



AI, ML, BIG DATA dalam **KEUANGAN**

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



AI, ML, BIG DATA dalam KEUANGAN

Dr. 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 978-634-7227-60-7 (PDF)



9

786347

227607

AI, ML, BIG DATA dalam KEUANGAN

Penulis :

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

ISBN : 97-634-7227-60-7

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 Yuniarto, 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

Distributor Tunggal :**Universitas STEKOM**

Jl. Majapahit no 605 Semarang

Telp. 08122925000

Fax. 024-6710144

Email : 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 saya panjatkan ke hadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya, buku ***AI, ML, dan Big Data dalam Keuangan*** ini dapat terselesaikan dengan baik. Buku ini hadir sebagai wujud upaya untuk memperkenalkan dan mengupas tuntas bagaimana kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*), pembelajaran mesin (*Machine Learning*), dan analisis data besar (*Big Data*) telah membawa revolusi signifikan dalam industri jasa keuangan.

Buku ini hadir sebagai upaya menjembatani pemahaman mendalam mengenai peran kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*), *big data*, dan *machine learning (ML)* dalam dunia keuangan yang terus berkembang pesat. Teknologi digital ini membawa perubahan signifikan dalam berbagai aspek layanan keuangan dan model bisnisnya, sekaligus menimbulkan beragam risiko yang perlu dimitigasi dengan tepat. Melalui pembahasan komprehensif dari dasar hingga implikasi kebijakan, buku ini diharapkan dapat menjadi referensi penting bagi akademisi, praktisi, pengambil kebijakan, maupun pembaca yang ingin memahami dinamika transformasi teknologi di sektor keuangan.

Bab pertama membahas pengenalan teknologi kecerdasan buatan dan bagaimana AI serta sistem pembelajaran mesin (ML) digunakan dalam layanan keuangan. Dibahas pula penggunaan big data sebagai sumber informasi dalam pengambilan keputusan keuangan yang lebih cerdas dan efisien. Bab ini memberikan landasan dasar tentang konsep dan penerapan AI dalam industri keuangan yang menjadi fondasi bagi bab-bab selanjutnya.

Pada bab kedua, fokus bergeser pada penerapan AI dan big data dalam transformasi model bisnis keuangan. Di sini dibahas topik-topik penting seperti alokasi portofolio investasi, perdagangan algoritmik, serta peran AI dalam proses intermediasi kredit dan penilaian kelayakan kredit. Selain itu, integrasi AI dalam produk keuangan berbasis teknologi blockchain juga dijelaskan, menyoroti inovasi mutakhir yang mengubah lanskap finansial.

Bab ketiga menguraikan berbagai risiko yang muncul akibat implementasi AI, ML, dan big data dalam sektor keuangan. Topik meliputi manajemen data, isu konsentrasi dan persaingan data, risiko bias serta diskriminasi, hingga tantangan dalam keterjelasan dan ketahanan model AI. Selain itu, pembahasan juga meliputi aspek tata kelola dan akuntabilitas sistem AI, regulasi yang masih fragmented, serta risiko ketenagakerjaan dan perubahan keterampilan yang diperlukan di dunia kerja.

Bab terakhir membahas respons yang diambil oleh regulator dan pembuat kebijakan dalam mengantisipasi perkembangan AI di bidang keuangan. Kajian ini mencakup aktivitas kebijakan terkini serta berbagai pertimbangan strategis untuk memastikan aplikasi AI yang aman, transparan, dan berkelanjutan. Bab ini menutup buku dengan pandangan ke depan mengenai bagaimana kebijakan dapat membentuk ekosistem keuangan yang adaptif terhadap teknologi cerdas.

Akhir kata, kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, ide, serta masukan demi tersusunnya buku ini. Kritik dan saran yang membangun senantiasa kami harapkan untuk perbaikan di masa mendatang.

Semarang, November 2025

Penulis

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

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
BAB 1 KECERDASAN BUATAN (AI) DALAM KEUANGAN.....	1
1.1 Teknologi Cerdas Dalam Layanan Keuangan	10
1.2 Sistem AI, ML, Dan Penggunaan Big Data	12
BAB 2 AI, BIG DATA, DAN TRANSFORMASI MODEL BISNIS KEUANGAN.....	18
2.1 Alokasi Portofolio Di Sisi Beli Keuangan	19
2.2 Perdagangan Algoritmik	22
2.3 Intermediasi Kredit Dan Penilaian Kelayakan Kredit	28
2.4 Integrasi Ai Dalam Produk Keuangan Berbasis Blockchain	32
BAB 3 RISIKO DAN MITIGASI DALAM PENGGUNAAN AI/ML/BIG DATA.....	39
3.1 Manajemen Data	39
3.2 Konsentrasi Dan Persaingan Data Dalam Keuangan Berbasis AI.....	42
3.3 Risiko Bias Dan Diskriminasi	44
3.4 Keterjelasan	46
3.5 Ketahanan Dan Ketahanan Model AI	50
3.6 Tata Kelola Sistem AI Dan Akuntabilitas	55
3.7 Regulasi, Fragmentasi, Dan Potensi Ketidaksesuaian.....	58
3.8 Risiko Ketenagakerjaan Dan Pertanyaan Seputar Keterampilan	59
BAB 4 RESPONS DAN IMPLIKASI KEBIJAKAN.....	61
4.1 Aktivitas Kebijakan Terkini Seputar AI Dan Keuangan	61
4.2 Pertimbangan Kebijakan.....	65
DAFTAR PUSTAKA	69



BAB 1

KECERDASAN BUATAN (AI) DALAM KEUANGAN

Sistem kecerdasan buatan (AI) adalah sistem berbasis mesin dengan berbagai tingkat otonomi yang dapat, untuk serangkaian tujuan yang ditentukan manusia, membuat prediksi, rekomendasi, atau keputusan. Teknik AI semakin banyak menggunakan sumber data alternatif dan analitik data dalam jumlah besar yang disebut sebagai 'big data'. Data tersebut menghasilkan model pembelajaran mesin (ML) yang menggunakan data tersebut untuk mempelajari dan meningkatkan prediktabilitas serta kinerja secara otomatis melalui pengalaman dan data, tanpa diprogram oleh manusia.

Krisis COVID-19 telah mempercepat dan mengintensifkan tren digitalisasi yang telah diamati sebelum pandemi, termasuk dalam penggunaan AI. Belanja global untuk AI diperkirakan akan berlipat ganda selama periode 2020-24, tumbuh dari Rp. 500 Triliun pada tahun 2020 menjadi lebih dari Rp. 1.1 Kuadriliun pada tahun 2024. Meningkatnya adopsi AI di bidang keuangan, di bidang-bidang seperti manajemen aset, perdagangan algoritmik, penjaminan kredit, atau layanan keuangan berbasis blockchain, dimungkinkan oleh melimpahnya data yang tersedia dan peningkatan kapasitas komputasi yang lebih terjangkau.

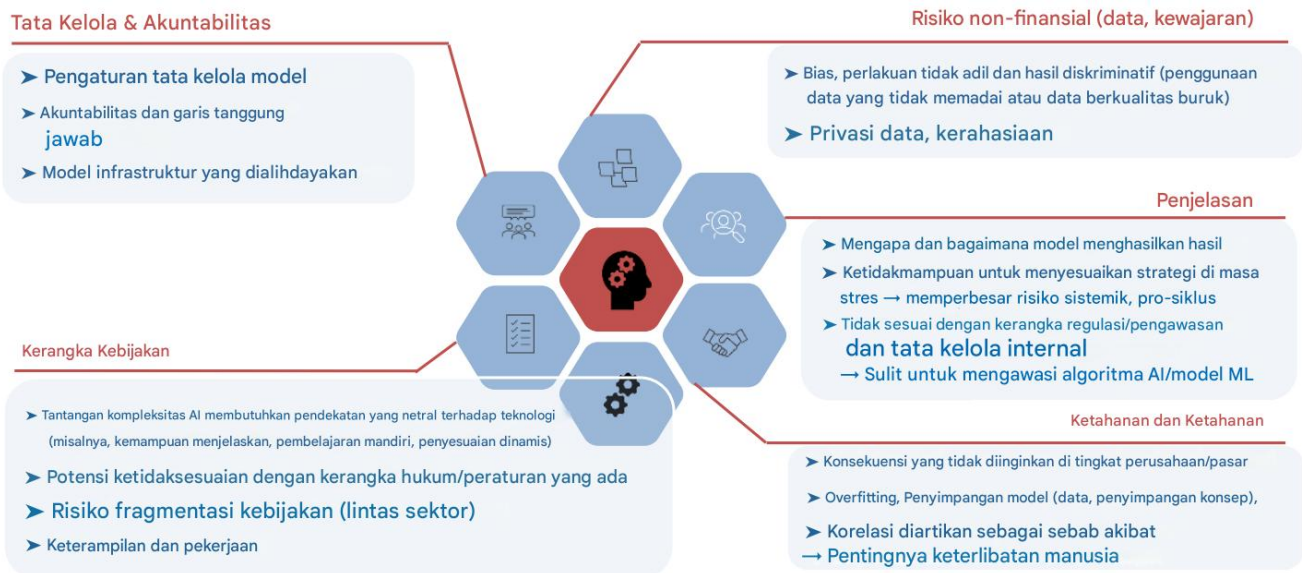
Penerapan AI di bidang keuangan diharapkan dapat semakin mendorong keunggulan kompetitif bagi perusahaan keuangan, melalui dua jalur utama: (a) dengan meningkatkan efisiensi perusahaan melalui pengurangan biaya dan peningkatan produktivitas, sehingga mendorong profitabilitas yang lebih tinggi (misalnya, proses pengambilan keputusan yang lebih baik, eksekusi otomatis, keuntungan dari peningkatan manajemen risiko dan kepatuhan regulasi, optimalisasi back-office dan proses lainnya); dan (b) dengan meningkatkan kualitas layanan dan produk keuangan yang ditawarkan kepada konsumen (misalnya, penawaran produk baru, kustomisasi produk dan layanan yang tinggi). Keunggulan kompetitif tersebut pada gilirannya dapat menguntungkan konsumen keuangan, baik melalui peningkatan kualitas produk, beragam pilihan dan personalisasi, maupun dengan mengurangi biaya mereka.

