak. Satu-satunya kriteria yang dipertimbangkan adalah kriteria yang dihasilkan oleh lapisan itu sendiri. Karena sifat HOG sensitif terhadap kondisi batas, maka merupakan praktik umum untuk mengandalkannya saat mencoba mengenali ekspresi wajah emosi. Untuk menggunakan fitur HOG dengan piksel sumber dalam jaringan kami guna menyelidiki apakah ada cara dan mengamati kinerja model saat memiliki campuran dua fitur yang berbeda, model pembelajaran baru dibangun menggunakan dua jaringan saraf: satu untuk ekstraksi fitur dan yang lainnya untuk kombinasi fitur.

Pada yang pertama, beberapa lapisan dapat dipertukarkan dengan yang lain, tetapi pada yang kedua, semua level sepenuhnya terhubung satu sama lain. Untuk mencapai tujuan ini, model pembelajaran mutakhir dikembangkan dengan menggabungkan kemampuan dua jaringan saraf. Jaringan saraf pertama menampilkan lapisan yang dapat diganti dengan yang lain, tetapi jaringan saraf kedua hanya terdiri dari level yang sepenuhnya terhubung satu sama lain. Karakteristik yang ditetapkan oleh jaringan pertama digabungkan dengan karakteristik HOG, dan karakteristik hibrida yang terbentuk sebagai akibatnya tersedia di seluruh jaringan kedua.

Jaringan superfisial dan jaringan dalam diajarkan untuk memiliki fitur yang sama sebagai bagian dari penyelidikan awal terhadap jaringan superfisial dan dalam. Hal ini dilakukan untuk mengevaluasi seberapa baik sistem bekerja saat digunakan dengan karakteristik yang serupa dengan yang diperbandingkan. Pada tahap proses ini, ketepatan model dangkal hanya akan dievaluasi dengan mengacu pada piksel sumber. Estimasi ini cukup mendekati akurasi yang diperoleh dari sampel dangkal, yang menunjukkan bahwa model tersebut dapat diandalkan. Perlu diketahui semua orang bahwa presisi model tersebut sama dengan piksel mentah.

Model tersebut telah dilatih dan divalidasi menggunakan data yang diperoleh dari repositori Kaggle. Kumpulan data ini berisi sekitar 3.500 foto tampak depan skala abu-abu dari 300 wajah manusia yang berusia antara 18 hingga 65 tahun. Dalam dalam Bab khusus ini, model tersebut dilatih menggunakan hampir 480 wajah manusia yang berbeda. Sementara klip video awal dalam setiap rangkaian bingkai menggambarkan wajah yang tidak berekspresi, setiap klip berikutnya dalam rangkaian tersebut menangkap perasaan yang berbeda dan menempatkannya di akhir ekspresi yang terlihat sebelumnya.



**Gambar 8.8** Bentuk gelombang matriks untuk kumpulan enam ekspresi global.

Variasi jarak percakapan antara semua bingkai dalam basis data tidak lebih dari 30%, yang berarti bahwa jarak minimum kurang dari 80 piksel dan jarak maksimum kurang dari 100. Oleh karena itu, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.8, jarak interokuler yang ditentukan menggunakan gambar input secara signifikan kurang dari 80 piksel atau secara signifikan lebih dari 120 piksel.

## 8.5 KESIMPULAN

Ekspresi wajah karakter dalam Bab ini berfungsi untuk menggambarkan keadaan emosional setiap karakter. Jaringan saraf konvolusional pembelajaran mendalam yang menggunakan teknologi GPU dibangun dalam sistem yang disarankan untuk tujuan mengumpulkan karakteristik wajah dari individu dan mengukur suhu tubuh inti mereka. Disarankan agar sistem GPU digunakan sebagai metode untuk mengevaluasi dan memberikan rentang emosi manusia yang tepat dan untuk mengekstrak ekspresi wajah dari klip video. Selain itu, suhu tubuh individu juga dapat diperoleh.

Sistem yang diusulkan harus dapat mengumpulkan data dari kumpulan data pengenalan ekspresi wajah baru, yang memiliki dua persyaratan: harus dapat mengenali urutan video statis dan harus dapat mengekstrak fitur wajah. Sistem yang diusulkan juga harus dapat mengumpulkan data dari kumpulan data pengenalan ekspresi wajah yang ada. Selain itu, fokus inti dari laporan studi ini adalah pada suhu yang dipertahankan di dalam tubuh individu.

## **BAB 9**

### **MODEL UNTUK SISTEM BANTUAN PENGEMUDI**

Kecelakaan lalu lintas merupakan salah satu penyebab utama kematian dan cedera di masyarakat kita; akibatnya, kecelakaan lalu lintas menjadi penyumbang yang signifikan terhadap hilangnya nyawa manusia dan harta benda. Sebagian besar kecelakaan disebabkan oleh kesalahan manusia, seperti kurangnya perhatian, terganggu, mengantuk, kurangnya persiapan, dan sebagainya; kesalahan ini menyebabkan cedera tubuh yang parah, kematian, dan kerugian finansial yang besar.

Sistem bantuan pengemudi (DAS) berpotensi mengurangi jumlah kesalahan yang dilakukan manusia dengan memantau kondisi jalan dan memperingatkan pengemudi akan bahaya yang akan terjadi dengan mengeluarkan sejumlah rekomendasi, saran, dan peringatan. Karena pengemudi yang terganggu merupakan salah satu penyebab utama kecelakaan lalu lintas, hal ini harus dilakukan. Lokasi kelesuan merupakan tujuan dalam Bab ini, yang akan mencapai tujuan ini dengan bantuan data tentang kondisi mata, postur kepala, dan kondisi mulut pengemudi. Hal ini akan dilakukan untuk meningkatkan kualitas informasi yang dikumpulkan sejak awal, yang diterima dari bank data pengemudi mengantuk publik.

Setelah menggunakan model respons kamera (CRM), hal ini akan dilakukan untuk mencapai tujuan ini. Untuk memisahkan sorotan dari distrik mata yang dibedakan, diperlukan penerapan strategi ekstraksi fitur langkah demi langkah. Strategi ini mencakup histogram gradien berorientasi (HOG) dan pola biner lokal (LBP). Bila dipasangkan dengan estimasi paling akurat dari area mulut dan lokasi kepala saat ini, fitur-fitur daerah mata yang sebelumnya telah dipisahkan terungkap.

Setelah mengekstraksi vektor-vektor komponen, prosedur tak terbatas digunakan untuk memilih vektor-vektor elemen yang relevan dengan situasi. Pada akhir hari, fase-fase kelesuan diatur dengan memilih sorotan mana yang akan dikelompokkan bersama dan kemudian menggunakan teknologi yang disebut *support vector machine* (SVM). Temuan rekonstruksi menunjukkan bahwa penggunaan struktur yang disarankan akan menghasilkan peningkatan tingkat ketepatan pengelompokan hingga 5,52%.

#### **9.1 PENDAHULUAN**

Mengemudi dalam keadaan mengantuk telah muncul sebagai salah satu ancaman paling signifikan terhadap kesehatan masyarakat di sektor transportasi selama beberapa dekade terakhir. Kerangka kerja deteksi kantuk pengemudi di dalam mobil sangat penting untuk mencegah kecelakaan terjadi di jalan atau saat mengemudi di medan berbahaya. Dalam Bab tentang kelelahan menggunakan berbagai macam pengukuran, termasuk hal-hal seperti sorotan perilaku, sorotan visual, sorotan fisiologis, dan sebagainya. Karena teknik-teknik ini bersifat nirkontak, pendekatan yang mengandalkan sorotan visual menunjukkan pelaksanaan yang layak dalam diagnosis kelelahan pengemudi.

Metode yang didasarkan pada sorotan visual pengemudi baru-baru ini muncul sebagai bidang dalam Bab yang berpotensi bermanfaat untuk mengidentifikasi kelesuan pengemudi. Taktik yang difokuskan pada menguap tidak dapat mengantisipasi perkembangan kelesuan, karena faktor ini tidak berbicara tentang kantuk. Tujuan dari Bab ini adalah untuk membuat pola untuk sistem identifikasi rasa kantuk yang akan membantu mengurangi jumlah kecelakaan mobil yang terjadi di jalan raya. Teknologi yang disajikan telah menciptakan tiga metode berbeda untuk menentukan tingkat kelelahan yang ditunjukkan oleh pengemudi. Teknik pertama dan kedua dilakukan dengan bantuan MATLAB, sedangkan pendekatan ketiga dilakukan dengan bantuan Keil Compiler dengan Embedded C.

Pada cara pertama, metode ini lebih banyak berfokus pada mata, dan algoritma Viola-Jones digunakan untuk menemukan wajah. Properti seperti Haar digunakan untuk menemukan mata. Jika mata terbuka, iris dideteksi menggunakan deteksi tepi Canny, lalu lingkaran digambar pada iris menggunakan algoritma Circle Hough Transform. Jika pengemudi waspada, maka dua lingkaran muncul di sekitar mata. Jika pengemudi tidak waspada, maka pesan peringatan dan alarm ditampilkan kepada pengemudi.

Dengan cara kedua, hasilnya ditentukan oleh mulut, mata, dan sudut kepala pengemudi. Algoritma Viola-Jones bertanggung jawab untuk identifikasi wajah, dan karakteristik mirip Haar digunakan untuk menemukan daerah mata dan mulut pada wajah. Metode binarisasi dapat digunakan untuk mengubah foto menjadi format biner. Untuk memisahkan piksel kulit dari piksel non-kulit, teknik segmentasi kulit dapat digunakan untuk mengubah gambar dari RGB ke Y Cb Cr, dan selanjutnya dari Y Cb Cr ke HSV. Jika mata tertutup, pesan peringatan dan tanda bahaya akan dibuat.

Jika mulut pengemudi terbuka, menguap diasumsikan terjadi, dan pesan peringatan dikirim ke pengemudi pada saat itu. Jika kepala pengemudi menoleh sedikit ke samping atau dimiringkan, pengemudi akan mendapat peringatan dalam bentuk pesan dengan alarm. Menemukan representasi akurat dari kondisi mata dan kelopak mata merupakan fokus utama pengembangan pendekatan ketiga. Pola mata dan kelopak mata pengemudi yang menutup dan membuka pertama kali ditangkap oleh perangkat ini saat pengemudi terjaga dan sadar.

Informasi yang sama dikumpulkan pada tingkat rata-rata dan terus-menerus menangkap pola mata pengemudi yang terbuka dan tertutup. Sistem ini menganalisis perbedaan dalam sampel yang telah dikumpulkannya dengan membandingkannya, dan kemudian memperingatkan pengemudi tentang potensi bahaya apa pun berdasarkan temuannya. Sistem tertanam yang canggih mampu menjalankan fungsi tertentu sendiri. Insinyur yang membangun sistem sebagai sistem khusus untuk pekerjaan tertentu dapat meminimalkan biaya dan ukuran produk melalui proses pengoptimalan, yang mengurangi ukuran produk sekaligus mengurangi biaya.

Istilah "sistem tertanam" mengacu pada sistem yang berbasis perangkat keras dan perangkat lunak. Sistem semacam ini merupakan teknologi yang berkembang sangat cepat dan digunakan di berbagai sektor, termasuk industri otomotif, kedirgantaraan, dan peralatan rumah tangga, dan lain-lain. Pemrograman bahasa assembly atau embedded C digunakan untuk menjalankan pekerjaan yang ada, dan teknologi ini dapat menggunakan komputer

pribadi atau unit kontrol untuk melakukannya. Pemrograman dapat dilakukan dengan salah satu metode ini.

Orang-orang menghadapi tantangan yang signifikan berupa peningkatan yang mengkhawatirkan dalam jumlah kecelakaan yang terjadi di jalan raya sebagai akibat dari ketidakmampuan pengemudi untuk berkonsentrasi dengan baik karena kurang istirahat atau pencahayaan yang redup. Menurut data dan statistik, antara 10% dan 20% kecelakaan mobil disebabkan oleh pengemudi yang tidak memperhatikan jalan. Jika dibandingkan dengan jenis tabrakan lainnya, tabrakan yang disebabkan oleh kurangnya konsentrasi pengemudi merupakan yang paling mengerikan. Ada kemungkinan bahwa pengemudi yang tidak fokus tidak akan punya waktu untuk menghindari kecelakaan sebelum kecelakaan itu terjadi.

Temuan dari studi terkini tentang keselamatan jalan raya menunjukkan bahwa kelelahan pengemudi merupakan faktor risiko yang signifikan. Di Indonesia, sekitar 20% pengemudi mengakui bahwa mereka pernah tertidur saat mengemudi atau tertangkap mengemudi sambil tidak fokus pada suatu waktu dalam satu tahun. Sebelum jajak pendapat ini, masalah yang paling signifikan adalah pengemudi menjadi terlalu lelah dan tertidur saat mengemudi, yang menyebabkan banyaknya kecelakaan di jalan raya baik pada siang maupun malam hari. Menurut beberapa data terkini, lebih dari 2.000 orang kehilangan nyawa dan 1.000.000 orang terluka akibat tabrakan yang disebabkan oleh kelelahan setiap tahun di seluruh dunia. Menurut statistik terkini, kecelakaan lalu lintas merenggut nyawa sekitar 1.300.000 orang per tahun di seluruh dunia, dan jumlah orang yang mengalami cedera yang tidak mengakibatkan kematian diperkirakan antara 20 dan 50 juta.

## **9.2 PENYEBAB KECELAKAAN**

Untuk mengawasi jumlah kecelakaan mobil, kelelahan merupakan elemen penting. Diperkirakan bahwa kelelahan pengemudi merupakan penyebab sekitar 20% dari semua kecelakaan yang terjadi di jalan raya. Performa pengemudi saat mengemudi dalam keadaan mengantuk menurun, yang menyebabkan tabrakan dengan kendaraan lain.

Kecelakaan dengan tingkat keparahan yang bervariasi dapat disebabkan oleh pengemudi yang mengantuk saat mengemudi. Tidak diragukan lagi, sangat membantu bagi pengemudi untuk mengidentifikasi tanda-tanda kelelahan saat mengemudi dan memberikan peringatan tepat waktu sehingga kecelakaan dapat dihindari. Hal ini pada akhirnya akan membantu menyelamatkan nyawa. Kelelahan pengemudi merupakan kontributor utama kecelakaan yang terjadi di jalan raya. Dalam hal mencegah kecelakaan dengan bantuan teknologi modern, salah satu tantangan tersulit adalah mengidentifikasi dan mencegah kelelahan pengemudi. Kecelakaan dapat terjadi karena pengemudi yang berisiko. Metrik yang dijelaskan sebelumnya perlu digunakan sebagai senjata melawan pengemudi dalam keadaan mengantuk dan mengemudi berbahaya untuk mengurangi dampak kecelakaan dan akibatnya.

Teknik berbasis penglihatan disajikan sebagai cara untuk mengidentifikasi pengemudi yang lelah dan pengemudi yang tidak fokus dengan memantau sistem. Sistem inovatif ini menggunakan metode deteksi mata yang menggabungkan pencocokan templat adaptif,

peningkatan adaptif, dan deteksi gumpalan dengan validasi mata. Algoritme ini adalah salah satu dari banyak yang termasuk dalam kategori deteksi gumpalan. Algoritme ini sangat mengurangi jumlah waktu yang dibutuhkan untuk pemrosesan. *Support vector machine*, yang sering dikenal sebagai SVM, digunakan untuk meningkatkan pengenalan mata. Untuk menentukan kondisi mata, analisis komponen utama (PCA) dan analisis logis data (LAD) digunakan, bersama dengan karakteristik statistik termasuk kelangkaan dan kurtosis. Kecepatan kedipan mata dan lamanya menutup mata, identifikasi wajah, dan segmentasi warna kulit berdasarkan perkiraan jaringan saraf warna kulit RGB digunakan untuk mengidentifikasi kelelahan pengemudi. Dengan mendeteksi potensi retina saat istirahat atau sinyal elektrookulografi (EOG), sistem ini menyediakan desain dan konstruksi sistem deteksi kedipan berbiaya rendah.

Sinyal EOG dikirim ke komputer pribadi sehingga dapat dianalisis dan diproses oleh komputer. Hal ini memungkinkan pengembangan algoritme yang dapat mengidentifikasi dan memahami kedipan mata. Dalam Ghosh et al., ada sistem yang menemukan pergeseran lokasi mata dengan memanfaatkan karakteristik simetri horizontal mata. Selain itu, ada sistem yang memantau pergeseran panjang kedipan mata, dan ada juga sistem yang melakukan pelacakan mata. Algoritme PERCLOS digunakan untuk menentukan tingkat kelelahan.