Mengapa penerapan AI di bidang keuangan relevan bagi para pembuat kebijakan?

Penerapan AI di bidang keuangan dapat menciptakan atau mengintensifkan risiko keuangan dan non-keuangan, dan menimbulkan potensi pertimbangan perlindungan konsumen dan investor keuangan. Penggunaan AI memperkuat risiko yang dapat memengaruhi keamanan dan kesehatan lembaga keuangan, mengingat kurangnya kemampuan menjelaskan atau menafsirkan proses model AI, dengan potensi pro-siklusalitas dan risiko sistemik di pasar. Kesulitan dalam memahami bagaimana model menghasilkan hasil dapat menciptakan kemungkinan ketidaksesuaian dengan pengawasan keuangan dan kerangka tata kelola internal yang ada, sementara itu bahkan dapat menantang pendekatan netral teknologi terhadap pembuatan kebijakan.

AI dapat menghadirkan risiko khusus terhadap perlindungan konsumen, seperti risiko hasil konsumen yang bias, tidak adil atau diskriminatif, atau masalah manajemen dan penggunaan data. Meskipun banyak risiko potensial yang terkait dengan AI dalam keuangan

tidak unik untuk AI, penggunaan AI dapat memperkuat kerentanan tersebut mengingat tingkat kompleksitas teknik yang digunakan, kemampuan adaptasi dinamis model berbasis AI dan tingkat otonominya untuk aplikasi AI yang paling canggih.



Gambar 1.1. Isu dan risiko relevan yang muncul akibat penerapan AI dalam keuangan

Bagaimana AI memengaruhi sebagian pasar keuangan?

Teknik AI diterapkan dalam manajemen aset dan aktivitas sisi beli pasar untuk alokasi aset dan pemilihan saham berdasarkan kemampuan model pembelajaran mesin (ML) dalam mengidentifikasi sinyal dan menangkap hubungan yang mendasarinya dalam big data, serta untuk optimalisasi alur kerja operasional dan manajemen risiko. Penggunaan teknik AI mungkin hanya diperuntukkan bagi manajer aset yang lebih besar atau investor institusional yang memiliki kapasitas dan sumber daya untuk berinvestasi dalam teknologi tersebut.

Ketika digunakan dalam perdagangan, AI menambahkan lapisan kompleksitas pada perdagangan algoritmik konvensional, karena algoritma tersebut belajar dari input data dan berevolusi secara dinamis menjadi algo terprogram komputer, yang mampu mengidentifikasi dan mengeksekusi perdagangan tanpa campur tangan manusia. Di pasar yang sangat digital, seperti pasar ekuitas dan valuta asing, algoritma AI dapat meningkatkan manajemen likuiditas dan eksekusi order besar dengan dampak pasar yang minimal, dengan mengoptimalkan ukuran, durasi, dan besaran order secara dinamis, berdasarkan kondisi pasar. Trader juga dapat menggunakan AI untuk tujuan manajemen risiko dan manajemen arus order guna menyederhanakan eksekusi dan menghasilkan efisiensi.

Serupa dengan model dan algoritma non-AI, penggunaan model pembelajaran mesin yang sama oleh sejumlah besar praktisi keuangan berpotensi memicu perilaku herding dan pasar satu arah, yang pada gilirannya dapat meningkatkan risiko likuiditas dan stabilitas sistem, terutama di masa-masa sulit. Meskipun perdagangan algoritma AI dapat meningkatkan likuiditas di masa normal, hal ini juga dapat menyebabkan konvergensi dan akibatnya, periode ilikuiditas yang singkat di masa sulit dan flash crash. Volatilitas pasar dapat meningkat melalui

penjualan atau pembelian besar yang dilakukan secara bersamaan, sehingga memunculkan sumber kerentanan baru. Konvergensi strategi perdagangan menciptakan risiko putaran umpan balik yang saling memperkuat yang pada gilirannya dapat memicu pergerakan harga yang tajam. Konvergensi semacam itu juga meningkatkan risiko serangan siber, karena penjahat siber menjadi lebih mudah memengaruhi agen yang bertindak dengan cara yang sama.

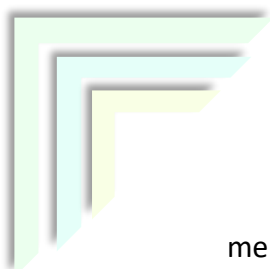
Risiko-risiko yang disebutkan di atas ada di semua jenis perdagangan algoritmik. Namun, penggunaan AI memperkuat risiko terkait mengingat kemampuannya untuk belajar dan menyesuaikan diri secara dinamis terhadap kondisi yang berkembang secara sepenuhnya otonom. Misalnya, model AI dapat mengidentifikasi sinyal dan mempelajari dampak herding, menyesuaikan perilakunya, dan belajar untuk berlari di depan berdasarkan sinyal paling awal. Skala kompleksitas dan kesulitan dalam menjelaskan dan mereproduksi mekanisme pengambilan keputusan algoritma dan model AI menyulitkan mitigasi risiko ini.

Teknik AI dapat memperparah praktik ilegal dalam perdagangan yang bertujuan memanipulasi pasar, dan mempersulit pengawas untuk mengidentifikasi praktik tersebut jika terdapat kolusi antar mesin. Hal ini dimungkinkan berkat kapasitas adaptif dinamis dari model AI pembelajaran mandiri dan pembelajaran mendalam, karena model-model tersebut dapat mengenali saling ketergantungan dan beradaptasi dengan perilaku serta tindakan pelaku pasar lain atau model AI lainnya, yang berpotensi mencapai hasil kolusi tanpa campur tangan manusia dan bahkan mungkin tanpa disadari oleh pengguna.



Gambar 1.2. Dampak AI terhadap model dan aktivitas bisnis di sektor keuangan

Model AI dalam penyaluran kredit dapat mengurangi biaya underwriting kredit dan memfasilitasi penyaluran kredit kepada klien 'thin file', yang berpotensi mendorong inklusi keuangan. Penggunaan AI dapat menciptakan efisiensi dalam pemrosesan data untuk penilaian kelayakan kredit calon peminjam, meningkatkan proses pengambilan keputusan underwriting, dan meningkatkan manajemen portofolio pinjaman. AI juga dapat



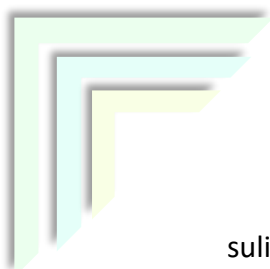
memungkinkan penyediaan peringkat kredit kepada klien 'tanpa skor' dengan riwayat kredit terbatas, mendukung pembiayaan ekonomi riil (UKM) dan berpotensi mendorong inklusi keuangan bagi populasi yang kurang memiliki akses perbankan.

Meskipun potensinya sangat besar, model berbasis AI dan penggunaan data yang tidak memadai (misalnya terkait gender atau ras) dalam penyaluran kredit dapat meningkatkan risiko dampak yang berbeda dalam hasil kredit dan potensi pinjaman yang bias, diskriminatif, atau tidak adil. Selain secara tidak sengaja menghasilkan atau melestarikan bias, model berbasis AI membuat diskriminasi dalam alokasi kredit semakin sulit ditemukan, dan keluaran model sulit ditafsirkan dan dikomunikasikan kepada calon peminjam yang ditolak. Tantangan tersebut diperparah dengan kredit yang disalurkan oleh BigTech yang memanfaatkan akses mereka ke kumpulan data pelanggan yang sangat besar, sehingga menimbulkan pertanyaan tentang kemungkinan perilaku anti-persaingan dan konsentrasi pasar dalam aspek teknologi penyediaan layanan (misalnya cloud).

Penggunaan teknik AI dalam keuangan berbasis blockchain dapat meningkatkan potensi efisiensi dalam sistem berbasis DLT dan meningkatkan kapabilitas kontrak pintar. AI dapat meningkatkan otonomi kontrak pintar, yang memungkinkan kode yang mendasarinya disesuaikan secara dinamis sesuai dengan kondisi pasar. Penggunaan AI dalam sistem DLT juga menghadirkan, bahkan mungkin memperkuat, tantangan yang dihadapi dalam produk keuangan tradisional berbasis AI, seperti kurangnya interpretabilitas mekanisme pengambilan keputusan AI dan kesulitan dalam mengawasi jaringan dan sistem yang berbasis pada model AI yang tidak transparan.

Saat ini, AI sebagian besar digunakan untuk manajemen risiko kontrak pintar, untuk mengidentifikasi kelemahan dalam kode. Namun, perlu dicatat bahwa kontrak pintar telah ada jauh sebelum munculnya aplikasi AI dan bergantung pada kode perangkat lunak yang sederhana. Sampai saat ini, sebagian besar kontrak pintar yang digunakan secara material tidak memiliki hubungan dengan teknik AI dan banyak manfaat yang disarankan dari penggunaan AI dalam sistem DLT masih bersifat teoritis pada tahap ini.

Di masa depan, AI dapat mendukung aplikasi terdesentralisasi dalam keuangan terdesentralisasi ('DeFi'), dengan memungkinkan penilaian kredit otomatis berdasarkan data daring pengguna, layanan konsultasi investasi dan perdagangan berdasarkan data keuangan, atau penjaminan emisi asuransi. Secara teori, kontrak pintar berbasis AI yang dipelajari sendiri dan menyesuaikan secara dinamis tanpa campur tangan manusia dapat menghasilkan pembangunan rantai yang sepenuhnya otonom. Penggunaan AI dapat mendorong disintermediasi lebih lanjut dengan mengganti penyedia informasi pihak ketiga di luar rantai dengan inferensi AI langsung di rantai. Perlu dicatat, bagaimanapun, bahwa sistem berbasis AI tidak selalu menyelesaikan teka-teki sampah masuk, sampah keluar dan masalah input data berkualitas buruk atau tidak memadai yang diamati dalam sistem berbasis blockchain. Hal ini, pada gilirannya, menimbulkan risiko yang signifikan bagi investor, integritas pasar dan stabilitas sistem, tergantung pada ukuran pasar DeFi. Di sisi lain, AI dapat memperkuat berbagai risiko yang dialami di pasar DeFi, menambah kompleksitas pada jaringan DeFi otonom yang sudah



sulit diawasi tanpa titik akses regulasi tunggal atau kerangka tata kelola yang memungkinkan akuntabilitas dan kepatuhan terhadap kerangka kerja pengawasan.

Risiko dan tantangan utama yang dominan, dan kemungkinan tindakan mitigasi

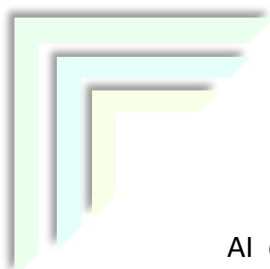
Penerapan AI di bidang keuangan dapat memperkuat risiko yang sudah ada di pasar keuangan mengingat kemampuannya untuk belajar dan beradaptasi secara dinamis terhadap kondisi yang berkembang secara otonom sepenuhnya, dan memunculkan tantangan serta risiko baru yang dominan. Risiko yang ada terkait dengan penggunaan data yang tidak memadai atau penggunaan data berkualitas buruk yang dapat memungkinkan bias dan hasil diskriminatif, yang pada akhirnya merugikan konsumen keuangan. Risiko konsentrasi dan masalah persaingan terkait dapat muncul akibat persyaratan investasi teknik AI, yang dapat menyebabkan ketergantungan pada beberapa pemain besar.

Risiko integritas pasar dan kepatuhan dapat berasal dari tidak adanya tata kelola model yang memadai yang mempertimbangkan sifat khusus AI, dan dari kurangnya kerangka akuntabilitas yang jelas. Risiko juga terkait dengan mekanisme pengawasan dan supervisi yang mungkin perlu disesuaikan untuk teknologi baru ini. Risiko baru yang muncul dari penggunaan AI berkaitan dengan konsekuensi yang tidak diinginkan dari model dan sistem berbasis AI terhadap stabilitas dan integritas pasar. Risiko penting berasal dari kesulitan dalam memahami bagaimana model berbasis AI menghasilkan hasil (explainability). Peningkatan penggunaan AI di bidang keuangan dapat menyebabkan potensi peningkatan interkoneksi di pasar, sementara sejumlah risiko operasional yang terkait dengan teknik tersebut dapat menimbulkan ancaman bagi ketahanan sistem keuangan di masa-masa sulit.

Penggunaan big data dalam aplikasi bertenaga AI dapat menimbulkan sumber risiko non-finansial yang penting, didorong oleh tantangan dan risiko terkait kualitas data yang digunakan; privasi dan kerahasiaan data; keamanan siber; dan pertimbangan keadilan. Bergantung pada bagaimana metode AI digunakan, metode AI berpotensi membantu menghindari diskriminasi berdasarkan interaksi manusia, atau mengintensifkan bias, perlakuan tidak adil, dan diskriminasi dalam layanan keuangan.

Bias dan diskriminasi dalam AI dapat diakibatkan oleh penggunaan data berkualitas buruk, cacat, atau tidak memadai dalam model ML, atau secara tidak sengaja melalui inferensi dan proksi (misalnya, menyimpulkan gender dengan melihat data aktivitas pembelian). Selain pertimbangan perlindungan konsumen finansial, terdapat potensi masalah persaingan yang timbul dari penggunaan big data dan model ML, terkait dengan konsentrasi tinggi di antara penyedia pasar di beberapa pasar atau peningkatan risiko kolusi diam-diam.

Tantangan model ML yang paling diakui secara luas adalah kesulitan dalam memahami mengapa dan bagaimana model tersebut menghasilkan hasil, yang umumnya dijelaskan dengan istilah 'explainability', yang terkait dengan sejumlah risiko penting. Penggunaan model yang tidak transparan secara luas dapat mengakibatkan konsekuensi yang tidak diinginkan, jika pengguna model dan pengawas terbukti tidak mampu memprediksi bagaimana tindakan yang diarahkan oleh model ML dapat berdampak negatif terhadap pasar. Setiap kurangnya transparansi yang disengaja oleh perusahaan untuk melindungi keuntungan mereka menambah kurangnya explainability dan menimbulkan masalah terkait pengawasan algoritma



AI dan model ML, tetapi juga pada kemampuan pengguna untuk menyesuaikan strategi mereka ketika kinerjanya buruk atau ketika menghadapi tekanan.

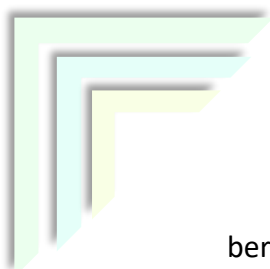
Kurangnya explainability tidak sesuai dengan hukum dan peraturan yang berlaku, tetapi juga dengan tata kelola internal, manajemen risiko, dan kerangka kerja pengendalian penyedia layanan keuangan. Hal ini membatasi kemampuan pengguna untuk memahami bagaimana model mereka memengaruhi pasar atau berkontribusi terhadap guncangan pasar, dan dapat memperkuat risiko sistemik terkait pro-siklusalitas.

Yang penting, ketidakmampuan pengguna untuk menyesuaikan strategi mereka di masa-masa sulit dapat menyebabkan volatilitas pasar yang semakin parah dan periode kekurangan likuiditas selama periode sulit akut, yang memperburuk kejadian seperti flash crash. Masalah keterjelasan diperparah oleh kesenjangan umum dalam literasi teknis dan ketidaksesuaian antara kompleksitas yang menjadi ciri khas model AI dan tuntutan penalaran serta interpretasi berskala manusia yang sesuai dengan kognisi manusia. Tantangan regulasi dalam hal transparansi dan audit model semacam itu dalam banyak kasus penggunaan layanan keuangan.

Praktisi pasar keuangan yang menggunakan model berbasis AI harus terus berupaya meningkatkan kemampuan menjelaskan model tersebut agar dapat lebih memahami perilaku mereka dalam kondisi pasar normal maupun saat tertekan, serta mengelola risiko terkait. Terdapat perbedaan pandangan mengenai tingkat kemampuan menjelaskan yang dapat dicapai dalam model berbasis AI, tergantung pada jenis AI yang digunakan. Keseimbangan yang baik perlu dicapai antara kemampuan interpretasi model dan tingkat prediktabilitasnya. Penerapan persyaratan pengungkapan seputar penggunaan model dan proses berbasis AI dapat membantu mengurangi tantangan terkait kemampuan menjelaskan, sekaligus memberikan kenyamanan dan membangun kepercayaan konsumen yang menggunakan layanan berbasis AI.