Telah disarankan bahwa sistem antarmuka otak-komputer (BCI) berbasis EEG dapat digunakan untuk mendeteksi kantuk. Teknologi ini akan praktis untuk digunakan dalam aplikasi otomotif waktu nyata. Untuk menentukan apakah pengemudi mengantuk atau tidak, fotopletismografi digunakan untuk menganalisis perubahan bentuk gelombang sinyal selama fase fisiologis pengujian, dan pemrosesan gambar mengevaluasi pola mata untuk menentukan apakah subjek mengantuk atau tidak. Menggabungkan kedua pendekatan menjadi satu profil adalah cara terbaik untuk mengidentifikasi kantuk.

Dihipotesiskan bahwa kombinasi getaran dari roda kemudi, rangsangan pendengaran, dan sinyal fisiologis dari simulator mengemudi dapat digunakan untuk mengidentifikasi pengemudian yang mengantuk. Ini lebih efektif dan mengurangi jumlah lajur yang menyimpang dari pusat. Untuk menentukan apakah pengemudi tertidur di belakang kemudi atau tidak, salah satu fitur fisiologis, seperti gerakan mata, dapat diamati melalui penggunaan elektrookulografi. Selain itu, pendekatan deteksi adaptif digunakan untuk mengukur gerakan mata yang terkait dengan mengemudi, seperti gerakan mata cepat dan kejadian selip mikro.

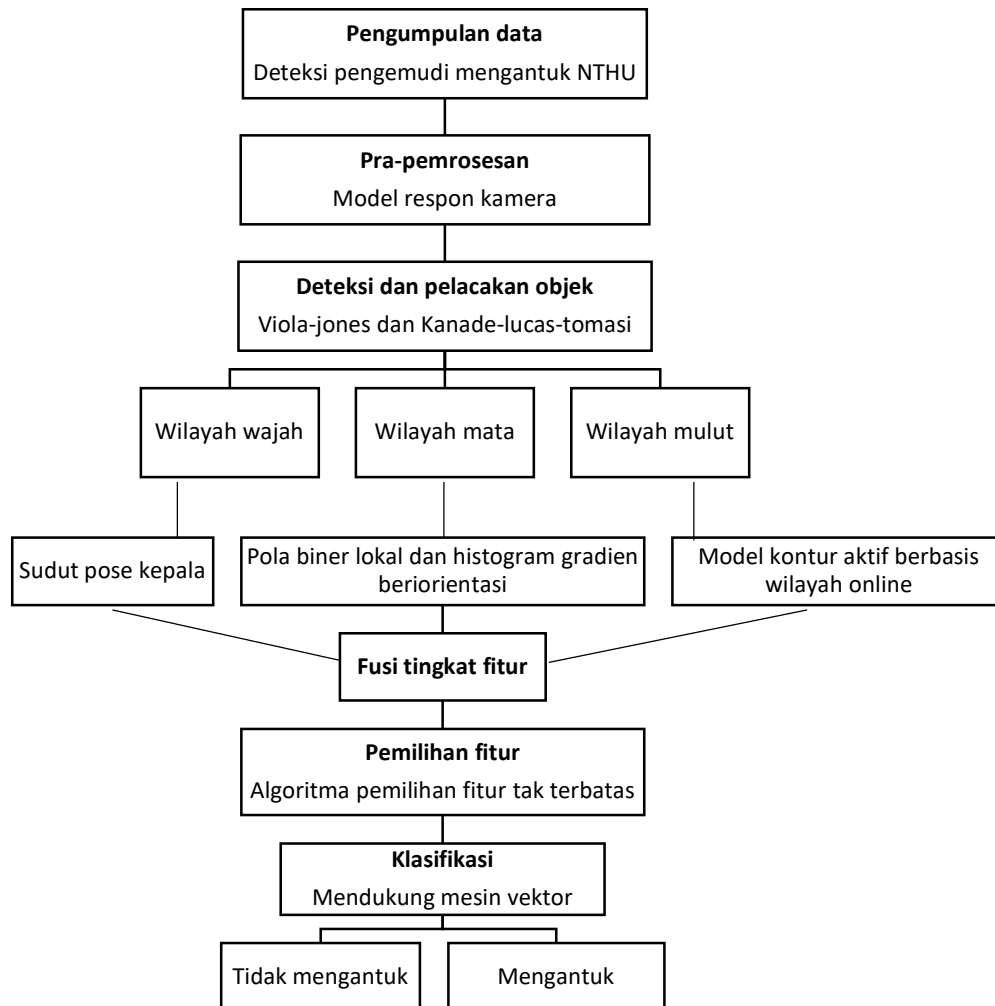
Menggunakan sistem peringatan sebelum kecelakaan adalah sesuatu yang dilakukan oleh teknologi pemrosesan gambar yang dikenal sebagai ROI. Pelacakan wajah dan metode pemrosesan gambar lainnya digunakan dalam algoritma Viola–Jones bersama dengan algoritma lain yang digunakan untuk menghitung jarak ke mobil di depan. Kantuk dapat dideteksi oleh gerakan dalam sistem saraf otonom (ANS). Ini adalah statistik yang digunakan untuk mencerna informasi dari variabilitas denyut jantung (HRV). Dimungkinkan untuk mengidentifikasi dan menghindari tabrakan lalu lintas dengan menggunakan strategi yang didasarkan pada perilaku fluktuasi pupil spontan. Menghitung variabilitas diameter pupil adalah salah satu cara untuk menguji tingkat kesadaran seseorang. Kantuk dapat ditentukan dengan menggunakan teknik pengukuran EKG yang menggabungkan HRV, sinyal fisiologis.

Sistem yang memantau perilaku pengemudi yang tidak terkendali menunjukkan bahwa pengemudi telah memasuki kondisi mengantuk jika sistem mendeteksi peningkatan perilaku pengemudi yang tidak terkendali dan penurunan tingkat kewaspadaan pengemudi. Perilaku tambahan mencakup hal-hal seperti menguap dan membuat gerakan tangan, di antara hal-hal lainnya. Masalah penggunaan kacamata dapat diatasi dengan mengembangkan mekanisme yang menggunakan mulut dan kondisi mata pengemudi untuk menentukan apakah pengemudi lelah atau tidak. Tujuan dari proyek ini adalah untuk merancang sistem yang mencakup jaringan sensor kecerdasan nirkabel untuk mengidentifikasi kelelahan pengemudi. Untuk menentukan apakah pengemudi lelah atau tidak, salah satu strategi bergantung pada pengamat hibrida. Sistem yang menganalisis informasi visual dan menggunakan kecerdasan buatan (AI) untuk mendeteksi dan mengikuti wajah dan mata pengemudi untuk menentukan apakah mereka mengantuk atau tidak. Sistem ini digunakan untuk menentukan apakah pengemudi lelah atau tidak.

### **9.3 PERMODELAN SISTEM BANTUAN PENGEMUDI**

Mengemudi dalam keadaan mengantuk telah muncul sebagai salah satu ancaman paling signifikan terhadap kesehatan masyarakat di sektor transportasi selama beberapa dekade terakhir.

Sistem yang diusulkan terdiri dari total enam tahap, yaitu sebagai berikut: pengumpulan data, tahap praproses, tahap pengenalan dan pelacakan objek, tahap ekstraksi fitur, tahap pemilihan fitur optimal, dan tahap kategorisasi kelelahan pengemudi. Gambar 9.1 memberikan representasi diagram alir dari sistem yang diusulkan; untuk detail lebih lanjut, silakan lihat penjelasan yang disediakan di bawah ini.



**Gambar 9.1** Diagram alir masukan dari pekerjaan yang diusulkan.

### Akuisisi Data

Dataset identifikasi pengemudi yang kelelahan dari *Universitas Tsing Hua Nasional* (NTHU), yang dikumpulkan dari kompetisi ACCV 2016, adalah tempat informasi awal diperoleh dan digunakan untuk menyusun daftar. Dalam kasus khusus ini, video tersebut menangkap sejumlah orang yang berbeda yang berpartisipasi dalam berbagai perilaku, termasuk berbicara satu sama lain, tetap diam, menguap, dan aktivitas serupa lainnya. Selain itu, dataset ini mencakup dua set, yang masing-masing dikenal sebagai set persetujuan dan set kereta. Kedua set ini disebut sebagai set saja.

Panjang film yang menyusun paket yang telah diotorisasi dapat berkisar antara 1 hingga 10 menit. Film dari set awal yang berbeda memiliki waktu tayang yang berkisar antara 1 menit hingga 1,5 menit. Setiap video berdurasi tepat 1 menit. Selain itu, informasi yang dikumpulkan mencakup empat jenis kebenaran dasar yang terpisah: kebenaran dasar tentang mata, kebenaran dasar tentang bibir, kebenaran dasar tentang kepala, dan kebenaran dasar tentang kelesuan. Pemeriksaan kebenaran dasar okular membantu mengevaluasi apakah kebiasaan tersebut mulai merusak mata individu atau tidak. Jika seseorang menguap, mengobrol,

menutup bibirnya, atau hanya berdiri diam, kebenaran dasar dari mulutnya akan memberi tahu Anda apa yang sedang dilakukannya.

Kebenaran dasar kepala berbicara tentang aktivitas yang sedang berlangsung dalam pikiran orang tersebut (menoleh ke samping, memberi isyarat, atau diam). Kebenaran dasar kelesuan merupakan indikator apakah individu tersebut lelah atau tidak, yang membawa kita ke poin terakhir. Gambar 9.2 menunjukkan beberapa gambar umum yang diambil dari kumpulan data NTHU yang digunakan untuk mengidentifikasi pengemudi yang tampak lelah.

### **Pengurangan Derau**

Pada fase yang muncul setelah pengumpulan informasi, yang disebut fase praperencanaan, perangkat lunak Manajemen Hubungan Pelanggan (CRM) digunakan untuk membawa kuantitas kekacauan ke tingkat yang dapat diterima. Fase ini diikuti oleh fase perencanaan. Sebagian besar waktu, produsen kamera akan menyertakan beberapa fitur nonlinier di dalam kamera, seperti demosaicing dan white balance, untuk meningkatkan daya tarik estetika keseluruhan dari foto-foto yang diambil dengan kamera. Fungsi Transformasi Kecerahan, yang lebih sering disebut sebagai BTF, dan Fungsi Respons Kamera keduanya merupakan komponen penting dari sistem Manajemen Hubungan Pelanggan (CRF).



**Gambar 9.2** Gambar masukan.

Masalah penyelesaian batas CRF dapat diatasi dengan menggunakan kamera saja, sedangkan BTF dapat dikelola dengan memanfaatkan kamera bersama dengan proporsi pengenalan pada saat yang sama. Pada awalnya, BTF ditentukan dengan menentukan bobot yang diberikan pada persepsi dua gambar presentasi yang berbeda dan mendasarkan perhitungan pada hal itu. Foto-foto ini disimpan di lokasi yang terpisah dari yang lain. Saat Anda mencapai tahap ini, Anda perlu membongkarnya untuk menemukan CRF yang sesuai dengan kondisi metrik komparatif sehingga Anda dapat melanjutkan.

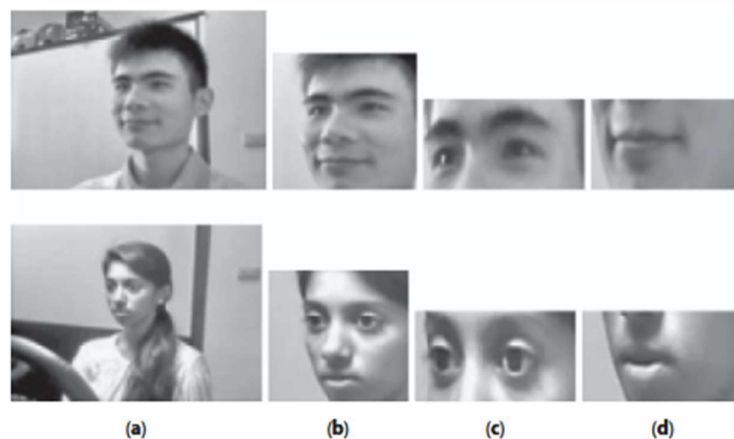
Jika sama dengan 1, CRF berubah menjadi fungsi pangkat, sedangkan BTF kembali menjadi fungsi linier langsung. Alasannya adalah karena beberapa pembuat kamera membuat  $f$  menjadi kurva gamma, yang bekerja sangat baik dengan produk mereka. CRF akan menjadi fungsi dua parameter, dan BTF akan menjadi fungsi nonlinier jika  $G < 1$  kurang dari 1. Gambar 9.3 menampilkan beberapa contoh foto praproses yang disertakan dalam kumpulan data deteksi pengemudi mengantuk NTHU.



**Gambar 9.3** Contoh gambar praproses dari kumpulan data deteksi pengemudi mengantuk NTHU.

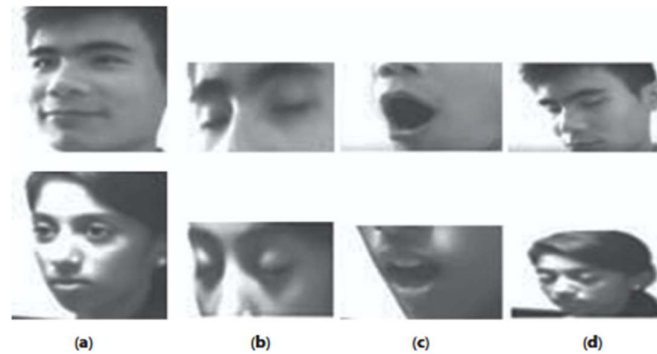
### Ekstraksi Fitur

Setelah pengenalan area mata berhasil, ekstraksi fitur dilakukan pada area mata yang teridentifikasi.



**Gambar 9.4** (a) Gambar praproses, dan panel (b), (c), dan (d) adalah daerah wajah, mata, dan mulut yang diekstraksi.

Dalam pekerjaan ini, karakteristik tekstur tingkat tinggi (HOG dan LBP) digunakan untuk mengekstraksi fitur dari area mata yang diamati seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.4 dan Gambar 9.5. Fitur-fitur ini digunakan untuk membantu mengidentifikasi area mata. Berikut ini adalah penjelasan singkat tentang HOG dan LBP.



**Gambar 9.5** (a) Citra wajah, (b) kedipan mata, (c) menguap, dan (d) menundukkan kepala.

### Histogram Gradien Berorientasi

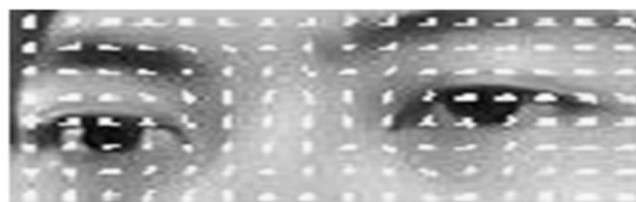
Saat melakukan evaluasi nilai gradien yang ada dalam gambar masukan, deskriptor HOG menggunakan operasi gradien. Selain itu, titik-titik pada gradien bingkai video ditandai dengan huruf G, dan bingkai video (gambar) yang dimasukkan diidentifikasi dengan huruf I. Titik gradien gambar dapat ditemukan dengan menggunakan Persamaan 9.4 untuk melakukan perhitungan.

$$G_x = O \times 1(x, y) \text{ dan } G_x = O^T \times I(x, y) \quad (9.1)$$

Selanjutnya, jendela yang membentuk gambar masukan dibagi menjadi sejumlah area spasial berbeda yang disebut sel. Deskriptor fitur HOG memperhitungkan arah tepi saat menentukan besaran gradien piksel. Persamaan yang digunakan untuk menentukan besaran gradien piksel dengan koordinat  $(x, y)$ . Selain itu, orientasi tepi piksel juga dipertimbangkan.

### Pola Biner Lokal

Melalui penggunaan LBP, foto diubah menjadi label berdasarkan nilai kecerahan piksel dalam gambar. Sebagai konsekuensinya, invariansi skala abu-abu merupakan bagian mendasar dari LBP, yang dibangun di sekitar gagasan tekstur dan pola lokal. Posisi piksel ditunjukkan oleh koordinat  $x$  dan  $y$  di setiap bingkai. Koordinat ini diperoleh dengan menjadikan nilai piksel yang terletak di tengah bingkai ( $x_c$ ) sebagai nilai ambang batas untuk menentukan nilai piksel yang terletak di sebelahnya ( $m$ ). Nilai biner piksel pertama-tama dinaikkan ke pangkat 2 untuk menghasilkan pembobotan, yang kemudian ditambahkan untuk membuat angka desimal yang dapat ditempatkan di lokasi piksel  $x_c$  tengah sesuai dengan persamaan. Proses ini diulang untuk menghasilkan pembobotan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.6.