Potensi risiko harus terus dinilai dan dikelola untuk memastikan sistem AI berfungsi dengan kokoh dan tangguh. Kekokohan sistem AI dapat diperkuat melalui pelatihan dan pelatihan ulang model ML yang cermat dengan kumpulan data yang cukup besar untuk menangkap hubungan non-linier dan peristiwa ekor dalam data (termasuk yang sintetis). Pemantauan, pengujian, dan validasi model AI yang berkelanjutan di sepanjang siklus hidupnya, dan berdasarkan tujuan yang ituju, sangat diperlukan untuk mengidentifikasi dan mengoreksi 'pergeseran model' (pergeseran konsep atau pergeseran data), yang memengaruhi daya prediksi model. Pergeseran model tersebut muncul ketika peristiwa-peristiwa penting, seperti krisis COVID-19, menimbulkan diskontinuitas dalam kumpulan data dan secara praktis sulit diatasi, karena tidak dapat tercermin dalam data yang digunakan untuk melatih model.

Peran penilaian manusia tetap krusial di semua tahap penerapan AI, mulai dari input kumpulan data hingga evaluasi keluaran model, dan dapat membantu menghindari risiko penafsiran korelasi yang tidak bermakna yang diamati dari pola aktivitas sebagai hubungan sebab akibat. Mekanisme kontrol otomatis atau 'kill switch' juga dapat digunakan sebagai garis pertahanan terakhir untuk segera mematikan sistem berbasis AI jika sistem tersebut berhenti



berfungsi sesuai tujuan yang dituju, meskipun hal ini juga kurang optimal karena menciptakan risiko operasional dan memastikan kurangnya ketahanan di mana sistem bisnis yang ada perlu dimatikan ketika sistem keuangan sedang tertekan. Kerangka kerja tata kelola eksplisit yang menetapkan garis tanggung jawab yang jelas di sekitar sistem berbasis AI sepanjang siklus hidupnya, mulai dari pengembangan hingga penerapan, dapat semakin memperkuat pengaturan tata kelola model yang ada.

Komite tata kelola model internal atau dewan peninjau model dari penyedia jasa keuangan bertugas menetapkan standar dan proses tata kelola model untuk pembangunan, dokumentasi, dan validasi model untuk setiap periode model. Dewan semacam itu diperkirakan akan semakin umum seiring dengan adopsi AI yang lebih luas oleh perusahaan keuangan, dengan kemungkinan 'peningkatan' peran dan kompetensi mereka serta beberapa proses yang terlibat untuk mengakomodasi kompleksitas yang ditimbulkan oleh model berbasis AI (misalnya, frekuensi validasi model).

Mekanisme akuntabilitas yang jelas menjadi semakin penting, seiring model AI diterapkan dalam kasus-kasus penggunaan pengambilan keputusan bernilai tinggi (misalnya, akses ke kredit). Risiko juga muncul ketika mengalihdayakan teknik AI ke pihak ketiga, baik dari segi akuntabilitas maupun dinamika persaingan (misalnya, risiko konsentrasi, risiko ketergantungan). Pengalihdayaan model atau infrastruktur AI juga dapat menimbulkan kerentanan terkait peningkatan risiko konvergensi terkait posisi pasar, yang dapat memicu perilaku berkelompok dan konvergensi dalam strategi perdagangan, serta kemungkinan terdampaknya sebagian besar pasar secara bersamaan, yang pada gilirannya dapat menyebabkan periode ilikuiditas di masa-masa sulit.

Pendekatan netral teknologi yang diterapkan oleh banyak yurisdiksi untuk mengatur produk pasar keuangan dapat ditantang oleh meningkatnya kompleksitas beberapa kasus penggunaan inovatif AI di bidang keuangan. Potensi inkonsistensi dengan kerangka hukum dan peraturan yang ada dapat muncul dari penggunaan teknik AI tingkat lanjut (misalnya, mengingat kurangnya kemampuan menjelaskan atau sifat adaptif model pembelajaran mendalam). Selain itu, terdapat potensi risiko fragmentasi lanskap peraturan terkait AI di tingkat nasional, internasional, dan sektoral.

Penguatan keahlian untuk mengembangkan dan mengelola risiko yang muncul dari AI akan dibutuhkan seiring dengan semakin lazimnya aplikasi AI di bidang keuangan. Penerapan AI oleh industri keuangan juga dapat mengakibatkan potensi hilangnya lapangan kerja yang signifikan di seluruh industri, sehingga menimbulkan tantangan ketenagakerjaan.

AI dalam keuangan seharusnya dipandang sebagai teknologi yang meningkatkan kemampuan manusia, alih-alih menggantikannya. Kombinasi 'manusia dan mesin', di mana AI menginformasikan penilaian manusia, alih-alih menggantikannya (pembantu keputusan, alih-alih pengambil keputusan), dapat memungkinkan terwujudnya manfaat teknologi ini, sekaligus menjaga akuntabilitas dan kendali atas pengambilan keputusan akhir. Penekanan yang tepat mungkin perlu diberikan pada keutamaan manusia dalam pengambilan keputusan, terutama dalam kasus penggunaan bernilai tinggi (misalnya, keputusan pemberian pinjaman).

Pertimbangan Kebijakan



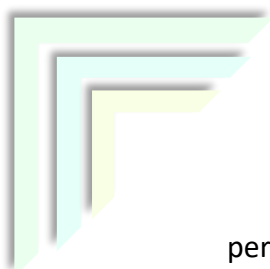
Para pembuat kebijakan dan regulator berperan dalam memastikan bahwa penggunaan AI di bidang keuangan konsisten dengan tujuan regulasi untuk mendorong stabilitas keuangan, melindungi konsumen keuangan, dan mendorong integritas pasar serta persaingan. Para pembuat kebijakan harus mempertimbangkan untuk mendukung inovasi AI di sektor ini sekaligus melindungi konsumen dan investor keuangan serta mendorong pasar yang adil, tertib, dan transparan. Risiko yang muncul dari penerapan teknik AI perlu diidentifikasi dan dimitigasi untuk mendukung dan mendorong penggunaan AI yang bertanggung jawab. Persyaratan regulasi dan pengawasan yang ada mungkin perlu diperjelas dan terkadang disesuaikan, jika perlu, untuk mengatasi beberapa ketidaksesuaian yang dirasakan dalam pengaturan yang ada dengan aplikasi AI.

Penerapan persyaratan regulasi dan pengawasan pada teknik AI dapat ditinjau dalam kerangka kontekstual dan proporsional, tergantung pada kekritisian penerapan dan potensi dampaknya terhadap hasil konsumen dan fungsi pasar. Hal ini kemungkinan akan mendorong penggunaan AI tanpa menghambat inovasi secara tidak perlu. Meskipun demikian, penerapan proporsionalitas tidak boleh mengabaikan prinsip kehati-hatian dan stabilitas fundamental, atau perlindungan investor dan konsumen keuangan, yang merupakan mandat utama para pembuat kebijakan.

Para pembuat kebijakan perlu mempertimbangkan untuk mempertajam fokus mereka pada tata kelola data yang lebih baik oleh perusahaan sektor keuangan, dengan tujuan memperkuat perlindungan konsumen di seluruh aplikasi AI di bidang keuangan. Persyaratan khusus atau praktik terbaik untuk manajemen data dalam teknik berbasis AI dapat dipertimbangkan, yang menyentuh kualitas data, kecukupan dataset yang digunakan tergantung pada tujuan penggunaan model AI, dan perlindungan yang memberikan jaminan tentang ketahanan model dalam menghindari potensi bias. Pemeriksaan kesesuaian hasil model dengan dataset dasar dan pengujian lain berdasarkan apakah kelas yang dilindungi dapat disimpulkan dari atribut lain dalam data merupakan dua contoh praktik terbaik untuk memitigasi risiko diskriminasi. Persyaratan untuk transparansi tambahan atas penggunaan data pribadi dan opsi opt-out untuk penggunaan data pribadi dapat dipertimbangkan oleh otoritas.

Para pembuat kebijakan perlu mempertimbangkan persyaratan pengungkapan seputar penggunaan teknik AI dalam penyediaan layanan keuangan dan dampaknya terhadap hasil pelanggan. Konsumen keuangan harus diinformasikan tentang penggunaan teknik AI dalam penyediaan produk, serta potensi interaksi dengan sistem AI, alih-alih manusia, agar dapat membuat pilihan yang sadar di antara produk-produk yang bersaing. Informasi yang jelas seputar kapabilitas dan keterbatasan sistem AI harus dicantumkan dalam pengungkapan tersebut. Penerapan persyaratan kesesuaian untuk layanan keuangan berbasis AI harus dipertimbangkan oleh otoritas untuk membantu perusahaan menilai dengan lebih baik apakah calon klien memiliki pemahaman yang kuat tentang bagaimana penggunaan AI memengaruhi penyediaan produk.

Regulator harus mempertimbangkan cara mengatasi ketidaksesuaian yang dirasakan antara kurangnya penjelasan dalam AI dengan hukum dan peraturan yang berlaku. Mungkin



perlu ada pembaruan dan/atau penyesuaian kerangka kerja yang berlaku saat ini untuk tata kelola model dan manajemen risiko oleh perusahaan jasa keuangan guna mengatasi tantangan yang timbul akibat penggunaan model berbasis AI. Fokus pengawasan dapat dialihkan dari dokumentasi proses pengembangan dan proses yang dilalui model untuk memprediksi perilaku dan hasil model, dan pengawas mungkin ingin mencari cara yang lebih teknis untuk mengelola risiko, seperti pengujian stres model yang bersifat adversarial atau metrik berbasis hasil.

Para pembuat kebijakan perlu mempertimbangkan persyaratan kerangka kerja tata kelola model yang jelas dan atribusi akuntabilitas untuk membantu membangun kepercayaan pada sistem berbasis AI. Kerangka kerja tata kelola eksplisit yang menetapkan garis tanggung jawab yang jelas untuk pengembangan dan pengawasan sistem berbasis AI di seluruh siklus hidupnya, mulai dari pengembangan hingga penerapan, dapat diterapkan oleh penyedia jasa keuangan untuk memperkuat pengaturan yang ada untuk operasi terkait AI.

Kerangka kerja tata kelola model internal dapat disesuaikan untuk lebih baik menangkap risiko yang muncul dari penggunaan AI, serta untuk menggabungkan hasil yang diharapkan bagi konsumen dengan penilaian apakah dan bagaimana hasil tersebut dicapai dengan menggunakan teknologi AI. Dokumentasi dan jejak audit yang memadai dari proses-proses di atas dapat membantu pengawasan aktivitas tersebut oleh para pengawas.

Peningkatan jaminan oleh perusahaan keuangan terkait ketahanan dan ketangguhan model AI sangat penting karena para pembuat kebijakan berupaya untuk mencegah penumpukan risiko sistemik, dan akan membantu aplikasi AI di bidang keuangan mendapatkan kepercayaan. Kinerja model perlu diuji dalam kondisi pasar yang ekstrem, untuk mencegah risiko dan kerentanan sistemik yang mungkin muncul di masa-masa sulit. Pengenalan mekanisme kontrol otomatis (seperti kill switch) yang memicu peringatan atau menonaktifkan model saat terjadi tekanan dapat membantu memitigasi risiko, meskipun hal ini membuat perusahaan terpapar risiko operasional baru.

Rencana, model, dan proses cadangan harus tersedia untuk memastikan kelangsungan bisnis jika model gagal atau bertindak dengan cara yang tidak terduga. Lebih lanjut, regulator dapat mempertimbangkan buffer tambahan atau minimum jika bank menentukan bobot risiko atau modal berdasarkan algoritma AI (Gensler dan Bailey, 2020).

Kerangka kerja untuk pelatihan, pelatihan ulang, dan pengujian model AI yang tepat dapat diperkenalkan dan/atau diperkuat untuk memastikan bahwa pengambilan keputusan berbasis model ML beroperasi sebagaimana mestinya dan sesuai dengan aturan dan regulasi yang berlaku. Set data yang digunakan untuk pelatihan harus cukup besar untuk menangkap hubungan non-linier dan peristiwa ekor dalam data, meskipun sintetis, untuk meningkatkan keandalan model tersebut saat terjadi krisis yang tidak terduga. Pengujian model ML yang berkelanjutan sangat diperlukan untuk mengidentifikasi dan mengoreksi penyimpangan model. Regulator harus mempertimbangkan untuk mempromosikan pemantauan dan validasi model AI yang berkelanjutan, yang fundamental bagi risikonya, sebagai salah satu cara paling efektif untuk memperkuat ketahanan model, mencegah, dan mengatasi penyimpangan model.



Praktik terbaik seputar prosedur standar untuk pemantauan dan validasi tersebut dapat membantu meningkatkan ketahanan model, dan mengidentifikasi apakah model tersebut memerlukan penyesuaian, pengembangan ulang, atau penggantian. Validasi model, serta persetujuan dan persetujuan yang diperlukan, harus dipisahkan dari pengembangan model dan didokumentasikan sebaik mungkin untuk tujuan pengawasan. Frekuensi pengujian dan validasi perlu ditentukan, sebagaimana mestinya, tergantung pada kompleksitas model dan materialitas keputusan yang dibuat oleh model tersebut.

Penekanan yang tepat dapat diberikan pada keutamaan manusia dalam pengambilan keputusan dalam kasus penggunaan bernilai tinggi, seperti keputusan pemberian pinjaman, yang secara signifikan memengaruhi konsumen. Pihak berwenang harus mempertimbangkan pengenalan proses yang memungkinkan pelanggan untuk menggugat hasil model AI dan mencari ganti rugi juga dapat membantu membangun kepercayaan atas sistem tersebut. GDPR adalah contoh kebijakan semacam itu, karena memberikan hak terkait bagi individu untuk 'mendapatkan intervensi manusia' dan untuk menyampaikan sudut pandang mereka jika mereka ingin menentang keputusan yang dibuat oleh suatu algoritma (EU, 2016).

Para pembuat kebijakan dapat mempertimbangkan meningkatnya kompleksitas teknis AI, dan apakah sumber daya perlu dikerahkan untuk mengimbangi kemajuan teknologi. Mengingat efek transformatif AI pada aktivitas pasar keuangan tertentu, serta jenis risiko baru yang muncul dari penggunaannya, AI telah menjadi prioritas kebijakan yang semakin meningkat selama beberapa tahun terakhir. Investasi harus dialokasikan untuk penelitian dan peningkatan keterampilan, baik bagi pelaku sektor keuangan maupun otoritas penegak hukum.

Peran para pembuat kebijakan penting dalam mendukung inovasi di sektor ini sekaligus memastikan bahwa konsumen dan investor keuangan terlindungi dengan baik dan pasar di sekitar produk dan layanan tersebut tetap adil, teratur, dan transparan. Para pembuat kebijakan harus mempertimbangkan untuk mempertajam pertahanan yang ada terhadap risiko yang muncul dari, atau diperburuk oleh, penggunaan AI. Komunikasi yang jelas seputar adopsi AI dan perlindungan yang ada untuk melindungi sistem dan penggunaannya dapat membantu membangun kepercayaan dan keyakinan serta mendorong adopsi teknik-teknik inovatif tersebut. Mengingat kemudahan penyediaan layanan keuangan lintas batas, dialog multidisiplin antara para pembuat kebijakan dan industri dapat dibina dan dipertahankan, baik di tingkat nasional maupun internasional.

1.1 TEKNOLOGI CERDAS DALAM LAYANAN KEUANGAN

Sistem AI adalah sistem berbasis mesin dengan berbagai tingkat otonomi yang dapat, untuk serangkaian tujuan yang ditentukan manusia, membuat prediksi, rekomendasi, atau keputusan menggunakan sejumlah besar sumber data alternatif dan analitik data yang disebut sebagai 'big data'. Data tersebut memberi makan model ML yang mampu belajar dari kumpulan data untuk 'memperbaiki diri' tanpa diprogram secara eksplisit oleh manusia.

Krisis COVID-19 telah mempercepat dan mengintensifkan tren digitalisasi yang telah diamati sebelum pandemi, termasuk seputar penggunaan AI. Meningkatnya adopsi AI di



bidang keuangan, di bidang-bidang seperti manajemen aset, perdagangan algoritmik, penjaminan kredit, dan layanan keuangan berbasis blockchain, dimungkinkan oleh melimpahnya data yang tersedia dan oleh peningkatan, dan lebih terjangkau, kapasitas komputasi. AI4 tertanam dalam produk/layanan di berbagai industri (misalnya, layanan kesehatan, otomotif, produk konsumen, internet of things (IoT)) dan semakin banyak digunakan oleh penyedia layanan keuangan di berbagai industri dalam sektor keuangan: perbankan ritel dan korporat (produk yang disesuaikan, kotak obrolan untuk layanan klien, penjaminan dan penilaian kredit, perkiraan kerugian kredit, AML, pemantauan dan deteksi penipuan, layanan pelanggan); manajemen aset (robo-advice, manajemen strategi portofolio, manajemen risiko); perdagangan (perdagangan algoritmik); asuransi (robo-advice, manajemen klaim). AI juga sedang digunakan dalam aplikasi RegTech dan SupTech oleh sektor resmi (misalnya, pemrosesan bahasa alami (NLP), proses kepatuhan).

Seiring dengan semakin pentingnya penerapan AI dan ML menggunakan big data, potensi risiko yang muncul dari penerapannya dalam layanan keuangan menjadi semakin mengkhawatirkan dan mungkin memerlukan perhatian lebih lanjut oleh para pembuat kebijakan. Sejumlah pembuat kebijakan nasional dan forum internasional telah memulai perdebatan tentang bagaimana regulator dan pengawas dapat memastikan bahwa risiko yang timbul dari penerapan AI dalam layanan keuangan dimitigasi, dan apa pendekatan yang tepat untuk penerapan AI dalam layanan keuangan dari perspektif pembuat kebijakan. Dengan kata lain, bagaimana para pembuat kebijakan dapat mendukung inovasi di sektor ini sekaligus memastikan bahwa konsumen dan investor keuangan terlindungi sebagaimana mestinya dan pasar di sekitar produk dan layanan tersebut tetap adil, tertib, dan transparan?