**Gambar 9.6** Gambar keluaran histogram gradien berorientasi (HOG).

### Pemilihan Fitur

Dalam penyelidikan ini, algoritma yang tidak pernah berakhir digunakan untuk memilih fitur yang memberikan manfaat paling potensial. Setiap elemen  $a_{ij}$  dari  $A$ , di mana 1 kurang dari  $i$  dan  $j$  lebih dari  $n$ , menunjukkan suku energi berpasangan ketika  $G$  direpresentasikan sebagai matriks ketetangaan dan  $A$  adalah matriks yang mendefinisikan sifat tepi tertimbang. Ketika  $G$  direpresentasikan sebagai matriks ketetangaan,  $A$  adalah matriks yang mendefinisikan sifat tepi tertimbang.

### Klasifikasi

Setelah sorotan ideal dipilih, langkah selanjutnya dalam proses karakterisasi adalah meningkatkannya melalui penggunaan SVM dalam proses pemeringkatan pengemudi yang terjaga dan tertidur. Dengan memberlakukan pembatasan pada kesalahan kategorisasi kasual, pengklasifikasi SVM menurunkan kemungkinan akan ada masalah ganda. Dalam nada yang sama, prosedur pengujian dan persiapan dapat dipercepat dengan penggunaan pengklasifikasi SVM, yang menghemat sejumlah besar akurasi pengaturan.

Support vector machine, yang sering dikenal sebagai SVM, adalah metode pengorganisasian diskriminatif yang mengomunikasikan maknanya melalui penggunaan hyperplane tertentu. Pendekatan karakterisasi SVM telah berkembang dalam popularitas selama beberapa dekade terakhir karena fakta bahwa pendekatan ini mampu bekerja dengan informasi berdimensi tinggi. Hasilnya, pendekatan ini saat ini digunakan dalam sejumlah besar aplikasi. Pemrosesan sinyal, bioinformatika, dan visi komputer hanyalah beberapa industri yang mungkin mendapat manfaat dari aplikasi ini.

Hal ini terjadi meskipun fakta bahwa pengklasifikasi SVM adalah support vector machine. Ekspresi  $w \cdot x + b = 0$  adalah rumus yang dapat digunakan untuk mengetahui jumlah pekerjaan yang dilakukan oleh diskriminan langsung. Hyperplane ideal digunakan dalam pengklasifikasi SVM antara dua kelas (kelesuan dan kelesuan) untuk membedakan data tanpa menyebabkan gangguan apa pun.

## 9.4 STUDI EKSPERIMEN

Untuk melaksanakan investigasi eksperimental, komputer yang dilengkapi dengan Windows 10 dan CPU Intel Core i5 yang beroperasi pada 3,2 GHz digunakan bersama dengan MATLAB (lingkungan 2018a). Penggabungan fitur dan jaringan saraf dalam. Metode tak terbatas yang diusulkan dengan pengklasifikasi SVM diuji pada kumpulan data deteksi pengemudi mengantuk NTHU yang digunakan untuk kompetisi ACCV 2016.

### Investigasi Kuantitatif pada Dataset Deteksi Pengemudi Mengantuk NTHU

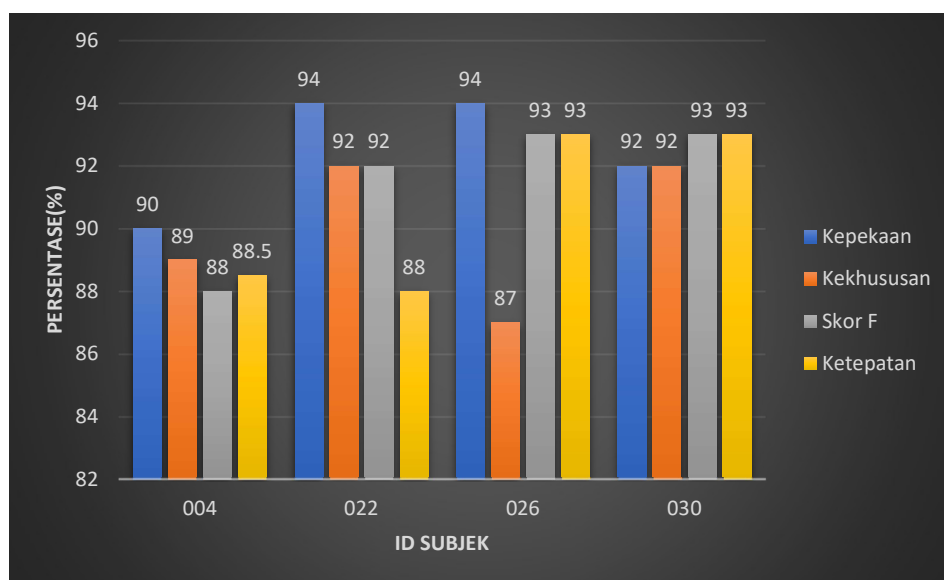
Jika dibandingkan dengan akurasi klasifikasi rata-rata yang diberikan oleh SVM (90,37%), akurasi klasifikasi rata-rata yang diberikan oleh pendekatan klasifikasi lain, seperti random forest, *K-Nearest Neighbor* (KNN), dan *Neural Network* (NN), masing-masing adalah 66,55%, 82,311%, dan 77,9%. Selain itu, SVM memiliki sensitivitas rata-rata 91,70%, sedangkan pengklasifikasi lainnya memiliki sensitivitas rata-rata 76,27%, 85,29%, dan 76,59%. SVM

memiliki spesifisitas rata-rata 89,80%, sedangkan pengklasifikasi lainnya memiliki spesifisitas rata-rata 81,25%, 83,83%, dan 79,04%.

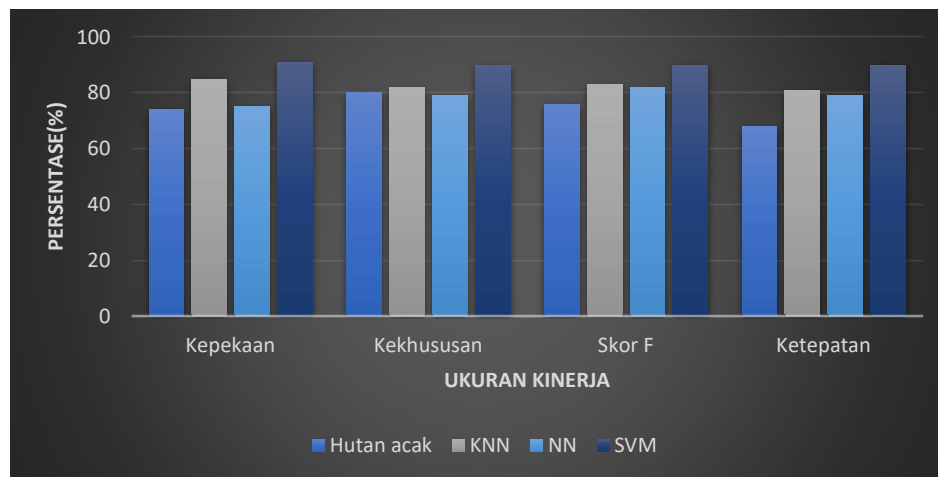
**Tabel 9.1** Parameter input dengan hasil.

Penggolong	IDE Subjek	Sensitivitas (%)	Kekhususan (%)	Skor-F (%)	Akurasi (%)
Hutan acak	004	76	80	76.67	67.89
	022	78.90	80.45	79.09	76.92
	026	71.20	80.12	734	60.80
	030	79	84.44	75.55	60.60
Jaringan Saraf K (KNN)	004	89.98	82.22	85.39	76.51
	022	80.80	83.86	85	80.98
	026	85.4	84.43	83.09	87.77
	030	85	84.84	83	80.22
Jaringan Syaraf Tiruan (NN)	004	78.15	81.78	82.54	80.22
	022	72.45	73.22	80.14	73.14
	026	79.32	81.47	84.23	81.24
	030	76.45	79.69	83.78	77.12
Mesin Vektor Pendukung (SVM)	004	90	89.62	87.87	89.10
	022	92.56	90.59	90.44	88.13
	026	92.81	87.42	92.23	92.58
	030	91.45	91.57	91.90	91.67

Tabel 9.1 menunjukkan parameter input. SVM memiliki skor f rata-rata tertinggi di antara pengklasifikasi terkini ini. Evaluasi kinerja sistem yang diusulkan telah dilakukan, dan hasil evaluasi tersebut ditunjukkan secara grafis pada Gambar 9.7. Gambar 9.8 mengilustrasikan temuan studi visual yang dilakukan pada sistem yang direkomendasikan menggunakan sejumlah pengklasifikasi yang berbeda.



**Gambar 9.7** Representasi grafis dari kinerja sistem yang diusulkan.



**Gambar 9.8** Perbandingan grafis dari sistem yang diusulkan dengan pengklasifikasi yang berbeda.

Ketika dipasangkan dengan pendekatan tak terbatas, SVM memiliki pengaruh yang agak menguntungkan pada akurasi pengelompokan dalam deteksi kelesuan pengemudi. Bahkan, ketika dibandingkan dengan ketika digunakan tanpa teknik tak terbatas, ia meningkatkan akurasi pengelompokan sebanyak 2,86%. Gambar 9.7 menunjukkan analisis grafik dalam karya yang diusulkan.

Dalam dalam Bab khusus ini, HOG dan LBP tidak hanya memiliki kemampuan untuk mengidentifikasi dengan tepat fitur lurus dan tidak lurus dari wajah, mulut, dan daerah mata pengemudi, tetapi juga secara mendasar menjaga hubungan antara sorotan tingkat rendah dan tinggi. Kecelakaan lalu lintas akibat limpasan air, baik yang besar maupun kecil, dapat dihindari dengan bantuan model yang sedang dijelaskan, yang merupakan salah satu keuntungan yang ditawarkannya. Selama percobaan ini, algoritma tak terbatas, bila digunakan bersama dengan pengklasifikasi SVM, mampu mencapai tingkat spesifisitas rata-rata 89,80% dan tingkat sensitivitas 91,70%.

## 9.5 KESIMPULAN

Dalam dalam Bab ini, kerangka konseptual baru disajikan untuk tujuan mengkategorikan beberapa jenis kelesuan pengemudi. Tujuan dari dalam Bab ini bukan hanya untuk mengatur langkah-langkah deteksi kelelahan, melainkan untuk menghasilkan metode yang dapat menentukan komponen-komponen dengan cara yang lebih akurat dan efisien (lelah atau tidak lesu). Pengembangan algoritma tanpa akhir, yang dapat ditemukan di sini, adalah langkah pertama dalam proses pemilihan vektor komponen yang signifikan.

Untuk memberikan deskripsi vektor komponen optimal yang dipilih, pengklasifikasi SVM digunakan. Kerangka kerja yang diusulkan menggunakan skor-f, spesifisitas, sensitivitas, dan akurasi untuk mendapatkan eksekusi yang lebih baik dalam mendeteksi kantuk pengemudi dibandingkan dengan model CNN-LSTM hibrida. Hal ini dilakukan dengan mencapai tingkat akurasi yang lebih tinggi. Pada kumpulan data deteksi pengemudi yang lelah

NTHU, kerangka kerja yang diusulkan mampu mencapai akurasi 90,37% dan kecepatan 12 casing per detik, seperti yang ditunjukkan oleh hasil simulasi. Model CNN-LSTM hibrida, di sisi lain, mencapai akurasi sebesar 84,85%.

## **BAB 10**

### **KONTROL KENDARAAN BAWAH AIR OTONOM**

Dalam beberapa tahun terakhir, peningkatan tingkat otonomi kendaraan bawah air yang mampu beroperasi sendiri telah menjadi komponen penting untuk mengatasi lingkungan laut yang sangat berbahaya dan asing. Hal ini karena laut merupakan lingkungan yang sama sekali berbeda dari daratan. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa lingkungan laut tidak dikenal sekaligus mematikan. Saat ini, kendaraan bawah air otonom, yang juga dikenal sebagai AUV, lebih banyak dipilih daripada kendaraan yang dioperasikan dari jarak jauh, yang juga dikenal sebagai ROV, untuk sebagian besar pekerjaan yang memerlukan keterlibatan dengan lingkungan bawah laut.

Hal ini dilakukan untuk mencegah operator kelelahan dan meningkatkan kemungkinan mereka tetap aman. Dalam Bab tentang sumber daya laut, pemetaan oseanografi, inspeksi jaringan pipa laut dalam, dan aktivitas lain yang sejenis merupakan sebagian besar pekerjaan yang terkait dengan intervensi bawah air. Dalam aplikasi semacam ini, memiliki kendali yang tepat atas lokasi AUV merupakan hal yang paling penting jika seseorang ingin mengumpulkan data dengan kualitas terbaik. Hal ini karena ketepatan AUV dalam mempertahankan posisinya dan mencatat lokasinya merupakan peran penting dalam memengaruhi kualitas data yang diperoleh. Inilah alasannya mengapa demikian. Di sisi lain, mencapai kendali pelacakan lintasan AUV yang tepat merupakan tugas yang sangat menantang.

Hal ini disebabkan oleh sifat lingkungan bawah laut yang tidak terstruktur serta fakta bahwa dinamika kendaraan sangat nonlinier, berpasangan, dan bervariasi terhadap waktu. Selain itu, hal ini merupakan hasil dari fakta bahwa kendaraan tersebut bergerak. Selain itu, perubahan dalam koefisien hidrodinamik, yang disebabkan oleh perubahan kondisi pengoperasian dan kendaraan, mungkin rentan terhadap variabel yang tidak diketahui seperti arus laut, yang membuat desain kontrol pelacakan lintasan menjadi jauh lebih sulit. Perubahan dalam koefisien hidrodinamik disebabkan oleh perubahan kondisi pengoperasian dan kendaraan. Karena itu, sangat penting untuk memiliki sistem kontrol pelacakan untuk AUV yang dibangun untuk mengakomodasi ketidakpastian lingkungan laut.

Untuk melaksanakan operasi otonom yang tidak sepele di laut dalam, khususnya yang berada di wilayah yang tidak dapat diakses oleh manusia, diperlukan lengan manipulator yang dipasang pada kendaraan bawah air. Masalah ini menjadi lebih rumit untuk diatasi karena elemen-elemen ini bekerja sama. Sebagai akibat langsung dari lengan manipulator yang terhubung, sistem perawatan kendaraan bawah laut tambahan (AUVMS) berubah menjadi contoh redundansi kinematik yang redundan secara struktural. Sebagai akibat langsung dari ini, perlu untuk menerapkan berbagai strategi untuk penyelesaian redundansi. Gagasan desain skema kontrol berbasis ruang tugas telah ditawarkan sebagai solusi yang memungkinkan untuk masalah resolusi redundansi sebagai bagian dari cakupan proyek dalam Bab ini.

## 10.1 PENDAHULUAN

Karena letak strategis Indonesia dan sumber daya yang melimpah yang dapat ditemukan di Kawasan Samudra Hindia (IOR), kebetulan saja IOR dibedakan oleh perairan pesisir yang agak dangkal di samping pola cuaca yang khas di kawasan tropis. Dalam kondisi ini, armada mana pun yang mencoba beroperasi akan kesulitan menemukan musuh lebih awal, yang akan mengakibatkan keterlambatan dalam pengerahan pasukan operasional. Diperkirakan 37% populasi dunia tinggal dalam jarak 100 km dari pantai.

Kita cenderung mengabaikan lautan demi memperhatikan masalah yang terjadi di daratan dan di atmosfer; akibatnya, kita belum dapat menjelajahi seluruh kedalaman lautan dan menemukan semua sumber daya hidup dan mati yang dikandungnya. Ini karena kita cenderung mengabaikan lautan demi memperhatikan masalah yang terjadi di daratan. Sangat penting untuk memanfaatkan robot bawah air guna memperoleh pemahaman yang lebih baik tentang masalah kelautan dan lingkungan lainnya, serta untuk melindungi sumber daya laut dari konsekuensi polusi. Robot yang mampu berfungsi di dalam air disebut sebagai kendaraan bawah air otonom atau disingkat AUV. AUV merupakan bagian penting dari doktrin perang robotik dan memainkan peran utama dalam persiapan Angkatan Laut negara tersebut untuk pengerahan operasional awal. Selain itu, AUV merupakan bagian penting dari keseluruhan industri pertahanan.

Istilah "kendaraan bawah air tak berawak", yang merupakan bagian dari AUV, digunakan untuk merujuk pada kategori sistem bawah air yang lebih luas. Hal ini memungkinkan untuk diprogram sebelumnya sehingga dapat melaksanakan tanggung jawab navigasi, kontrol, dan pengarahan yang tepat. Ini adalah sesuatu yang dapat dilakukan. Selama tahun 1970an, *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) merupakan kekuatan pendorong di balik penciptaan sejumlah AUV pertama. Salah satunya dapat dilihat di Galeri Bahari Hart di MIT.

Ini adalah sesuatu yang telah terjadi untuk tujuan menyelidiki sumber daya laut. Nilai kendaraan bawah air ini telah ditunjukkan oleh kemampuannya untuk secara efektif melakukan aktivitas bawah air yang menantang, khususnya yang tidak dapat diakses oleh manusia. Survei dan pelacakan jaringan pipa laut dalam, pembuatan peta oseanografi, penyelidikan dan pemantauan bangkai kapal, dan aktivitas serupa lainnya adalah beberapa contoh tugas ini. Untuk tujuan melakukan aktivitas manipulasi bawah air secara otonom, saat ini, AUV sering kali lebih disukai daripada kendaraan yang dioperasikan dari jarak jauh, yang juga dikenal sebagai ROV. Ini karena data yang diperoleh akan digunakan untuk menginformasikan keputusan di masa mendatang.

Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa kemanjuran pencatatan stasiun dan pelacakan posisi yang dilakukan oleh AUV merupakan faktor utama dalam menentukan kualitas data yang diperoleh. Meskipun demikian, kontrol pelacakan lintasan yang akurat dari robot bawah air merupakan tugas yang sangat sulit untuk diselesaikan karena sifat lingkungan bawah air yang tidak terstruktur dan dinamika kendaraan yang sangat nonlinier yang bergantung pada perilaku yang berubah-ubah seiring waktu. Hal ini membuat tugas tersebut menjadi sangat

menantang untuk diselesaikan. Akibatnya, menyelesaikan tugas tersebut akan menjadi usaha yang sangat menantang.

Sebagai konsekuensinya, sangat disarankan agar sistem kontrol pelacakan AUV digunakan yang dilengkapi dengan kemampuan beradaptasi yang diperlukan untuk mengakomodasi ketidakpastian lingkungan perairan. Selama kurun waktu yang cukup lama, sejumlah peneliti yang berbeda telah mengemukakan gagasan untuk mengembangkan berbagai sistem kontrol mutakhir untuk AUV.

## 10.2 KONTROL GERAKAN

Bagian ini menawarkan analisis ringkas dari dalam Bab yang telah dilakukan mengenai penggunaan kontrol gerakan pada AUV untuk berbagai tugas manipulasi bawah air. Tinjauan pustaka ini tidak dimaksudkan untuk menyeluruh; meskipun demikian, tinjauan pustaka ini mencakup sebagian besar sumber yang menginspirasi atau secara langsung menghubungkan ke hasil inovatif yang ditawarkan dalam dalam Bab ini.

Tujuan dari tinjauan pustaka ini bukanlah untuk menjadi menyeluruh. Karena dalam Bab yang telah dilakukan mengenai kesulitan yang terkait dengan kontrol AUV, berbagai strategi kontrol alternatif telah dipublikasikan selama beberapa waktu. Strategi ini telah diusulkan di berbagai titik. Ini juga merupakan salah satu teknik kontrol yang paling efektif. Untuk memulai, merancang kontrol mode geser (SMC) untuk menyediakan kontrol pelacakan lintasan yang andal untuk kendaraan bawah air. Ini dilakukan agar mereka dapat melakukan dalam Bab Ini dicapai dengan bantuan SMC. Kemudian pada tahun 1991, menyelidiki kemungkinan menggunakan SMC adaptif pada wahana bawah air eksperimental dalam beberapa kapasitas. Mereka melakukannya dalam kerangka tahun 1991. Selain itu, mendeskripsikan SMC adaptif yang dapat digunakan dengan AUV saat berada di bidang selam.

Pengembangan mode geser orde tinggi untuk kontrol selam AUV torpedo. Tujuan dari pekerjaan ini adalah untuk meningkatkan fungsionalitas SMC klasik. Ini dilakukan dengan maksud untuk meningkatkan kinerja SMC standar. Studi ekstensif tentang kontrol dan koordinasi sejumlah besar wahana otonom yang beroperasi di bidang horizontal dapat ditemukan di Liu et al., yang menggunakan teknik kontrol formasi optimal waktu terbatas sebagai strategi kontrol utama. Meskipun demikian, sebagian besar pengendali yang disebutkan di atas memerlukan sejumlah keahlian dengan hidrodinamika dan gangguan untuk membuat skema kontrol secara efektif. Keakraban ini mungkin menyeluruh atau sebagian, tergantung pada situasinya.

Selain itu, karena cara penerapannya, metode kontrol berbasis SMC rentan terhadap masalah getaran. Masalah ini dapat diperbaiki dengan mengganti suku terputus-putus  $\text{sgn}()$  dengan perkiraan yang menggunakan fungsi kontinu, seperti fungsi tangen hiperbolik atau salah satu dari banyak contoh lain yang dapat digunakan. Meningkatkan urutan permukaan geser juga dapat membantu mencegah getaran, yang menjelaskan eksperimen di mana taktik ini diuji dan ditemukan berhasil.

Selain itu, penggunaan pengontrol waktu tunda, yang telah berhasil diterapkan pada kontrol pelacakan AUV dan dianjurkan dalam Kim et al. dan Kumar et al., dapat secara

signifikan mengurangi jumlah getaran yang terjadi. Strategi kontrol cerdas, termasuk logika fuzzy dan kontrol jaringan saraf, telah digunakan secara luas dalam pengoperasian dan manajemen sistem robotik.

Strategi kontrol cerdas ini telah terbukti berguna ketika diterapkan pada manajemen wahana bawah air. Yuh adalah orang pertama yang mengusulkan penggunaan jaringan saraf (NN) sebagai mekanisme kontrol untuk AUV. Ada beberapa iterasi NN, termasuk NN satu lapis, NN umpan-maju, dan NN adaptif. Kontrol fuzzy AUV adalah topik lain yang telah menerima banyak dalam Bab. Konsep untuk pengontrol fuzzy yang secara komputasi lebih efisien dan hanya menerima satu variabel input pada satu waktu. Pengontrol fuzzy input tunggal yang memiliki permukaan kontrol linier sepotong-sepotong pada tahun 2011. Pengontrol ini dirancang untuk tujuan mengelola kedalaman AUV. Namun, dalam Bab tentang ketahanan dan stabilitas sistem kontrol cerdas ini telah terbukti sangat sulit dan sulit untuk dievaluasi.

Integrasi taktik komputasi lunak seperti komputasi logika fuzzy (FLC) dan kontrol mesin vektor pendukung telah muncul sebagai salah satu pendekatan kontrol yang paling menjanjikan dalam beberapa tahun terakhir. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa ia menjamin stabilitas dan memiliki tingkat ketahanan yang tinggi dalam menghadapi gangguan pada parameter.

Berikut ini adalah daftar kekuatan utama yang dimiliki oleh kontrol mode geser fuzzy (FSMC): (1) Karena sistem inferensi fuzzy menawarkan interpretasi kualitatif, memiliki pengetahuan mendalam tentang model sistem tidak diperlukan untuk menggunakannya. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa sistem memberikan interpretasi kualitatif. (2) Aturan kontrol fuzzy dapat dikembangkan secara langsung dengan menggunakan prinsip mode geser, yang tidak hanya memastikan stabilitas dan ketahanan sistem tetapi juga membuat proses pengembangan aturan cukup mudah. Sebagai konsekuensinya, FSMC telah mengalami peningkatan signifikan dalam penggunaan selama beberapa tahun terakhir dalam hal kontrol robot bawah air. Pada awalnya, merekomendasikan penggunaan pengendali fuzzy mode geser untuk kontrol arah dan kemiringan AUV guna memperoleh kinerja kontrol yang optimal. Hal ini dilakukan guna memperoleh kinerja kontrol sebaik mungkin.

Di sisi lain, sebagian besar pengendali yang dibahas sebelum digunakan memisahkan pendekatan kontrol dan model matematika orde rendah dari AUV, tetapi mengabaikan fitur kopling silang sistem. Di sisi lain, AUV harus dikontrol dengan tingkat akurasi yang baik di seluruh enam derajat kebebasan jika ingin terlibat dalam aktivitas interaktif saat terendam air. Upaya yang dilakukan jarang dilakukan. Selama beberapa waktu, berbagai algoritma yang berbeda telah diusulkan sebagai jawaban yang mungkin untuk masalah resolusi redundansi.

Algoritma-algoritma ini telah diajukan sebagai kemungkinan. Kemungkinan tambahan adalah bahwa aturan kontrol dapat dikembangkan di dalam kerangka acuan yang ditetapkan pada badan untuk mencapai tujuan yang sama dengan tindakan kontrol. Selain itu, ada sejumlah pekerjaan yang beragam yang harus diselesaikan oleh sistem perawatan kendaraan bawah laut tambahan (AUVMS) untuk mencapai lebih dari satu tujuan.

Pertimbangkan fakta bahwa AUVMS harus melakukan pelacakan posisi end-effector sebagai tujuan utamanya dan penghindaran rintangan sebagai tujuan sekundernya, sebagai

contoh. Hal itu diperlukan agar AUVMS dapat melakukan kedua pekerjaan ini. Strategi kontrol yang didasarkan pada ruang konfigurasi atau pada kerangka acuan yang ditetapkan pada badan tidak dapat diterima dalam kondisi semacam ini. Sebaliknya, kontrol yang didasarkan pada ruang tugas tidak memerlukan solusi kinematik terbalik apa pun. Karena itu, ada kemungkinan bahwa itu adalah opsi yang paling cocok untuk dipilih. Selain itu, pengelolaan ruang tugas sangat diharapkan ketika penting untuk melakukan modifikasi daring yang sering pada ruang efektor pekerjaan akhir.

Penggunaan loop umpan balik yang secara instan menurunkan kesalahan ruang tugas tanpa perlu perhitungan eksplisit kinematika terbalik adalah keuntungan utama yang dapat diperoleh dengan menggunakan metode yang didasarkan pada konsep ruang tugas. Karena itu, melakukan perhitungan tersebut tidak lagi diperlukan. Belum banyak upaya yang dilakukan untuk menempuh rute khusus ini.

### 10.3 MASALAH KONTROL DALAM SISTEM KONTROL AUV

Kontrol gerak AUV telah terbukti menjadi usaha yang sangat sulit karena berbagai alasan, beberapa di antaranya disebutkan di bawah ini; namun, hal ini tidak menghentikan para peneliti untuk mencoba. Struktur tingkat tinggi dan redundan saat manipulator terhubung; gangguan lingkungan yang disebabkan oleh arus laut, gelombang yang didorong angin, dan faktor lain yang sifatnya mirip dengan yang disebutkan sebelumnya.

Jika sistem robot bawah air otonom tidak dapat bekerja sesuai rencana, lingkungan laut yang tidak terstruktur dan berpotensi berbahaya menimbulkan sejumlah hambatan yang sulit diatasi. Oleh karena itu, sangat penting untuk memiliki sistem kontrol kendaraan yang andal dan khusus yang dilengkapi dengan kemampuan penyetelan otomatis jika kinerja kontrol menurun saat robot beroperasi sebagai akibat dari perubahan dinamika robot dan lingkungan. Hal ini dikarenakan perubahan dinamika robot dan lingkungan dapat menyebabkan kinerja kontrol menurun. Hal ini dikarenakan perubahan dinamika tersebut dapat mengakibatkan penurunan kinerja kontrol.

Salah satu sistem kontrol robust nonlinier yang paling menjanjikan dan efisien adalah kontrol mode geser klasik, yang juga dikenal sebagai CSMC. Kemudahan pengembangannya, serta fakta bahwa sistem ini tidak terpengaruh oleh gangguan dan ketidakpastian eksternal, menjadikan CSMC salah satu sistem kontrol nonlinier yang paling efektif. Di sisi lain, untuk membangun sistem kontrol yang menggunakan SMC, seseorang harus memiliki informasi yang tepat tentang sistem yang sedang dikontrol.

Akan tetapi, untuk membangun sistem kontrol, informasi semacam ini harus dikumpulkan meskipun tidak benar-benar tersedia dalam praktik. Dalam skenario seperti ini, memiliki akses ke metode kontrol cerdas seperti FLC akan menjadi alat yang lebih berguna daripada opsi lainnya. Mungkin saja kapasitas FLC untuk diterapkan pada pabrik yang tidak begitu jelas karakteristik matematisnya merupakan satu elemen yang paling penting dan menentukan dari FLC.

Di sisi lain, memverifikasi stabilitas sistem kontrol yang didasarkan pada logika fuzzy merupakan pekerjaan yang sulit dan menuntut. Mengintegrasikan SMC dan FLC mungkin

merupakan solusi yang tepat untuk masalah ini, karena menawarkan peluang untuk menyelesaikannya. Karena mengatasi kelemahan satu teknik demi teknik lain, pendekatan fusi ini dengan cepat menjadi jenis kontrol yang paling menjanjikan karena memungkinkan pengembangan stabilitas tertentu dan kinerja kontrol yang kuat. Selain itu, metode ini berkembang pesat menjadi bentuk kontrol yang paling berpotensi. Meskipun demikian, ada beberapa kendala, masalah, dan batasan yang perlu dipertimbangkan agar dapat dipahami sepenuhnya. Berikut ini adalah ikhtisar urutan penyampaian kepada Anda:

1. Komponen kontrol terputus-putus dari SMC adalah akar dari getaran yang mengganggu yang mungkin terdengar pada torsi kontrol. Karena getaran ini, ada kemungkinan yang lebih besar bahwa aktuator AUV dapat aus sebelum waktunya.
2. Mode geser tidak dapat diterapkan kecuali jika memungkinkan untuk menentukan batas ketidakpastian dan gangguan yang sekarang ada. Ini adalah hal yang mustahil. Di sisi lain, sebenarnya tidak mungkin untuk menemukannya dalam sebagian besar kasus; oleh karena itu, menemukannya bukanlah sesuatu yang dapat dilakukan.
3. Representasi asimtotik dari konvergensi kesalahan pelacakan posisi dapat diperoleh melalui penggunaan bentuk generik kesalahan pelacakan posisi. Sebagai konsekuensinya, target untuk menetapkan stabilitas dalam jangka waktu tertentu adalah target yang tidak dapat dicapai secara realistis.
4. Tidak mungkin untuk memperoleh nilai yang akurat untuk koefisien hidrodinamik ini, karena nilai koefisien ini berfluktuasi tergantung pada keadaan pengoperasian. Hal ini membuat mustahil untuk menghitung nilai yang akurat untuk koefisien hidrodinamik ini. Karena itu, tidak mungkin untuk mengumpulkan informasi yang benar tentang dinamika AUV untuk tujuan membangun sistem kontrol untuk kendaraan.
5. FLC tradisional mencakup komponen-komponen seperti area penyimpanan basis aturan, mekanisme inferensi, prosedur fuzzifikasi, dan defuzzifikasi dalam gudang alatnya. Namun, karena ada berbagai tantangan teknis yang perlu ditangani, ada kemungkinan bahwa hal ini tidak dapat diterima untuk digunakan dalam aplikasi AUV yang digunakan secara praktis. Beberapa masalah yang perlu ditangani meliputi kurangnya respons waktu nyata, bandwidth komunikasi yang tidak memadai, kemampuan pemrosesan yang tidak memadai, dan masa pakai baterai yang tidak memadai.
6. Saat ini tidak ada pendekatan standar yang dapat digunakan dalam aplikasi kendaraan bawah air otonom di dunia nyata untuk menemukan aturan kontrol fuzzy yang sesuai untuk desain FLC (AUV).
7. Desain pengamat gangguan, yang merupakan kebutuhan paling umum dari desain pengamat dalam kasus kendaraan bawah air, sering kali memerlukan akselerator presisi tinggi, tetapi akselerator ini tidak selalu dapat diakses. Ini merupakan tantangan karena desain pengamat gangguan merupakan kebutuhan paling umum dari desain pengamat dalam kasus kendaraan bawah air. Ini merupakan masalah

karena fakta bahwa desain pengamat gangguan merupakan kebutuhan untuk desain pengamat yang paling sering terjadi dalam konteks kendaraan bawah air. AUVMS telah menjadi struktur yang redundan secara kinematis sejak dilengkapi dengan lengan manipulator yang terpasang. Hal ini telah terjadi sejak lengan tersebut dipasang. Untuk menemukan solusi atas masalah ini, diperlukan penerapan resolusi untuk masalah duplikasi.

Tujuan utama bab ini adalah untuk mengembangkan algoritma kontrol yang stabil dan cerdas untuk tujuan pengendalian manuver AUV di lingkungan laut yang tidak terstruktur. Hal ini akan dicapai untuk memenuhi tujuan, Untuk melakukan hal ini dan agar ini berfungsi sebagaimana mestinya, hal ini akan dilakukan. Arus laut dan gelombang adalah faktor eksternal yang tidak teridentifikasi yang bertanggung jawab atas terciptanya kondisi turbulen lingkungan ini.

Selain itu, koefisien hidrodinamika sendiri memiliki serangkaian ketidakpastian yang melekat: (1) penemuan teknik kontrol yang dapat dipercaya yang didasarkan pada SMC dan semua variasinya, yang diperlukan untuk penerapan metode kontrol yang cerdas dan dapat diandalkan ini; (2) pelaksanaan metode kontrol yang dapat dipercaya ini.