Mengingat potensi dampak transformatif AI pada pasar tertentu, serta jenis risiko baru yang timbul dari penggunaannya, AI telah menjadi prioritas kebijakan yang terus berkembang selama beberapa tahun terakhir. Pada bulan Mei 2019, OECD mengadopsi Prinsip-Prinsip AI, standar internasional pertama yang disepakati oleh pemerintah untuk pengelolaan AI yang bertanggung jawab dan tepercaya, dengan panduan dari kelompok ahli yang terdiri dari berbagai pemangku kepentingan. Komite Pasar Keuangan telah memasukkan analisis seputar AI, ML, dan big data dalam Program Kerja dan Anggaran Komite untuk dua tahun 2021-22.

Laporan ini mengkaji bagaimana AI/ML dan big data memengaruhi beberapa area di sektor keuangan yang telah memperkenalkan teknologi tersebut sejak dini dan bagaimana mekanisme inovatif ini mentransformasi model bisnis mereka; membahas manfaat dan risiko terkait dari penerapan teknologi tersebut di bidang keuangan; memberikan informasi terbaru tentang aktivitas regulasi dan pendekatan regulator terhadap AI dan ML dalam layanan keuangan di beberapa pasar, serta informasi tentang debat terbuka oleh IO dan pembuat kebijakan lainnya; mengidentifikasi area yang masih menjadi perhatian dan layak didiskusikan lebih lanjut oleh Komite dan Kelompok Pakarnya; dan memberikan pertimbangan kebijakan awal seputar area tersebut. Laporan ini tidak membahas penggunaan AI dan big data di sektor asuransi, yang telah dibahas oleh Komite Asuransi dan Pensiun Swasta OECD.

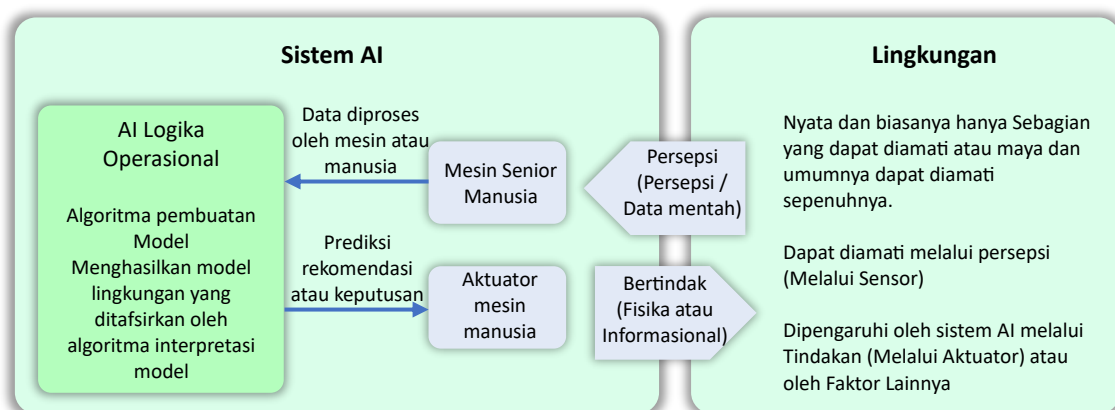
Tujuan diskusi dan analisis topik ini ada dua: pertama, memberikan analisis untuk menginformasikan debat yang sedang berlangsung antara pembuat kebijakan dan IO, dan

kedua, untuk mengeksplorasi isu-isu yang muncul dalam persimpangan AI, keuangan, dan kebijakan yang sebagian besar masih kurang dieksplorasi. Yang terakhir melibatkan analisis tentang bagaimana AI, ML, dan big data memengaruhi area spesifik aktivitas pasar keuangan (seperti manajemen aset; perdagangan algoritmik; penjaminan kredit; dan produk keuangan berbasis blockchain) dan model bisnis masing-masing; serta bagaimana teknologi tersebut berinteraksi dengan risiko yang ada (seperti likuiditas, volatilitas, konvergensi).

1.2. SISTEM AI, ML, DAN PENGGUNAAN BIG DATA

Sistem AI, sebagaimana dijelaskan oleh Kelompok Pakar AI OECD (AIGO), adalah sistem berbasis mesin yang dapat, untuk serangkaian tujuan yang ditentukan manusia, membuat prediksi, rekomendasi, atau keputusan yang memengaruhi lingkungan nyata atau virtual. Sistem ini menggunakan masukan berbasis mesin dan/atau manusia untuk memahami lingkungan nyata dan/atau virtual; mengabstraksikan persepsi tersebut ke dalam model (secara otomatis, misalnya dengan ML atau manual); dan menggunakan inferensi model untuk merumuskan pilihan informasi atau tindakan. Sistem AI dirancang untuk beroperasi dengan berbagai tingkat otonomi.

Fase-fase siklus hidup sistem AI adalah (i) perencanaan dan perancangan, pengumpulan dan pemrosesan data, serta pembangunan dan interpretasi model; (ii) verifikasi dan validasi; (iii) penerapan; dan (iv) operasi dan pemantauan. Taksonomi penelitian AI membedakan aplikasi AI (misalnya NLP); teknik untuk mengajarkan sistem AI (misalnya jaringan saraf tiruan); optimasi (misalnya pembelajaran satu langkah); dan penelitian yang membahas pertimbangan sosial (misalnya transparansi).



Gambar 1.3. Sistem AI

ML adalah subset AI dan menggambarkan kemampuan perangkat lunak untuk belajar dari kumpulan data yang berlaku untuk 'memperbaiki diri' tanpa diprogram secara eksplisit oleh pemrogram manusia (misalnya pengenalan gambar, prediksi gagal bayar peminjam, deteksi penipuan dan AML).



Gambar 1.4. Ilustrasi subset AI

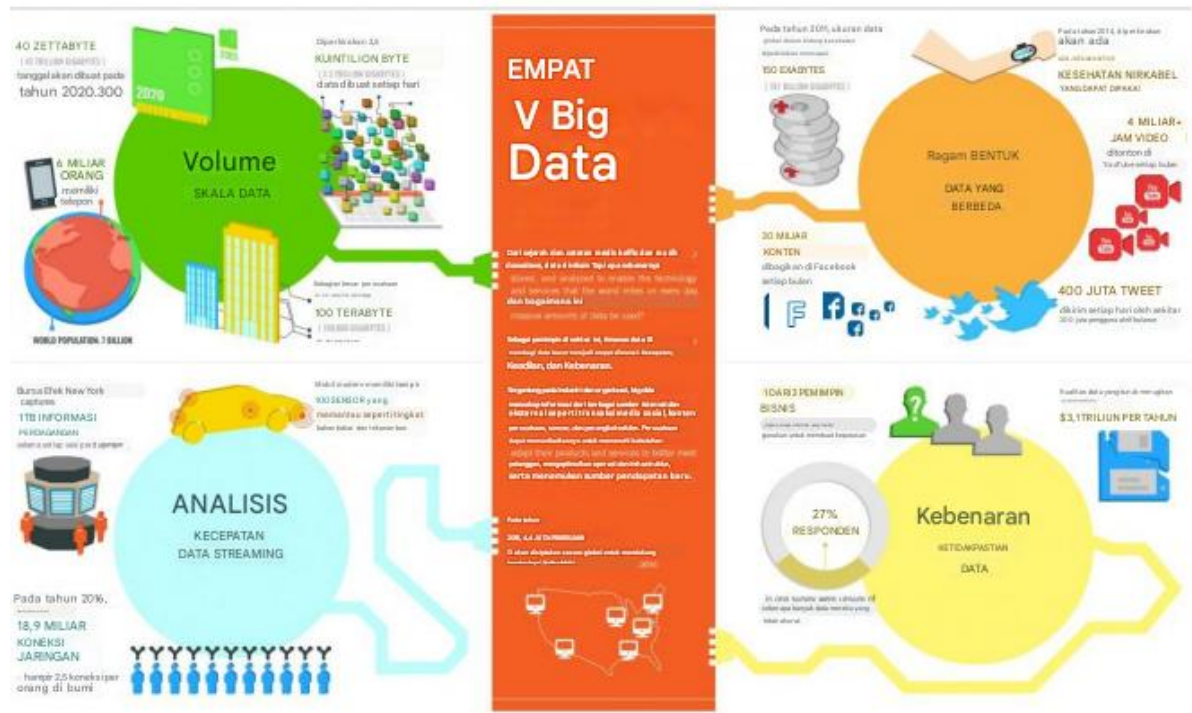
Berbagai jenis pembelajaran mesin (ML) meliputi: pembelajaran terawasi (ML 'klasik', yang terdiri dari regresi lanjutan dan kategorisasi data yang digunakan untuk meningkatkan prediksi) dan pembelajaran tanpa pengawasan (memproses data masukan untuk memahami distribusi data guna mengembangkan, misalnya, segmen pelanggan otomatis); serta pembelajaran mendalam dan penguatan (berdasarkan jaringan saraf dan dapat diterapkan pada data tidak terstruktur seperti gambar atau suara).