Buat metode untuk kontrol SMC yang didasarkan pada estimasi ketidakpastian; Kembangkan strategi kontrol yang efektif dengan menggunakan FLC dan algoritma kontrol yang berwawasan ke depan; Kembangkan SMC tingkat tinggi yang dapat diandalkan yang dapat mencapai tingkat presisi pelacakan yang tinggi; Ciptakan metode kontrol cerdas dengan ketahanan yang lebih baik, yang menggabungkan SMC dan FLC. Kembangkan SMC tingkat tinggi yang kokoh yang mampu memberikan kontrol pelacakan yang akurat. Teknik berikut akan digunakan untuk seluruh dalam Bab agar berhasil memenuhi tujuan kontrol yang diuraikan sebelumnya.

Pilar matematika yang menjadi dasar aturan kontrol untuk mendukung operasinya. Pendekatan Lyapunov digunakan dalam pembuatan dalam Bab stabilitas serta konfirmasi rencana kontrol yang disarankan. Investigasi lingkungan simulasi secara sangat rinci dan lakukan penilaian yang cermat terhadap hasilnya. Lakukan analisis terhadap prosedur yang diusulkan berdasarkan standar kontrol standar untuk memastikan apakah prosedur ini andal dan produktif atau tidak. Pada baris berikut, Anda akan menemukan versi ringkas dari beberapa kontribusi paling signifikan yang dihasilkan selama studi ini.

#### 10.4 METODOLOGI

Sebuah metode kontrol tangguh berbasis SMC untuk kontrol pelacakan lintasan posisi model AUV nonlinier 6-DOF dibuat dan digunakan dalam studi ini. SMC dengan desain kontrol berbasis permukaan geser PID mampu mengatasi kesalahan kondisi stabil yang sering disebabkan oleh SMC tradisional, yang didasarkan pada lapisan batas.

$$\sum_{-\infty}^{\infty} (c(k)) = 0$$

Karena desain SMC ini menggunakan hiperbidang geser linier, maka desain ini dapat menjamin stabilitas asimtotik sistem bahkan saat sistem tersebut berfungsi dalam mode geser. Hal ini dimungkinkan oleh fakta bahwa hiperbidang geser linier digunakan. Karena itu, kesalahan pelacakan akhirnya akan mencapai titik ekuilibrium setelah periode waktu yang tidak ditentukan berlalu. Ini adalah akibat langsung dari situasi tersebut.

Seseorang dapat mencapai konvergensi waktu terbatas, yang juga dikenal sebagai mode geser terminal (TSM), dengan memasukkan elemen nonlinier ke dalam permukaan geser linier konvensional. Hal ini memungkinkan kemungkinan untuk mencapai TSM. Persamaan yang dipisahkan untuk gerak maju dapat ditulis sebagai berikut:

$$(m - X_{\dot{a}})\dot{u} - X_u u_r - X_{|\psi} | u_r | u_r = \tau_1$$

di mana  $t_1$  adalah gaya kendali yang disebabkan oleh baling-baling pada arah gelombang, dan model gelombang linier pada kecepatan operasi tertentu  $u_0$  diberikan sebagai berikut:

$$(m - X_{\dot{i}})u_0 - X_u u_a - X_{||\omega} | u_0 | u_0 = \tau_1$$

Gaya dorong dihitung sebagai fungsi rpm baling-baling dan kecepatan kapal dengan melakukan uji coba sistematis di tangki penarik dengan uji kecepatan maju mandiri yang berjalan bebas. Gerakan lepasan dalam gerakan bergoyang dan bergerak yang dilinearisasi terhadap kecepatan konstan dapat direpresentasikan sebagai berikut:

$$Mv + N(u_0)vr = b\delta_r$$

Di mana

$$M = \begin{bmatrix} m - Y_i & mx_g - Y_i \\ mx_g - N_i & I_z - N_i \end{bmatrix}, N(u_0) = \begin{bmatrix} -Y_r & (m - X_{\dot{v}})\mu_0 - Y_r \\ (X_{\dot{\mu}} - Y_i)\mu_a - N_v & (mx_g - Y_i)\mu_0 - N_r \end{bmatrix} \text{ dan } b = \begin{bmatrix} -Y_d \\ -N_s \end{bmatrix},$$

$$\begin{pmatrix} m - Y_i & 0 & mx_g - Y_r \\ 0 & 1 & 0 \\ mx_g - N_i & 0 & I_z - N_r \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dot{v} \\ \dot{\psi} \\ \dot{r} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -Y_v & 0 & (m - X_u)\mu_a - Y_r \\ 0 & 0 & 1 \\ -N_v & 0 & (mx_g - Y_r)\mu_0 - N_r \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v \\ \psi \\ r \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_s \\ 0 \\ N_s \end{pmatrix} \delta_r$$

$$Y_s = Y_{as} + Y_{ps}, N_s = N_{ss} + N_{ps}$$

Di sisi lain, ada kekhawatiran atas singularitas dalam teknik desain TSM. Sebagai konsekuensi langsung dari ini, kontrol TSM non-singular, juga disebut sebagai NTSMC, telah diusulkan untuk mencapai kontrol tanpa singularitas. Model AUV 6-DOF nonlinier lengkap telah diposisikan menggunakan kontrol ini, yang juga telah digunakan untuk kontrol lainnya. Strategi NTSMC yang telah disajikan dievaluasi untuk kegunaannya dengan menggunakan AUV ikan pipih dalam simulasi numerik dan menempatkannya melalui sejumlah skenario operasi yang tidak pasti. Ini membantu menentukan seberapa efektif strategi tersebut.

Selain itu, penaksir gangguan berdasarkan TSMC cepat non-singular (NFTSMC) diusulkan untuk tujuan pelacakan lintasan posisi AUVMS dalam koordinat ruang tugas.

Penggunaan penaksir gangguan untuk mendapatkan estimasi daring gangguan yang digabung saat penaksir bekerja pada AUVMS merupakan kontributor bagi ketahanan yang lebih besar yang diberikan oleh pendekatan yang direkomendasikan.

Selain itu, teknik ini memungkinkan kontrol presisi tinggi selain konvergensi kesalahan yang cepat tanpa perlu pengetahuan sebelumnya tentang batasan ketidakpastian. Mempertimbangkan AUVMS planar untuk tujuan melaksanakan operasi bawah air yang cangguh membantu menunjukkan secara matematis bahwa NFTSMC tangguh yang diusulkan memiliki potensi untuk diimplementasikan dengan sukses.

$$O_k = \frac{1}{1 + \exp(-net_k)}, net_k = \sum_j W_{jk} O_j$$

Karena merupakan teknik yang tidak memerlukan model, FLC merupakan salah satu alat yang paling ampuh karena dapat digunakan untuk merancang pengontrol hanya dengan pengetahuan parsial tentang sistem. Hal ini menjadikannya salah satu alat yang paling praktis. Metode yang lebih mudah untuk membangun pengontrol logika fuzzy (FLC) standar dikembangkan, dan diberi nama Pengontrol Fuzzy seperti PD yang tangguh (PD-FZ).

Metode ini dikembangkan secara independen untuk subsistem penyelaman dan kemudi kendaraan udara nir awak. Kemudian, sistem ini digunakan untuk aktivitas gabungan termasuk mengarahkan, menyelam, dan mengendalikan kecepatan. Untuk menghasilkan aturan kontrol fuzzy untuk proses yang terkontrol, perilaku proses yang terkontrol yang menampilkan karakteristik kontrol tipe PD dianalisis. Hal ini dilakukan untuk mengatur perilaku proses yang terkontrol.

$$\Psi(s) = \frac{1}{1 + e^{-s}}$$

Akuisisi titik arah, yang digerakkan oleh garis pandang, adalah prosedur yang memungkinkan pelacakan jalur berhasil diselesaikan. Simulasi AUV II Sekolah Pascasarjana Angkatan Laut (NPS) yang beroperasi dalam sejumlah jenis gangguan lingkungan yang berbeda saat ini sedang dijalankan untuk menguji efektivitas metode kontrol yang telah disediakan. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa simulasi tersebut akurat. Selain itu, telah diusulkan bahwa teknik kontrol ruang tugas yang kuat dapat digunakan. Strategi ini akan didasarkan pada pendekatan FLC seperti PID nonlinier.

Sebagian besar strategi kontrol yang direkomendasikan terdiri dari istilah umpan maju, di samping penaksir gangguan dan hukum FLC seperti PID. Strategi kontrol yang disarankan pada dasarnya dibagi menjadi dua komponen yang berbeda. Pendekatan yang direkomendasikan memberikan jawaban atas masalah kontrol pelacakan lintasan posisi ruang tugas yang harus ditangani oleh AUVMS dalam konteks aplikasi tugas manipulasi bawah air.

$$E = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^Q (y_k^d - y_k)^2$$

Untuk menjamin keberhasilan penerapan strategi FLC mirip PID nonlinier, ditawarkan versi sederhana yang disebut FLC masukan tunggal (SIFLC). Versi ini didasarkan pada konsep metode jarak bertanda. Versi FLC khusus ini dikenal sebagai versi program yang disederhanakan. Dalam sistem koordinat ruang tugas, SIFLC yang tangguh, terkadang disebut sebagai RSIFLC, dirancang dan diimplementasikan untuk mengakomodasi AUVMS planar. Hal ini dilakukan untuk membuat sistem lebih tangguh sehingga dapat ditingkatkan. Karena struktur kontrol dan pendekatan desainnya yang sederhana, RSIFLC yang ditunjukkan cocok untuk implementasi waktu nyata menggunakan mikroprosesor yang dapat dibeli dengan biaya lebih rendah.

### 10.5 STABILISASI SISTEM

Kombinasi FSMC dan SMC tidak hanya memberikan ketahanan yang besar terhadap perubahan nilai parameter hidrodinamik, tetapi juga memastikan stabilitas sistem. Akronim FSMC berasal dari penggabungan SMC dan FLC dari Gambar 10.1 hingga 10.5 yang merepresentasikan gambar keluaran dari karya yang diusulkan.

Selain itu, "chattering" pada input kontrol yang dibuat oleh SMC konvensional telah sepenuhnya diberantas sebagai hasil dari penggunaan pendekatan fuzzy. Hal ini terjadi karena SMC tradisional. Memanfaatkan konsep mode geser memungkinkan pembuatan aturan kontrol fuzzy dengan cara yang sederhana. Varian adaptif dari kontrol mode geser, juga dikenal sebagai AFSMC untuk akronim lengkapnya, direkomendasikan untuk digunakan dalam kontrol manuver kendaraan udara otonom (AUV) yang mampu bergerak dalam enam derajat kebebasan (DOF) yang berbeda. Mekanisme yang dapat disesuaikan ini meningkatkan stabilitas sistem loop tertutup dengan memungkinkan parameter konsekuensi fuzzy dari FLC dimodifikasi.

Saat menggunakan teknik FSMC, memanfaatkan permukaan geser terminal memungkinkan seseorang mencapai konvergensi dalam waktu yang terbatas dan dalam waktu yang singkat. Sebagai konsekuensinya, TSMC fuzzy cepat non-singular (NFFTSMC) bersama dengan penaksir gangguan disediakan untuk tujuan penggunaan dalam kontrol pelacakan posisi AUV. Alat FLC digunakan setiap kali ada kebutuhan untuk mengurangi jumlah getaran yang terjadi pada masukan kontrol. Studi simulasi dinamis telah digunakan untuk menguji kelayakan sistem AFSMC dan NFFTSMC yang diusulkan. Studi ini telah dilakukan dalam kondisi yang tidak diantisipasi, yang menunjukkan bahwa kelayakan sistem ini dapat diverifikasi.

Gambar asli



Gambar yang dikonversi dari rgb ke abu-abu



Gambar 10.1 Gambar masukan.

Gambar asli



Gambar yang disaring log gabor



Gambar 10.2 Gambar yang difilter Log Gabor.



Gambar 10.3 Kendaraan bawah air otonom.



Gambar 10.4 Plat nomor yang terdeteksi.



Gambar 10.5 Nomor yang dikenali.

Disarankan untuk menggunakan TSMC orde kedua bebas getaran untuk tujuan pemantauan posisi AUV yang sejajar dengan pesawat yang jatuh. Ini dilakukan untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Permukaan geser yang dimasukkan ke dalam desain pengontrol digunakan sehingga tidak akan ada fase jangkauan saat pengontrol digunakan.

Di sisi lain, karena berfungsi sebagai fungsi tanda, ia terganggu oleh efek getaran. Manifold integral linier dan manifold geser terminal non-singular digandengkan bersama untuk menjalankan langkah-langkah yang diperlukan guna membangun pengontrol manifold geser (SMC) orde kedua. Hal ini dilakukan untuk mengurangi jumlah getaran yang terjadi pada input kontrol.

Penggunaan TSM di dalam metode yang diusulkan memungkinkan untuk menjamin stabilitas waktu terbatas dari sistem loop tertutup. Telah ditetapkan bahwa tujuan simulasi untuk kontrol posisi kedalaman AUV DSRV telah terpenuhi. Selain itu, mode geser terminal orde kedua (SONTSMC) berbasis pengamat gangguan nonlinier (NDO-SONTSMC) diusulkan untuk memantau lintasan ruang tugas yang telah ditentukan sebelumnya dari AUVMS. Ini merupakan perluasan dari apa yang telah dibahas sebelumnya.

Hal ini dilakukan sebagai perluasan dari apa yang telah dibahas sebelumnya. Memperkirakan tingkat ketidakpastian agregat secara efektif adalah frasa NDO yang disarankan yang tidak mencakup pengukuran percepatan apa pun. Baik ketahanan maupun akurasi pelacakan telah mengalami peningkatan yang signifikan sebagai hasil langsung dari integrasi NDO dengan SONTSMC. Efektivitas pengontrol dibuktikan dengan bantuan simulasi numerik yang dilakukan pada berbagai jenis AUVMS planar yang mengalami gerakan di bidang horizontal.

## **BAB 11**

### **KEAMANAN & PRIVASI AI KENDARAAN OTONOM**

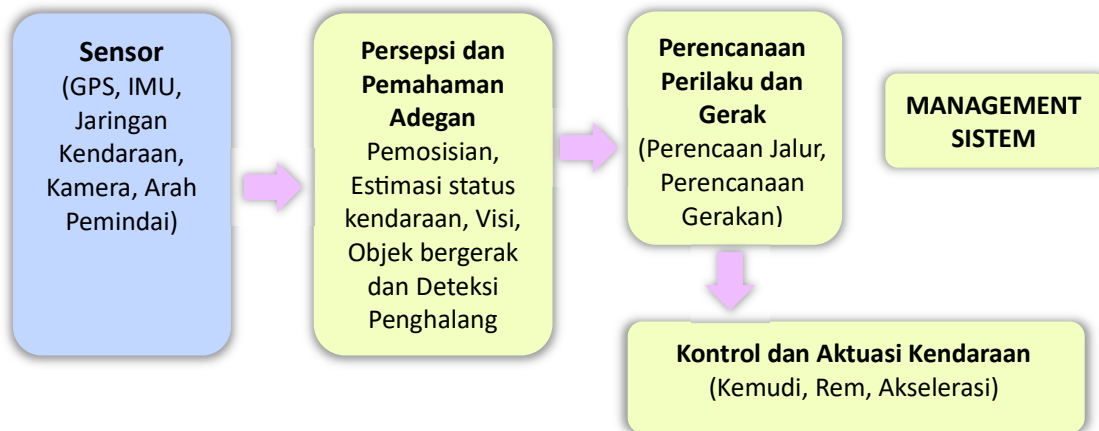
Kecerdasan buatan adalah salah satu teknologi baru yang mensimulasikan kecerdasan manusia dalam mesin dengan memprogramnya untuk berpikir seperti manusia dan meniru tindakan mereka. Kendaraan otonom dapat berfungsi sendiri dan menjalankan fungsi yang diperlukan tanpa keterlibatan manusia. Teknologi inovatif ini dapat memberikan peningkatan keselamatan penumpang, jalan yang tidak terlalu padat, pengurangan kemacetan, lalu lintas yang optimal, konsumsi bahan bakar yang lebih rendah, lebih sedikit polusi, dan pengalaman perjalanan yang lebih baik.

Kendaraan otonom memainkan peran penting dalam industri, pertanian, transportasi, dan aplikasi militer. Aktivitas kendaraan otonom didukung oleh data sensor dan beberapa sistem kecerdasan buatan. Kecerdasan buatan adalah pengumpulan data, perencanaan jalur, dan eksekusi dalam kendaraan otonom yang memerlukan beberapa teknik pembelajaran mesin yang merupakan bagian dari kecerdasan buatan. Namun, hal ini disertai dengan beberapa masalah privasi dan masalah keamanan. Keamanan merupakan masalah penting bagi kendaraan otonom. Masalah keamanan siber saat menggabungkan kecerdasan buatan dalam kendaraan otonom akan dibahas dalam artikel ini, bersama dengan teknologi mobil self-driving yang semakin berkembang.

#### **11.1 PENDAHULUAN**

Sistem kecerdasan buatan, yang menggunakan teknik pembelajaran mesin untuk mengumpulkan, menganalisis, dan mentransfer data, digunakan dalam kendaraan otonom (AV) untuk membuat penilaian yang sama seperti yang dibuat manusia dalam kendaraan biasa. Sistem ini rentan terhadap ancaman yang dapat mengganggu pengoperasian kendaraan yang tepat, seperti halnya semua sistem TI lainnya. Kendaraan otonom seperti mobil tanpa pengemudi dan pesawat nirawak telah diciptakan dan terus menjadi lebih baik. Namun, karena mereka dapat terhubung secara nirkabel ke segala sesuatu di sekitar mereka, sistem otonom rentan terhadap peretasan oleh peretas.

Misalnya, kendaraan udara tak berawak (UAV) yang diretas di tangan yang salah dapat menimbulkan ancaman serius. Peretas dapat membuat pesawat nirawak tidak dapat dioperasikan, menyebabkannya menabrak suatu bangunan, suatu objek, seseorang, atau mobil, atau terbang menjauh dan mengambilnya, tergantung pada tingkat kendali yang dapat mereka peroleh.



**Gambar 11.1** Arsitektur berlapis kendaraan otonom.



**Gambar 11.2** Kendaraan otomatis.

Namun, terlepas dari bahayanya, sistem komputer secara bertahap tumbuh dalam otonomi. Perusahaan yang menciptakan sistem untuk kendaraan otonom dan robotika industri akan membutuhkan keahlian untuk melindungi barang-barang mereka dari peretas dalam waktu dekat. Di sini, tantangan dalam keamanan dan isu-isu yang terkait dengan privasi kecerdasan buatan dalam kendaraan otonom diperiksa.

Gambar 11.1 menunjukkan arsitektur berlapis kendaraan otonom. Mobil otonom adalah sistem cerdas yang berkomunikasi secara nirkabel dengan infrastruktur, kendaraan lain, dan cloud. Namun, mobil otonom adalah sekelompok gawai cerdas yang dapat merasakan, memproses, dan memutuskan secara real time.

Gambar 11.2 menggambarkan unit kontrol elektronik kendaraan otomatis. Kendaraan otomatis terdiri dari beberapa unit kontrol elektronik (ECU), yang masing-masing memiliki

fungsi tertentu. Contoh fungsi ini meliputi sistem kontrol mesin, sistem bantuan pengemudi tingkat lanjut, dan sistem navigasi.

Unit kontrol elektronik merupakan gabungan perangkat keras dan perangkat lunak yang berisi kode pemrograman untuk menjalankan tugas tertentu. ECU ini dapat saling terhubung melalui berbagai antarmuka, termasuk jaringan area pengontrol (CAN). Karnouskos dan Kerschbaum (2018) membahas kendaraan cerdas yang dilengkapi kamera, mikrofon, dan sensor, yang dapat digunakan untuk mengumpulkan sejumlah besar informasi tentang penumpangnya.

Kemampuan pengambilan keputusan yang lebih baik untuk mengemudi disediakan oleh kendaraan otonom, yang menghilangkan keracunan, gangguan, kelelahan, dan ketidakmampuan untuk membuat keputusan cepat. Semua elemen ini berkontribusi pada kapasitas teknologi untuk mengungguli kemampuan pengambilan keputusan manusia dalam hal mengemudi. Oleh karena itu, respons waktu nyata dan penghindaran kesalahan merupakan rintangan utama untuk mobil otonom yang terintegrasi dengan AI. Pentingnya ukuran keselamatan dan kinerja kendaraan otonom telah dibahas dalam berbagai studi dalam Bab.

Pengukuran ini perlu memperhitungkan kesalahan sensor, kesalahan pemrograman, kejadian dan entitas yang tidak terduga, kemungkinan serangan siber dan ancaman, serta kegagalan perangkat keras. Pengembangan metrik tersebut dan analisis real-time terhadap metrik tersebut di masa mendatang akan sangat penting. Serangan siber dapat menargetkan sistem berikut seperti sistem kontrol, komponen sistem pengemudian, komunikasi melalui jaringan kendaraan ke segala arah, penilaian risiko, dan sistem survei, di antara target lainnya. Jenis ancaman paling mendasar yang memerlukan investigasi dan analisis adalah serangan sensor, serangan berbasis aplikasi seluler pada sistem informasi kendaraan, serangan pada infrastruktur IoT, serangan fisik, dan serangan saluran samping.

Kecerdasan buatan juga digunakan dalam keamanan siber untuk mengidentifikasi serangan. Otonomi arsitektur merupakan karakteristik menarik lainnya. Subsistem penting yang perlu diperhatikan saat merancang kendaraan otonom adalah menggabungkan sensor, aktuator, dan variabel kontrol terkait, kecepatan, mekanisme kontrol, visibilitas, lingkungan kendaraan untuk pengamatan eksternal, dan pengenalan objek. Biaya komunikasi akan meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah kendaraan otonom. Hal ini mengakibatkan penundaan atau kehilangan paket, yang selanjutnya mengurangi kinerja atau menimbulkan kesalahan komunikasi.

Konten bab yang tersisa disusun sebagai berikut: Bagian 11.2 menyediakan pengembangan mobil otonom dengan tinjauan yang ada. Bagian 11.3 mengilustrasikan tingkat otomatisasi kendaraan otonom. Arsitektur kendaraan otonom dibahas dalam Bagian 11.4. Model ancaman dibahas dalam 11.5. Lebih jauh, kendaraan otonom dengan AI di lingkungan yang mendukung IoT dibahas dalam Bagian 11.6. Serangan fisik menggunakan AI terhadap kendaraan otonom diuraikan dalam Bagian 11.7 dengan penjelasan terperinci. Lebih jauh, bagian 11.8 menafsirkan masalah keamanan siber AI untuk kendaraan otonom. Kemudian,

berbagai mekanisme pertahanan serangan siber disertakan dalam Bagian 11.9. Terakhir, Bagian 11.10 memberikan kesimpulan untuk pekerjaan ini.

## **11.2 PENGEMBANGAN MOBIL OTONOM**

Upaya pertama untuk mobil tanpa pengemudi dimulai pada pertengahan tahun 1920an dan mulai diminati pada tahun 1980an ketika para ahli berhasil memproduksi kerangka kerja antarnegara otomatis. Hal ini menyiapkan sistem semiotonom dan otonom untuk integrasi mobil otomatis ke dalam infrastruktur jalan raya.

Antara tahun 1980 dan 2000, mayoritas pilot kendaraan otonom asli dikembangkan di Amerika Serikat dan Jerman. Di DARPA AS, *Defense Advanced Research Projects Agency*, AV sangat digunakan untuk mengikuti arahan investigasi penuh. AV Google otonom dimuat dengan iklan besar-besaran dan menarik cadangan daya dari beberapa kontrol. Hingga Juli 2015, armada otonom Google telah menempuh jarak lebih dari 1.000.000 km, tetapi hanya 14 kecelakaan mobil kecil di jalan umum yang dilaporkan. Namun, tidak setiap insiden melibatkan AV; terkadang, kendaraan itu dikemudikan secara fisik atau pengemudi lain yang bersalah. Bagaimanapun, tabrakan utama yang menyebabkan kendaraan otonom dinilai bersalah terjadi ketika menabrak sisi kendaraan transportasi umum di Mountain View.

## **11.3 TINGKAT OTOMATISASI KENDARAAN OTONOM**

Karena kemajuan signifikan terkini dalam *Internet of Things (IoT)*, *Programmable Logic Controller (PLC)*, dan juga di bidang komputer terkait, AV menjadi kenyataan. Kendaraan otonom dikembangkan dengan berbagai tingkat otomatisasi. Gambar 11.3 menunjukkan enam tingkat otomatisasi dalam mobil otonom. Berikut ini adalah berbagai tingkat otomatisasi. Level 0: Ini dikenal sebagai mobil klasik. Tidak ada fungsi otomatis, dan pengemudi memegang kendali penuh atas kendaraan. Jika berbicara tentang Level 1, mobil masih di bawah kendali pengemudi, tetapi ada beberapa fungsi otomatis. Misalnya, kendaraan dengan rem otomatis akan dianggap berada di Level 1.

Kendaraan Level 2 diharuskan memiliki dua fitur otonom. Ini hampir selalu muncul dalam bentuk kendali jelajah dan pemusatan lajur. Level 3 menunjukkan bahwa kendaraan dapat melakukan aktivitas mengemudi dinamis seperti perubahan lajur, pengereman, dan berbelok. Namun, jika mobil memberi sinyal bahwa pengemudi dibutuhkan, pengemudi harus terlibat. Segala hal mulai dari perubahan lajur, pengereman, kemudi, dan menyalakan lampu sein dapat dikelola oleh kendaraan. Kendaraan dapat beroperasi dengan aman sendiri. Kendaraan Level 5 tidak memerlukan roda kemudi atau rem karena pengemudi manusia tidak diperlukan. Kendaraan sepenuhnya mandiri dan tidak memerlukan pengemudi.



**Gambar 11.3** Tingkat otomatisasi mobil otonom.

#### 11.4 ARSITEKTUR KENDARAAN OTONOM

Arsitektur listrik dan elektronik merupakan fondasi kendaraan otonom, dan ECU merupakan komponen utamanya. Arsitektur ini terdiri dari mikrokontroler, mikroprosesor, sensor, dan aktuator untuk menjalankan tugas-tugas tertentu. Kuantitas dan kecanggihan ECU terus bertambah seiring dengan berfungsinya kendaraan otonom. Akibatnya, berbagai struktur E/E disarankan dan diharapkan dapat terwujud di masa mendatang. Setiap tugas secara terpisah dimasukkan ke dalam ECU dalam arsitektur E/E terdistribusi tradisional. Mody dkk. (2018) menggambarkan jenis arsitektur E/E lain yang disebut berbasis domain, di mana komunikasi antara ECU dalam domain yang sama ditangani oleh gerbang domain dan lintas domain ditangani oleh gerbang pusat.

Untuk kendaraan yang sepenuhnya otonom, arsitektur berbasis server disarankan di mana tugas-tugas komputasional tinggi dipindahkan dari mikrokontroler ke mikroprosesor. Memanfaatkan konsep virtualisasi juga menciptakan unit pemrosesan pusat tempat sumber daya didaftarkan dan diatur sesuai dengan kebutuhan sistem. Berbeda dengan desain terdistribusi, mayoritas ECU tidak digunakan secara terus-menerus; oleh karena itu, sumber daya digunakan secara efektif secara terpusat.

Tanpa perubahan signifikan dalam siklus pengembangan perangkat lunak kendaraan otonom, transformasi dalam arsitektur perangkat keras ini tidak dapat diimplementasikan. Oleh karena itu, perangkat lunak untuk kendaraan otonom dikembangkan menggunakan arsitektur sistem terbuka otomotif (AUTOSAR). Standar ini hadir dalam dua kategori: klasik dan adaptif. Saat membuat perangkat lunak untuk arsitektur E/E terdistribusi, ECU memiliki fungsionalitas penuh yang terpasang, dan AUTOSAR klasik digunakan. Mobil otonom masa depan yang mengubah arsitektur telah menghasilkan usulan AUTOSAR adaptif (AUTOSAR, 2019).

Pembaruan perangkat lunak OTA adalah salah satu layanan jarak jauh dan terdistribusi yang dimungkinkan oleh AUTOSAR adaptif. AUTOSAR klasik yang dikembangkan di atas arsitektur perangkat lunak konvensional dikenal sebagai standar OSEK, sedangkan AUTOSAR adaptif mematuhi antarmuka sistem operasi portabel. Pengembangan perangkat lunak untuk ECU di kendaraan otonom masa depan akan menggunakan standar AUTOSAR tradisional dan adaptif.

### 11.5 MODEL ANCAMAN

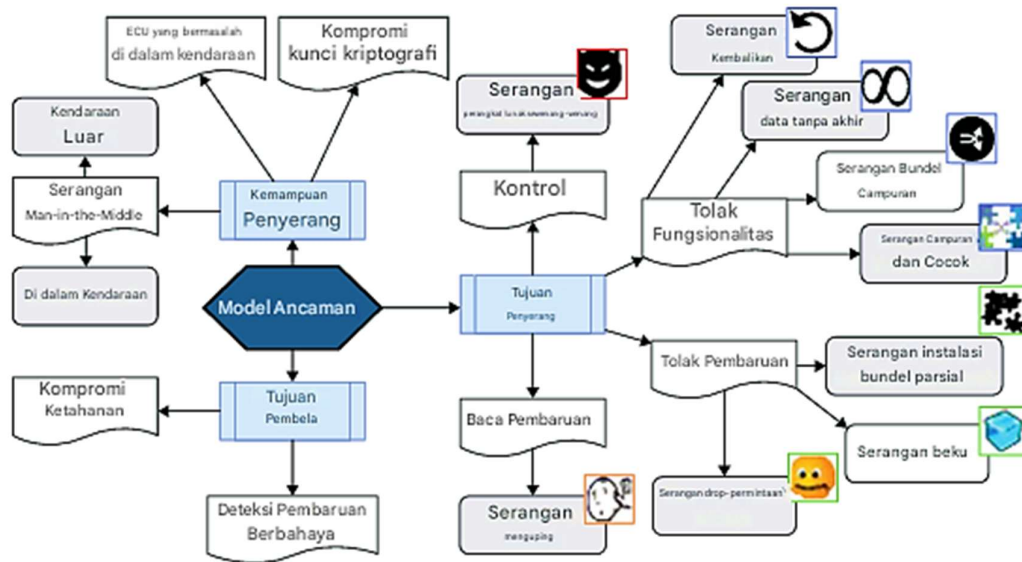
Gambar 11.4 menunjukkan model ancaman; di sini, tujuan penyusup diklasifikasikan seperti di bawah ini.

- Membaca pembaruan: Pihak yang mengganggu tertarik untuk membongkar perangkat lunak unit kontrol elektronik.
- Menolak pembaruan: Penyerang mencegah kendaraan memperbarui perangkat lunak.
- Menolak fungsionalitas: Penyerang mencoba mencegah pengoperasian ECU yang tepat.
- Kontrol: Penyerang berusaha mengubah pengoperasian kendaraan.

Seorang penyusup dapat meluncurkan serangan perantara untuk menyadap komunikasi di dalam atau di luar kendaraan guna mencapai tujuan yang disebutkan di atas. ECU mobil yang diarahkan sendiri memerlukan kunci kriptografi untuk menunjukkan pembaruan perangkat lunak yang digunakan untuk mengatur kunci-kunci ini. Seorang penyusup dapat memperoleh pembaruan perangkat lunak dengan melakukan serangan penyadapan. Pembaruan dapat dicegah oleh penyerang menggunakan serangan permintaan penghapusan, yang memblokir lalu lintas dalam dan luar kendaraan. Serangan pembekuan, yang mentransfer pembaruan terkini ke ECU bahkan saat pembaruan baru tersedia, adalah opsi lain.

Dengan menghapus sebagian lalu lintas, penyerang dapat mencegah beberapa ECU memasang pemutakhiran terkini melalui serangan instalasi bundel parsial. Fitur-fitur tersebut dapat dinonaktifkan melalui penggabungan data tak terbatas, rollback, serangan campuran dan pencocokan, dan bundel campuran. Serangan rollback digunakan untuk memasang versi perangkat lunak yang lebih lama. Penyerang dapat melakukan serangan data tak terbatas dengan mengirimkan sejumlah besar data yang lebih besar daripada yang dapat disimpan ECU.

Target utama jenis serangan ini adalah ECU sekunder. Jika terjadi serangan bundel campuran, ECU diinstruksikan untuk memasang bentuk perangkat lunak yang tidak cocok, yang menyebabkan masalah interoperabilitas. Namun, dalam hal ini, peretas menandatangani bundel perangkat lunak yang tidak kompatibel untuk dipasang menggunakan kunci kriptografi. Serangan campuran dan pencocokan masih menyebabkan masalah interoperabilitas. Serangan paling parah, di mana penyerang berupaya menguasai kendaraan, dapat diluncurkan melalui penipaan perangkat lunak ECU dengan perangkat lunak berbahaya.



Gambar 11.4 Model ancaman.