Jaringan saraf tiruan pembelajaran mendalam memodelkan cara neuron berinteraksi di otak dengan banyak lapisan ('dalam') interkoneksi yang disimulasikan. Model-model tersebut menggunakan jaringan saraf tiruan multi-lapis untuk mempelajari dan mengenali pola-pola kompleks dalam data, terinspirasi oleh cara kerja otak manusia.

Model pembelajaran mendalam dapat mengenali dan mengklasifikasikan data masukan tanpa harus menulis aturan khusus (tidak perlu menentukan detektor khusus), dan dapat mengidentifikasi pola-pola baru yang tidak akan diantisipasi atau dikembangkan oleh manusia mana pun. Jaringan semacam itu dianggap memiliki toleransi yang lebih tinggi terhadap derau dan dapat beroperasi pada beberapa lapisan generalitas dari subfitur.

Model pembelajaran mesin menggunakan sejumlah besar sumber data alternatif dan analitik data yang disebut sebagai 'data besar'. Istilah big data pertama kali dicetuskan pada awal tahun 2000-an ketika Big Data digunakan untuk menggambarkan "ledakan kuantitas (dan terkadang, kualitas) data yang tersedia dan berpotensi relevan, yang sebagian besar merupakan hasil dari kemajuan terbaru dan belum pernah terjadi sebelumnya dalam teknologi perekaman dan penyimpanan data". Ekosistem big data mencakup sumber data, perangkat lunak, analitik, pemrograman dan statistik, serta ilmuwan data yang mensintesis data untuk menghilangkan noise dan menghasilkan keluaran yang dapat dipahami.

Infografis 1.1. Empat V Big Data



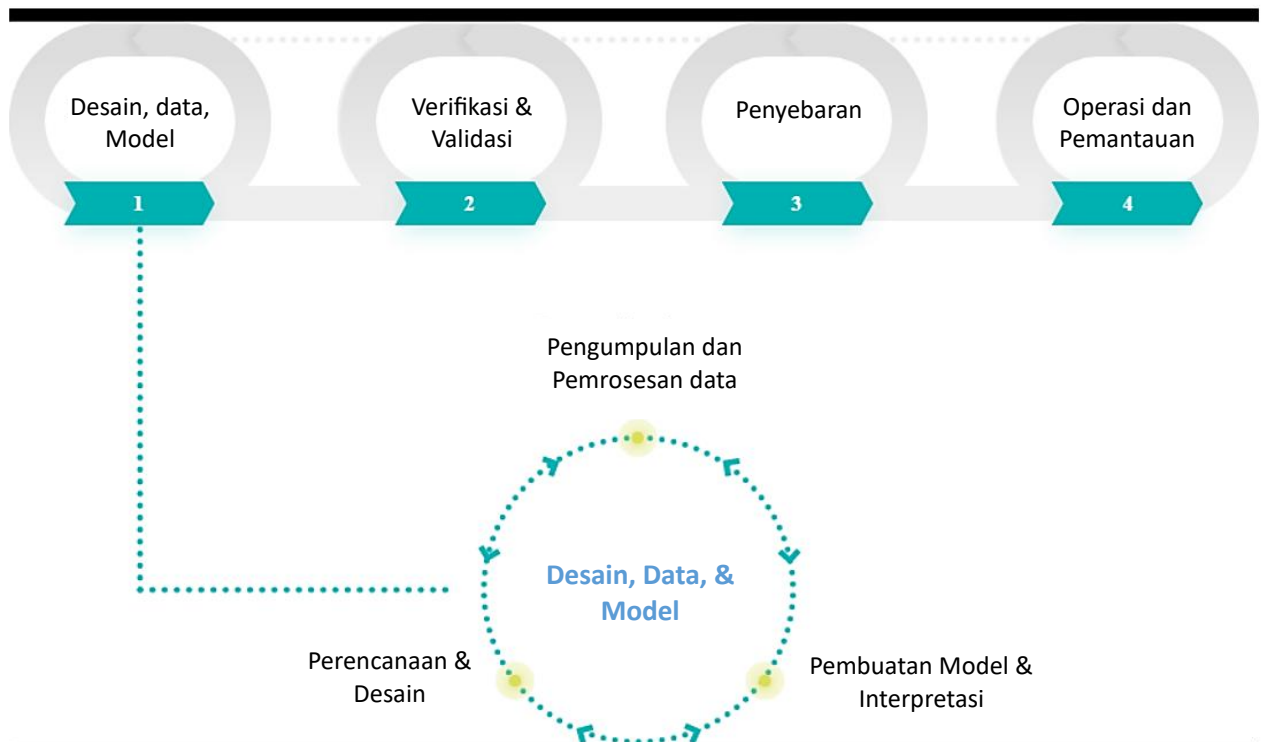
Gambar 1.5. Sumber data besar

Karakteristik big data yang diatribusikan meliputi '4V': volume (skala data); kecepatan (pemrosesan dan analisis data streaming berkecepatan tinggi); variasi (data heterogen), dan veracity (kepastian data, keandalan sumber, kebenaran), serta kualitas-kualitas termasuk kelengkapan, ekstensionalitas, dan kompleksitas. Keakuratan sangat penting karena pengguna mungkin kesulitan menilai kelengkapan dan keandalan kumpulan data yang digunakan, dan mungkin memerlukan penilaian berdasarkan kasus per kasus.

Big data dapat mencakup informasi iklim, citra satelit, gambar dan video digital, catatan transisi atau sinyal GPS, dan data pribadi: nama, foto, alamat email, detail bank, unggahan di situs web jejaring sosial, informasi medis, atau alamat IP komputer. Data tersebut menantang metode yang ada karena ukuran, kompleksitas, atau tingkat ketersediaannya dan memerlukan teknik digital canggih, seperti model pembelajaran mesin (ML) untuk menganalisisnya. Peningkatan penggunaan AI dalam aplikasi IoT juga menghasilkan data dalam jumlah besar, yang kemudian menjadi masukan bagi aplikasi AI.



Ketersediaan data yang lebih besar memungkinkan model pembelajaran mesin (ML) berkinerja lebih baik karena kemampuannya untuk belajar dari contoh-contoh yang dimasukkan ke dalam model dalam proses iteratif yang disebut pelatihan model.



Gambar 1.6. Siklus hidup Sistem AI

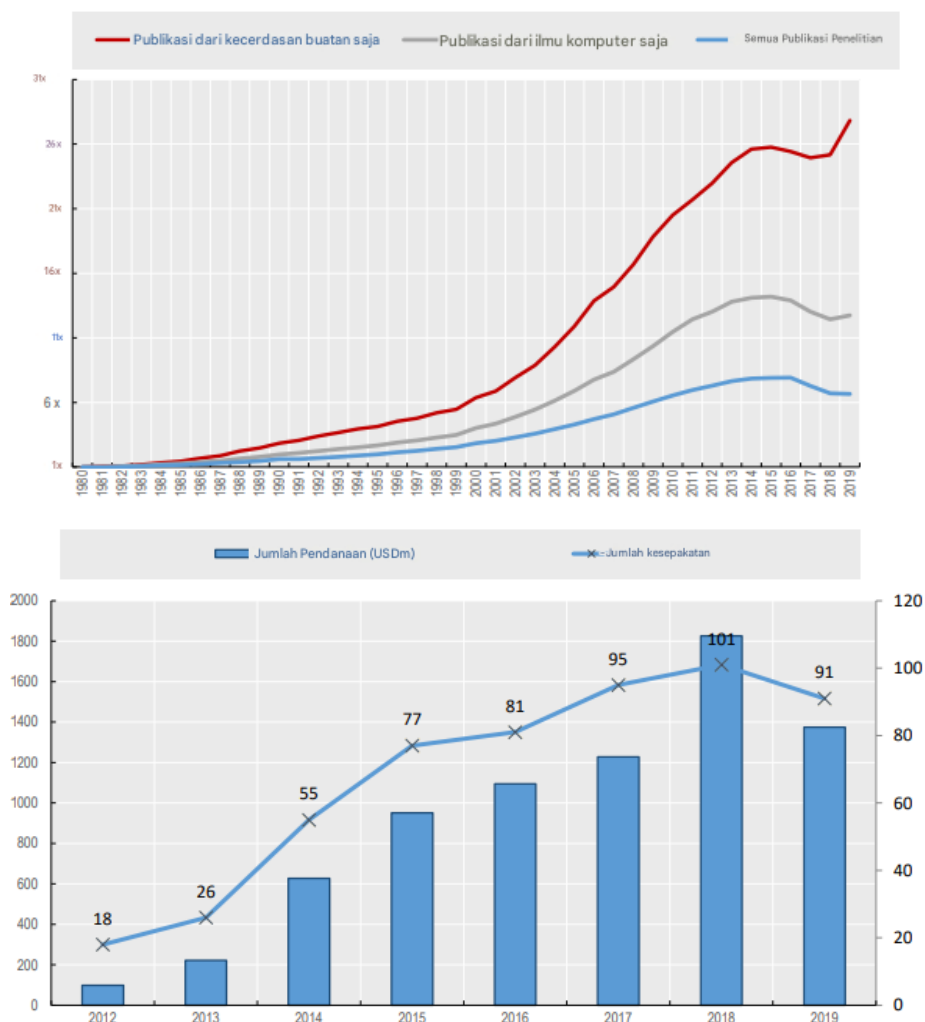
Area yang Berkembang Pesat dalam Riset dan Pengembangan Bisnis