### 11.6 KENDARAAN OTONOM DENGAN AI DI LINGKUNGAN YANG MENDUKUNG IOT

Revolusi Industri 4.0 sangat dipengaruhi oleh *Internet of Things*. Hal ini karena perangkat otonom pintar digunakan untuk menyediakan komunikasi yang efektif guna meningkatkan rantai nilai. Tujuan Industri 4.0 adalah untuk merampingkan operasi perusahaan. Dalam Industri 4.0, IoT sangat penting bagi operasi perusahaan. Para peneliti dan praktisi akan dapat mencapai otonomi Level 5 sepenuhnya karena integrasi AI dan IoT. IoT mengumpulkan data, yang kemudian dianalisis oleh AI untuk menciptakan pengetahuan yang berguna bagi pengambilan keputusan.

Sinergi AI membuat IoT lebih cerdas. Pembuatan, pemrosesan, dan komunikasi data diperlukan untuk AV. Lebih jauh lagi, Sistem Informasi Seluler sering kali menyediakan data tentang perencanaan jalur dan kemacetan lalu lintas. IoT memungkinkan mobil untuk mengirim dan menerima data, karena objek tidak memerlukan intervensi fisik.

Gambar 11.5 menggambarkan infrastruktur *Internet of Things* untuk kendaraan otonom yang menggunakan AI. Infrastruktur jaringan bersama yang dapat bertukar informasi secara instan diperlukan. Misalnya, informasi perangkat harus diterima secara instan dan diproses dengan cepat untuk memungkinkan pengambilan keputusan. Manfaatnya adalah komunikasi yang efektif antara perangkat dan AV. Selain itu, berbagai komponen AV terhubung ke hub, yang mengirimkan dan menerima data. Ini akan memungkinkan pengoperasian kendaraan otonom yang efektif.



**Gambar 11.5** Infrastruktur IoT untuk kendaraan otonom menggunakan AI.

Platform untuk kendaraan otonom berbasis IoT terdiri dari empat elemen berikut: (1) Elemen perangkat keras seperti sensor mengirimkan dan menerima data dari stasiun pangkalan atau kendaraan. (2) Jaringan komunikasi dapat digunakan untuk mengirim dan menerima data. Big Data adalah akumulasi data yang terdiri dari volume, kecepatan, dan variasi. (3) Teknologi Big Data diperlukan untuk memproses data dalam jumlah besar. (4) Cloud adalah tempat data akan disimpan dan kemudian didistribusikan ke berbagai perangkat. Komunikasi data antara perangkat IoT terjadi di banyak level. Transmisi data antara mobil dan antara kendaraan dan perangkat lain juga dimungkinkan.

Kendaraan otonom menggunakan input dari berbagai saluran untuk membuat keputusan. Kendaraan otonom tidak dapat mengevaluasi data penting yang disediakan dan diterima oleh perangkat IoT yang terhubung kecuali penilaian didasarkan pada sistem kecerdasan buatan terprogram, termasuk sistem berbasis aturan atau jaringan saraf. Berdasarkan data yang tersedia dari banyak sumber, model prediktif menghasilkan pengenalan objek, perencanaan lintasan, dan pemeliharaan jalur. Kendaraan otonom berbasis kecerdasan buatan dapat dihubungkan ke ekosistem di kota pintar untuk meningkatkan perencanaan jalur. Kamera, LiDAR, dan GPS digunakan untuk menyediakan data jaringan ke cloud IoT oleh kendaraan otonom. Berbagai gadget, stasiun pangkalan, dan infrastruktur jaringan semuanya menerima informasi. Cloud IoT memungkinkan penggunaan data waktu nyata untuk pengambilan keputusan yang lebih baik. Untuk AV berbasis AI, IoT dapat menjadi penting di seluruh tahapan berikut:

**Pengumpulan data:** Agar dapat dilatih, AV yang didukung oleh kecerdasan buatan memerlukan banyak data. Diperlukan data waktu nyata dan relevan. Ini dapat disediakan melalui perangkat IoT berbasis ekosistem.

**Perencanaan jalur:** Perencanaan lintasan adalah dasar untuk perencanaan jalur, yang menggunakan perencanaan jalur dan pergerakan untuk berpindah dari satu keadaan ke keadaan lain yang digunakan untuk keputusan tingkat tinggi. IoT memainkan peran penting dalam strategi perencanaan ini untuk memberikan data secara waktu nyata untuk pencarian jalur yang efisien.

**Tindakan:** Identifikasi objek dan respons yang terkait dengan cuaca dilakukan selama tahap ini. Fase ini akan diproses dengan benar jika pengumpulan data perangkat IoT ditingkatkan dan perencanaan jalur efektif.

### 11.7 SERANGAN FISIK MENGGUNAKAN AI TERHADAP KENDARAAN OTONOM

Kapasitas komputasi dan konektivitas tingkat tinggi secara progresif diperlukan untuk pengembangan kendaraan yang semakin otonom dan terhubung, yang meningkatkan permukaan serangan dan meningkatkan kemungkinan serangan fisik dan siber. Keamanan penumpang, pejalan kaki, mobil lain, dan infrastruktur yang terhubung dapat secara langsung dipengaruhi oleh beberapa kerentanan dalam kendaraan yang mengemudi secara otonom. Menyelidiki potensi risiko yang ditimbulkan oleh penggunaan AI sangat penting. Kecerdasan buatan telah secara signifikan membantu kendaraan otonom dalam berbagai cara, termasuk identifikasi objek dan perencanaan jalur. Namun, membangun model AI biasanya melibatkan banyak pekerjaan komputasi dan memerlukan banyak data pelatihan yang sensitif. Penyerang termotivasi untuk meluncurkan banyak serangan karena nilai moneter dari model tersebut. Serangan ekstraksi model dapat diluncurkan oleh penyerang siber untuk keuntungan finansial atau sebagai batu loncatan untuk serangan lebih lanjut seperti penghindaran model.

Banyak dalam Bab yang dilakukan untuk mengidentifikasi kelemahan keamanan dan kerentanan dalam AI untuk kendaraan otonom, menyarankan solusi potensial, dan menguraikan kemungkinan dampak pada kendaraan dan infrastruktur terkait. Banyaknya sensor, kontrol, dan teknik penyambungan telah dikaitkan dengan beberapa bahaya. Kesulitan keamanan dan pembelajaran mesin dengan perangkat lunak antivirus memanfaatkan kelemahan dalam perangkat lunak sistem modern. Untuk lebih spesifik, beberapa kelemahan dan kerentanan keamanan ini yang sering disorot adalah:

- ❖ Gangguan/spoofing sensor: Model AI mungkin diberi data yang tidak akurat, yang menyebabkan sistem bekerja secara tidak benar.
- ❖ Serangan penolakan layanan: saluran komunikasi yang digunakan oleh kendaraan otonom.

Ada kemungkinan untuk menonaktifkan sementara operasi yang diperlukan untuk mengemudi secara otonom.

**Memaniplasi komunikasi kendaraan:** Ketika saluran komunikasi yang digunakan oleh kendaraan otonom dibajak dan dimanipulasi, hal itu disebut sebagai memanipulasi komunikasi kendaraan. Hal ini dapat mengakibatkan, misalnya, persepsi yang salah terhadap infrastruktur jalan. Berbagi informasi: Sistem yang digunakan dalam kendaraan otonom menyimpan informasi sensitif tentang komposisi komponen AI serta informasi pribadi. Sistem seperti itu kini menjadi target serangan pelanggaran data.

Agar kendaraan otonom dapat mengembangkan kemampuan otonom, data dan model AI sangat penting. Komponen-komponen ini memiliki karakter dinamis dan dapat mengubah perilakunya seiring waktu sebagai hasil pembelajaran dari data baru, pembaruan produsen, data yang tidak terduga atau sengaja diubah, atau faktor-faktor lainnya. Hal ini memerlukan pengujian sistematis terhadap keamanan dan ketahanan komponen AI selama seluruh siklus hidupnya, bukan hanya pada saat tertentu selama pengembangan. Untuk menjamin bahwa kendaraan akan berperilaku sebagaimana mestinya saat menghadapi keadaan yang tidak terduga atau tindakan jahat seperti serangan berdasarkan manipulasi input, termasuk serangan peracunan dan penghindaran, baik model AI maupun data harus divalidasi secara menyeluruh.

Ini termasuk membangun dan menegakkan proses berkelanjutan yang ketat untuk memastikan bahwa model bebas dari kerentanan yang dapat dieksploitasi dan bahwa data yang digunakan di seluruh tahap pengembangan dan produksi belum diubah dengan maksud jahat. Ini juga berarti bahwa untuk mengatasi kesulitan yang terlibat dalam menerapkan validasi sistematis ini, hubungan antara lembaga dalam Bab dan pelaku industri perlu diperkuat.

#### **11.8 MASALAH KEAMANAN SIBER AI UNTUK KENDARAAN OTONOM**

Dalam budaya yang dipenuhi oleh jaringan sosial, komputasi awan, transaksi digital, dan operasi otomatis, teknologi berkembang pesat. Meskipun seiring kemajuan teknologi, ancaman siber juga berkembang, yang mengarah pada pengembangan jenis serangan, alat, dan metodologi baru yang memungkinkan penyerang menembus sistem yang dikendalikan lebih dekat dan menghasilkan lebih banyak kerusakan, dan bahkan menghindari deteksi serangan dalam kasus terburuk.

Dalam masyarakat yang terus didorong oleh berbagai teknologi terkini seperti jaringan sosial, data besar, dan pertukaran digital, data relevan yang disimpan atau keamanan informasi dan kerahasiaan informasi terus-menerus berada dalam bahaya yang signifikan terhadap proses otomatis yang dilakukan oleh sistem TI dan dikelola melalui Internet. Sebagai konsekuensi dari pengembangan teknik baru, serangan terjadi lebih sering, dan kerusakan yang terjadi pada korban kejahatan siber semakin parah. Sistem AI harus dilindungi dari layanan dan komponen kendaraan otonom lainnya.

Sebaiknya ikuti standar keamanan siber konvensional. Mengingat bahwa AV adalah lingkungan multidimensi, serangan yang berhasil terhadapnya dapat berdampak buruk. Akibatnya, penyediaan keamanan siber pada kendaraan otonom memerlukan pendekatan holistik eksklusif yang mempertimbangkan semua faktor, keragaman sistem AI, dan interaksinya. Sistem AI pada kendaraan otonom selalu berupaya mengenali rambu lalu lintas dan marka jalan, menemukan kendaraan, mengukur kecepatannya, dan merencanakan jalur. Sistem ini rentan terhadap serangan yang disengaja yang mencoba mengganggu sistem AI dan mengganggu operasi yang sangat penting bagi keselamatan, selain bahaya yang tidak disengaja seperti kerusakan mendadak.

Dalam Bab ini memberikan beberapa rekomendasi untuk memperkuat keamanan AI pada kendaraan otonom, salah satunya adalah melakukan evaluasi keamanan komponen AI secara berkala selama masa pakainya. Untuk memastikan bahwa kendaraan terus bereaksi secara efektif terhadap skenario yang tidak terduga atau tindakan yang tidak bersahabat, penting untuk menguji model dan data AI secara konsisten. Industri otomotif harus menerapkan strategi keamanan berdasarkan desain, di mana keamanan siber merupakan elemen penting dari desain digital sejak awal hingga pengembangan dan penerapan fitur AI.

Untuk menangani masalah keamanan siber yang muncul terkait dengan AI, industri otomotif harus memperluas kapasitasnya untuk respons cepat dan meningkatkan tingkat kesiapannya. Serangan keamanan terhadap AV mencakup pemrosesan dan serangan berdasarkan skema. Tidak seperti serangan berbasis skema, yang didedikasikan untuk suatu tujuan atau elemen yang ditargetkan, serangan berbasis pemrosesan berdampak pada ketersediaan, orisinalitas, dan integritas sistem AV.

Sistem transportasi pintar (STS), yang telah diuji oleh beberapa perusahaan di sektor otomotif, termasuk Uber, Google, dan Toshiba, di seluruh dunia, adalah salah satu aplikasi yang mencakup otomatisasi kendaraan. Kekhawatiran keselamatan, privasi, dan keamanan penumpang telah muncul tentang penggunaan uji coba ini, termasuk peniruan identitas, serangan penolakan layanan, tantangan waktu, dan invasi lubang cacing. Peningkatan serangan siber terhadap AV, seperti Sybil, DoS, penyadapan, pemutaran ulang, perubahan data, dan peretasan kendaraan, serta kebocoran data, kemacetan lalu lintas, dan spoofing. Bahaya-bahaya ini berpotensi membahayakan kendaraan otonom, manusia, dan properti secara serius, yang dapat berdampak berikut pada kendaraan otonom:

- Kegagalan dalam pengoperasian kendaraan: hilangnya kendali rem dan komponen mesin serta kemudi juga dapat mengganggu pengoperasian kendaraan.
- Kegagalan sistem kendaraan: Hal ini disebabkan oleh ketidakmampuan kunci pintu, lampu, dan sistem keselamatan penumpang untuk berfungsi dengan baik, serta oleh diagnostik yang salah.
- Pencurian mobil dapat terjadi karena pelacakan GPS, pembajakan kendaraan, dan penjualan kendaraan untuk tebusan.
- Pencurian data: Kendaraan otonom dapat berisi data Indeks Kekuatan Relatif, catatan kendaraan, seperti GPS dan kecepatan kendaraan, serta detail pribadi tentang penumpang dan pengemudi, semuanya dapat digunakan sebagai target oleh peretas untuk meluncurkan serangan siber.
- Insiden kendaraan otonom dapat mengakibatkan cedera atau kematian bagi pengemudi dan pejalan kaki, sehingga menimbulkan masalah pertanggungjawaban.
- Kerugian komersial: Serangan siber pada AV berpotensi menyebabkan kerugian finansial yang signifikan dengan menurunkan kepercayaan konsumen dan hilangnya pendapatan.

Untuk meluncurkan serangan keamanan, penyerang mungkin terpicu oleh data waktu nyata yang dapat disimpan dan diakses oleh AV terkait keputusan mengemudi dan penemuan

rintangan melalui koneksi nirkabel dari server pihak ketiga pusat. Beberapa masalah dalam desain AV terpusat adalah sebagai berikut:

- (i) Jika ada satu titik kegagalan, seluruh jaringan mungkin tidak dapat digunakan.
- (ii) tingkat kontrol data yang tidak memadai
- (iii) akuntabilitas dan deteksi yang lemah
- (iv) kemampuan beradaptasi yang terbatas

Kesulitan dan ancaman keamanan yang disebutkan di atas yang terkait dengan AV konvensional dapat dikurangi menggunakan blockchain.

Sistem basis data terdistribusi yang disebut blockchain melacak transaksi dalam serangkaian blok. Dalam hal ini, setiap simpul anggota yang berpartisipasi memiliki salinan catatan, tetapi tidak ada otoritas pusat atau server untuk melacak rantai lengkap. Atribut kekekalan blockchain mencegah setiap anggota yang berpartisipasi mengubah catatan blok setelah dibuat. Dengan menerapkan Proof-of-Work dan Proof-of-Stake, yang awalnya dibuat dan digunakan oleh Bitcoin (mata uang digital), pengemudi dan penumpang dapat berkendara dengan aman dan terlindungi. Semua pemangku kepentingan dalam industri manufaktur mobil menjadi lebih sadar bahwa keamanan dan perlindungan privasi berubah menjadi kriteria yang lebih penting dalam desain kendaraan otonom. Hal ini akan memerlukan penambahan elemen keamanan dan fitur perlindungan privasi dari komponen dasar hingga sistem elektronik dan arsitektur kendaraan yang lengkap.

Serangan keamanan merupakan ancaman besar bagi kendaraan otonom. Kesalahan teknis dari serangan siber dapat mengakibatkan kecelakaan dan hilangnya nyawa. Lebih jauh lagi, penyerang yang kejam dapat dengan sengaja fokus pada kendaraan yang teliti dan mengganggu upaya rutusnya untuk mengambilnya dan menyebabkan beberapa kerusakan. Selain itu, privasi merupakan pertimbangan penting dalam kendaraan otonom. Interaksi konstan antara mobil dan lingkungan sekitarnya membahayakan informasi pribadi pengguna. Risiko potensial ini termasuk kebocoran informasi, pencurian informasi, pelacakan, dan penyalahgunaan.

### **11.9 MEKANISME PERTAHANAN SERANGAN SIBER**

Ini adalah strategi, prosedur, atau sistem untuk mengurangi serangan terkait AV. Untuk melindungi diri dari serangan spyware, malware, dan wormhole, ada beberapa solusi yang tersedia tergantung pada jenis serangan. Ini termasuk kriptografi kunci publik, sistem firewall, dan standar enkripsi.

Berbagai mekanisme terhadap serangan siber digambarkan pada Gambar 11.6.

#### **Pendekatan Berbasis Identitas**

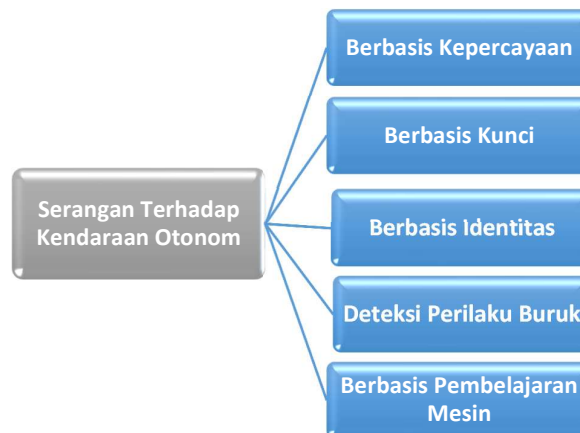
Keaslian dan integritas jaringan ad hoc kendaraan (VANET) dipertahankan melalui penggunaannya. Memanfaatkan kualitas identitas untuk ketahanan terhadap serangan, seperti ID Kendaraan Otonom, alamat IP Kendaraan Otonom, dan nomor registrasi AV (Kendaraan Otonom), merupakan tujuan mendasar dari metode berbasis ID.

Persyaratan untuk membuat sertifikat digital dihilangkan, sehingga mengurangi kesulitan kriptografi kendaraan otonom. Catatan kunci publik sistem berbasis identitas harus

disimpan di server pusat. Dengan hanya satu titik kegagalan, server terpusat, semua komunikasi rentan terhadap gangguan. Blockchain menawarkan solusi praktis untuk masalah dengan sistem berbasis ID ini, karena tersebar dan tidak memiliki satu titik kegagalan. Kemungkinan kegagalan berkurang karena setiap kendaraan otonom yang terhubung ke blockchain dapat menyimpan replika semua informasi atau kunci publik.

### Solusi Berbasis Kunci

Kriptografi kunci asimetris atau kriptografi kunci simetris adalah dua contoh dari banyak teknik kriptografi yang dapat digunakan untuk membuat solusi tepercaya berbasis kunci untuk kendaraan otonom. Untuk membuat kendaraan otonom lebih aman dari sudut pandang keamanan, fungsi hash dapat diterapkan. Metode kriptografi berbasis kunci seperti kriptografi kurva eliptik dan Standar Enkripsi Modern memberikan keamanan yang hebat dengan menggunakan sumber daya yang minimal. Metode kriptografi dibatasi oleh validasi dan pertukaran kunci serta kepercayaan antara kendaraan otomatis. Hal ini dapat ditangani dengan sukses oleh teknologi blockchain, yang terdistribusi, dapat dioperasikan bersama, dan tidak dapat diubah menurut prosedur konsensus.



**Gambar 11.6** Mekanisme pertahanan serangan siber.

### Solusi Berbasis Kepercayaan

Kepercayaan merupakan faktor tambahan untuk melindungi kendaraan otonom dari berbagai masalah keamanan dan privasi. Kepercayaan merupakan "derajat kepercayaan" AV. Bergantung pada seberapa baru komunikasi terjadi, AV yang berbeda memiliki tingkat kepercayaan yang berbeda. Perilaku AV di sekitarnya berdampak pada seberapa tepercaya VANET tersebut. Setiap upaya untuk mengubah nilai akan membahayakan seluruh blockchain yang muncul setelah blok saat ini. Aktivitas ini menurunkan tingkat kepercayaan di antara node lain yang berpartisipasi.

### Solusi Berdasarkan Deteksi Perilaku

Perilaku jahat didefinisikan sebagai perilaku AV yang salah di VANET. Nilai kepercayaan AV di dekatnya, yang dihitung menggunakan sejumlah temuan, perhitungan matematika, dan masukan pengguna sebelumnya pada model data, dapat digunakan untuk menentukan lokasinya. Perangkat lunak antivirus yang jahat dapat mengubah kepentingan kepercayaannya

untuk menunjukkan bahwa itu adalah node asli atau mengubah signifikansi kepercayaan AV kredibel lain untuk menunjukkan bahwa itu adalah kebencian. Alternatif realistis untuk masalah kepemilikan kekekalan adalah blockchain publik. Akibatnya, setelah nilai kepercayaan aplikasi antivirus ditambahkan ke blok blockchain, nilai tersebut tidak dapat diubah atau diperbarui.

#### **11.10 SOLUSI BERBASIS PEMBELAJARAN MESIN**

Pemindaian pertahanan yang disebutkan di atas hanya mengenali serangan yang ada di basis data mereka. Teknik yang disebutkan di atas tidak akan dapat mengenali serangan apa pun yang dilakukan terhadap AV yang tidak secara khusus tercantum sebagai serangan. Metode pembelajaran mesin seperti pengelompokan, klasifikasi, dan jaringan Bayesian dapat digunakan dalam keadaan ini untuk memahami dan memprediksi ancaman berdasarkan pola serangan yang ada. Ini adalah teknik terbaru yang digunakan oleh AV untuk menemukan serangan siber. Teknik pembelajaran mesin menggunakan sistem basis data terpusat untuk menyimpan data dan membuat pola untuk mendeteksi serangan. Masalah dengan hal tersebut adalah satu titik kegagalan, yang dapat diselesaikan dengan memanfaatkan teknologi blockchain.

Komunitas ilmiah mulai mengamati pengemudian dan kendaraan otonom sebagai alternatif praktis untuk bergerak maju dalam kecerdasan buatan. Keputusan berbasis kecerdasan buatan yang dibuat oleh kendaraan yang dikendalikan sendiri dan sistem pengemudi dapat menandai era pertumbuhan industri yang inovatif. Keterbatasan signifikan kecerdasan buatan terus menghalangi pengembangan mengemudi secara otonom. Dalam studi ini, penilaian komprehensif tentang penerapan kecerdasan buatan dalam kendaraan otomatis disajikan. Ketahanan serangan keselamatan terhadap mobil yang mengemudi sendiri dan solusi canggih tradisionalnya diperiksa secara metodis dan umum.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aabid, A., Parveez, B., Parveen, N., Khan, S.A., Shabbir, O., 2022. A case study of unmanned aerial vehicle (Drone) technology and its applications in the Covid-19 pandemic. *J. Mech. Eng. Res. Dev.*, 45, 2, 70–77.
- Ali, M.S., Vecchio, M., Pincheira, M., Dolui, K., Antonelli, F., Rehmani, M.H., Applications of blockchains in the internet of things: A comprehensive survey. *IEEE Commun. Surv. Tutor.*, 21, 1676–717, 2018.
- Ayachi, R., Said, Y., Ben Abdelaali, 2020. A., Pedestrian detection based on lightweighted separable convolution for advanced driver assistance systems. *Neural Process. Lett.*, 52, 3, 2655–2668.
- Breen, G.-M. and Matusitz, J., An evolutionary examination of telemedicine: A health and computer-mediated communication perspective. *Soc. Work Public Health*, 25, 1, 59–71, 2010
- Choi-Fitzpatrick, A., Chavarria, D., Cychosz, E., Dingens, J. P., Duffey, M., Koebel, K., Siripanh, S. *et al.*, *Up in the air: A global estimate of non-violent drone use 2009-2015*. 2016.
- Ding, L., Wang, Y., Laganriere, R., Huang, D., Fu, S. 2020. Convolutional neural networks for multispectral pedestrian detection. *Signal Process.: Image Commun.*, 82, 115764.
- Elfatih, N.M., Hasan, M.K., Kamal, Z., Gupta, D., Saeed, R.A., Ali, E.S., Hosain, M.S., 2022. Internet of vehicle's resource management in 5G networks using AI technologies: Current status and trends. *IET Commun.*, 16, 5, 400– 420, 2022.
- Fey, V. and Rivin, E. 2005. *Innovation on demand: New product development using TRIZ*, Cambridge University Press.
- Gaihua, W., Jinheng, L., Lei, C., Yingying, D., Tianlun, Z. 2022. Instance segmentation convolutional neural network based on multi-scale attention mechanism. *PLoS One*, 17, 1, e0263134.
- Gansbeke, W.V., Brabandere, B.D., Neven, D., Proesmans, M., Gool, L.V., End-to-end lane detection through differentiable least-squares fitting, in: *ICCV Workshop*, 2019.
- Gupta, A., Anpalagan, A., Guan, L., Khwaja, A.S. 2021. Deep learning for object detection and scene perception in self-driving cars: Survey, challenges, and open issues. *Array*, 10, 100057.
- Gupta, R., Tanwar, S., Kumar, N., Tyagi, S., Blockchain-based security attack resilience schemes for autonomous vehicles in industry 4.0: A systematic review. *Comput. Electr. Eng.*, 86, 106717, 2020.

- Hang, X., Wang, S., Cai, X., Zhang, W., Liang, X., Li, Z., 2020. CurveLaneNAS: Unifying lanesensitive architecture search and adaptive point blending, in: *European Conference on Computer Vision (ECCV)*.
- Hasani, B. and Mahoor, M.H., Spatio-temporal facial expression recognition using convolutional neural networks and conditional randomfields. *2017 12th IEEE International Conference on Automatic Face & Gesture Recognition (FG 2017)*, pp. 790–795, 2017.
- Jacobi, M., Autonomous inspection of underwater structures. *Rob. Auton. Syst.*, 67, 80–86, 2015.
- Jazayeri, A., Cai, H., Zheng, J.Y., Tuceryan, M., Vehicle detection and tracking in car video based on motion model. *Intell. Transp. Syst. IEEE Trans. on*, 12, 2, 583– 595, 2011.
- Khayyam, H., Javadi, B., Jalili, M., Jazar, R.N., 2020. Artificial intelligence and internet of things for autonomous vehicles, in: *Nonlinear Approaches in Engineering Applications*, pp. 39–68, Springer, Cham
- Kukkala, V.K., Tunnell, J., Pasricha, S., Bradley, T., 2018. Advanced driverassistance systems: A path toward autonomous vehicles. *IEEE Consumer Electronics Magazine*, 7, 5, 18–25, 2018
- Li, J.-H., Lee, P.-M., Hong, S.W., Lee, S.J., Stable nonlinear adaptive controller for an autonomous underwater vehicle using neural networks. *Int. J. Syst. Sci.*, 38, 4, 327337, 2007.
- Liu, Z., Jiang, H., Tan, H., Zhao, F., 2020. An overview of the latest progress and core challenge of autonomous vehicle technologies, in: *MATEC Web of Conferences*, vol. 308, p. 06002, EDP Sciences,
- Mora, P. and Araujo, C.A.S., 2022. Delivering blood components through drones: A lean approach to the blood supply chain. *Supply Chain Forum: An Int. J.*, 23, 2, 113–123, Taylor & Francis, 2022
- Munawar, H.S., Inam, H., Ullah, F., Qayyum, S., Kouzani, A.Z., Mahmud, M.A.P., 2021. Towards smart healthcare: Uav-based optimized path planning for delivering COVID-19 self-testing kits using cutting edge technologies. *Sustainability*, 13, 18, 10426.
- Ning, H., Yin, R., Ullah, A., Shi, F. 2021. A survey on hybrid human-artificial intelligence for autonomous driving. *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, 23, 7, 6011–6026.
- Parekh, D., Poddar, N., Rajpurkar, A., Chahal, M., Kumar, N., Joshi, G.P., Cho, W. 2022. A review on autonomous vehicles: Progress, methods and challenges. *Electronics*, 11, 14, 2162.
- Priye, A., Wong, S., Bi, Y., Carpio, M., Chang, J., Coen, M., Cope, D. *et al.*, 2016. Lab-on-a-drone: Toward pinpoint deployment of smartphone-enabled nucleic acid-based diagnostics for mobile health care. *Anal. Chem.*, 88, 9, 4651–4660.

- Razzaq, S., Dar, A.R., Shah, M.A., Khattak, H.A., Ahmed, E., El-Sherbeeney, A.M., Rauf, H.T., 2022. Multi-factor rear-end collision avoidance in connected autonomous vehicles. *Appl. Sci.*, 12, 3, 1049.
- Roy, S., Nandy, S., Shome, S.N., Ray, R., Robust position control of an autonomous underwater vehicle: A comparative study, in: *2013 IEEE International Conference on Automation Science and Engineering (CASE)*, pp. 1002–1007, Madison, WI, USA, 17–20 Aug 2013.
- Rychetsky, M. 2021. *Algorithms and architectures for machine learning based on regularized neural networks and support vector approaches*, Shaker Verlag GmbH, Germany, ISBN 3826596404, 2001.
- Sarhadi, P., Noei, A.R., Khosravi, A., Model reference adaptive PID control with anti-windup compensator for an autonomous underwater vehicle. *Rob. Auton. Syst.*, 83, 87–93, 2016
- Sarraf, S. 2019. 5G emerging technology and affected industries: Quick survey. *Am. Acad. Sci. Res. J. Eng. Technol. Sci.*, 55, 1, 75–82.
- Sathiyaraj, R., Bharathi, A., Khan, S., Kiren, T., Khan, I.U., Fayaz, M., 2022, A genetic predictive model approach for smart traffic prediction and congestion avoidance for urban transportation. *Wirel. Commun. Mob. Comput.*, 2022.
- Song, T., Zheng, W., Lu, C., Zong, Y., Zhang, X., Cui, Z. 2019. MPED: A multimodal physiological emotion database for discrete emotion recognition. *IEEE Access*, 7, 12177–12191.
- Tang, J., Li, S., Liu, P. 2021. A review of lane detection methods based on deep learning. *Pattern Recognit.*, 111, 107623.
- Tyagi, A.K. and Aswathy, S.U., Autonomous intelligent vehicles (AIV): Research statements, open issues, challenges and road for future. *Internasional Journal of Intelligent Networks (IJIN)*, 2, 83–102, 2021
- Vargas, J., Alsweiss, S., Toker, O., Razdan, R., Santos, J., 2021. An overview of autonomous vehicles sensors and their vulnerability to weather conditions. *Sensors*, 21, 16, 5397.
- Vlacic, L., Parent, M., Harashima, F., 2020. *Intelligent vehicle technologies: Theory and applications*, Butterworth-Heinemann, Australia.
- Yan, W.Q., Biometrics for surveillance, in: *Introduction to Intelligent Surveillance*, pp. 107–130, Springer, New York, NY, USA, 2017.
- Yoon, S.M. and Kuijper, A., Human action recognition using segmented skeletal features, in: *Pattern Recognition (ICPR), 2010 20th International Conference*, pp. 3740–3743, IEEE, 2010.
- You, C., Lu, J., Filev, D., Tsiotras, P., 2019. Advanced planning for autonomous vehicles using reinforcement learning and deep inverse reinforcement learning. *Robot. Auton. Syst.*, 114, 1–18, 2019.

Zailani, M. A. H., Sabudin, R. Z. A. R., Rahman, R. A., Saiboon, I. M., Ismail, A., Mahdy, Z. A., 2020. Drone for medical products transportation in maternal healthcare: A systematic review and framework for future research. *Medicine*, 99, 36, 2020.

# ARTIFICIAL INTELLIGENCE UNTUK KENDARAAN OTONOM

**Dr. Ir. Agus Wibowo, M.Kom, M.Si, MM**

## BIO DATA PENULIS



Penulis memiliki berbagai disiplin ilmu yang diperoleh dari Universitas Diponegoro (UNDIP) Semarang. dan dari Universitas Kristen Satya Wacana (UKSW) Salatiga. Disiplin ilmu itu antara lain teknik elektro, komputer, manajemen dan ilmu sosiologi. Penulis memiliki pengalaman kerja pada industri elektronik dan sertifikasi keahlian dalam bidang Jaringan Internet, Telekomunikasi, Artificial Intelligence, Internet Of Things (IoT), Augmented Reality (AR), Technopreneurship, Internet Marketing dan bidang pengolahan dan analisa data (komputer statistik).

Penulis adalah pendiri dari Universitas Sains dan Teknologi Komputer (Universitas STEKOM ) dan juga seorang dosen yang memiliki Jabatan Fungsional Akademik Lektor Kepala (Associate Professor) yang telah menghasilkan puluhan Buku Ajar ber ISBN, HAKI dari beberapa karya cipta dan Hak Paten pada produk IPTEK. Sejak tahun 2023 penulis tercatat sebagai Dosen luar biasa di Fakultas Ekonomi & Bisnis (FEB) Universitas Diponegoro Semarang. Penulis juga terlibat dalam berbagai organisasi profesi dan industri yang terkait dengan dunia usaha dan industri, khususnya dalam pengembangan sumber daya manusia yang unggul untuk memenuhi kebutuhan dunia kerja secara nyata.



YAYASAN PRIMA AGUS TEKNIK

### PENERBIT :

YAYASAN PRIMA AGUS TEKNIK  
Jl. Majapahit No. 605 Semarang  
Telp. (024) 6723456. Fax. 024-6710144  
Email : penerbit\_ypat@stekom.ac.id

ISBN 978-634-7227-27-0 (PDF)