Pertumbuhan penerapan aplikasi AI dibuktikan dengan meningkatnya belanja global untuk AI di sektor swasta, yang dibarengi dengan meningkatnya aktivitas riset terhadap teknologi ini. Belanja global untuk AI diperkirakan akan berlipat ganda selama empat tahun ke

depan, dari Rp791,6 triliun pada tahun 2020 menjadi lebih dari Rp1.738 triliun pada tahun 2024.

Menurut perkiraan IDC, belanja untuk sistem AI akan meningkat pesat selama beberapa tahun ke depan dengan CAGR yang diperkirakan sekitar 20% untuk periode 2019-24, seiring dengan semakin banyaknya organisasi yang menerapkan AI sebagai bagian dari upaya transformasi digital mereka dan agar tetap kompetitif dalam ekonomi digital. Investasi ekuitas swasta di perusahaan rintisan AI meningkat dua kali lipat pada tahun 2017 dibandingkan periode yang sama tahun sebelumnya dan menarik 12% dari investasi ekuitas swasta di seluruh dunia pada semester pertama tahun 2018.

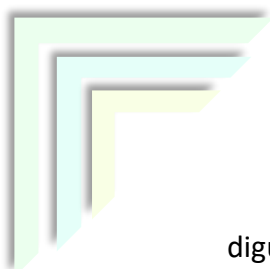
Pada saat yang sama, pertumbuhan riset terkait AI jauh lebih besar daripada pertumbuhan ilmu komputer atau publikasi riset secara keseluruhan, memberikan bukti lebih lanjut tentang meningkatnya minat terhadap teknologi inovatif ini.



Gambar 1.7. Pertumbuhan riset terkait AI dan investasi di perusahaan rintisan AI

AI dalam teknologi regulasi dan pengawasan ('Regtech' dan 'Suptech')

Otoritas pasar keuangan semakin mempertimbangkan potensi manfaat dari penggunaan wawasan AI dalam perangkat 'Suptech', yaitu aplikasi berbasis FinTech yang



digunakan oleh otoritas untuk tujuan regulasi, pengawasan, dan pengawasan. Lembaga yang teregulasi juga tengah mengembangkan dan mengadopsi aplikasi FinTech untuk persyaratan dan pelaporan regulasi dan kepatuhan ('RegTech'). Lembaga keuangan juga mengadopsi aplikasi AI untuk pengendalian internal dan manajemen risiko, dan kombinasi teknologi AI dengan ilmu perilaku memungkinkan lembaga keuangan besar untuk mencegah pelanggaran, menggeser fokus dari resolusi ex-post menjadi pencegahan berwawasan ke depan.

Pertumbuhan aplikasi RegTech dan SupTech terutama disebabkan oleh pendorong sisi penawaran (peningkatan ketersediaan data, termasuk yang dapat dibaca mesin, pengembangan teknik AI) dan pendorong sisi permintaan (potensi peningkatan efisiensi dan efektivitas proses regulasi, kemungkinan peningkatan wawasan tentang risiko dan perkembangan kepatuhan).

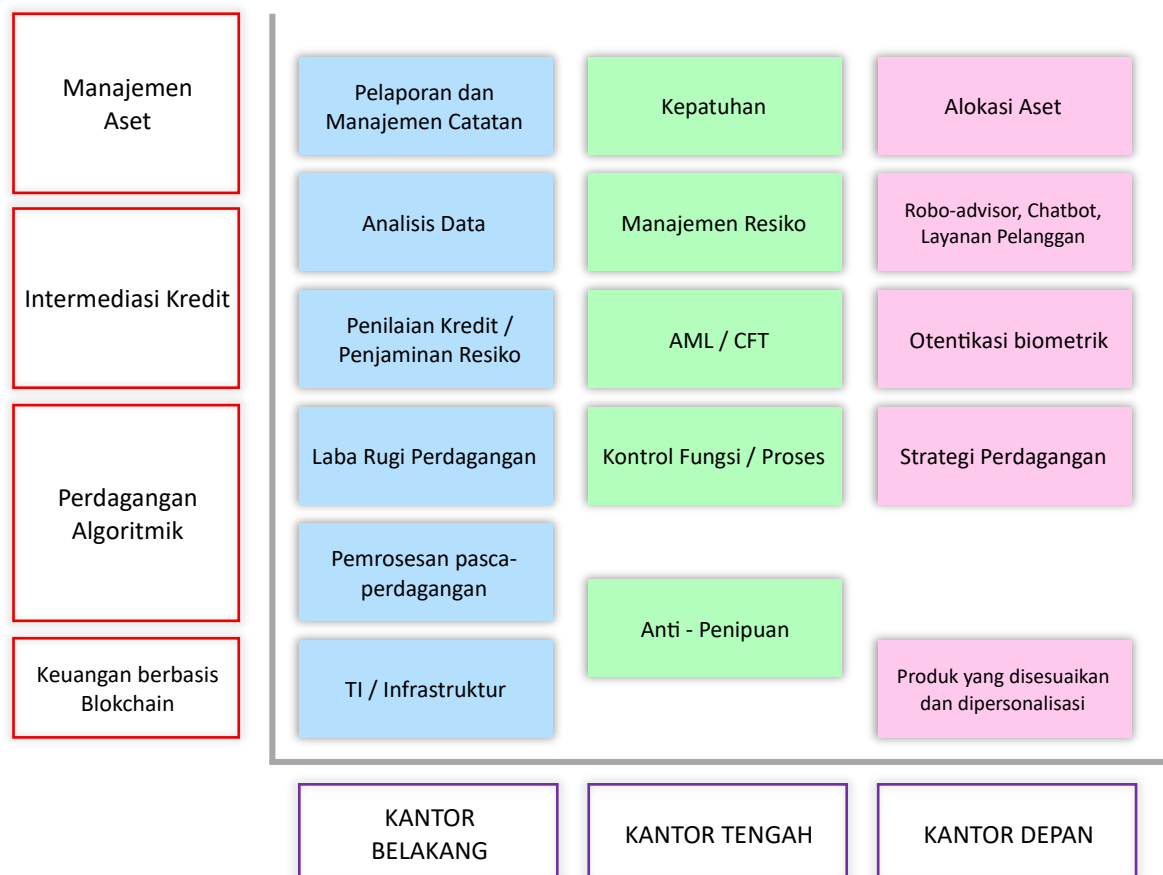
Terlepas dari peluang dan manfaat penerapan AI untuk tujuan regulasi dan pengawasan, otoritas tetap waspada mengingat risiko yang terkait dengan penggunaan teknologi tersebut (sumber daya, risiko siber, risiko reputasi, masalah kualitas data, transparansi dan interpretabilitas yang terbatas). Risiko-risiko ini juga berlaku dalam penerapan AI oleh para pelaku pasar keuangan, dan akan dibahas lebih rinci dalam laporan ini.

BAB 2

AI, BIG DATA, DAN TRANSFORMASI MODEL BISNIS KEUANGAN

Adopsi AI dalam keuangan didorong oleh ketersediaan data yang besar dan terus berkembang dalam layanan keuangan dan keunggulan kompetitif yang diharapkan dapat diberikan AI/ML kepada perusahaan jasa keuangan. Ledakan kelimpahan data dan analitik yang tersedia (big data), ditambah dengan kapasitas komputasi yang lebih terjangkau (misalnya komputasi awan) dapat dianalisis oleh model ML untuk mengidentifikasi sinyal dan menangkap hubungan yang mendasarinya dalam data dengan cara yang melampaui kemampuan manusia. Penerapan AI/ML dan big data oleh perusahaan sektor keuangan diharapkan akan semakin mendorong keunggulan kompetitif perusahaan, baik melalui peningkatan efisiensi perusahaan dengan mengurangi biaya, maupun peningkatan kualitas produk layanan keuangan yang diminta oleh pelanggan.

Bagian ini membahas potensi dampak penggunaan AI dan big data terhadap aktivitas pasar keuangan tertentu, termasuk manajemen aset dan investasi, perdagangan; pinjaman; dan aplikasi blockchain dalam keuangan.



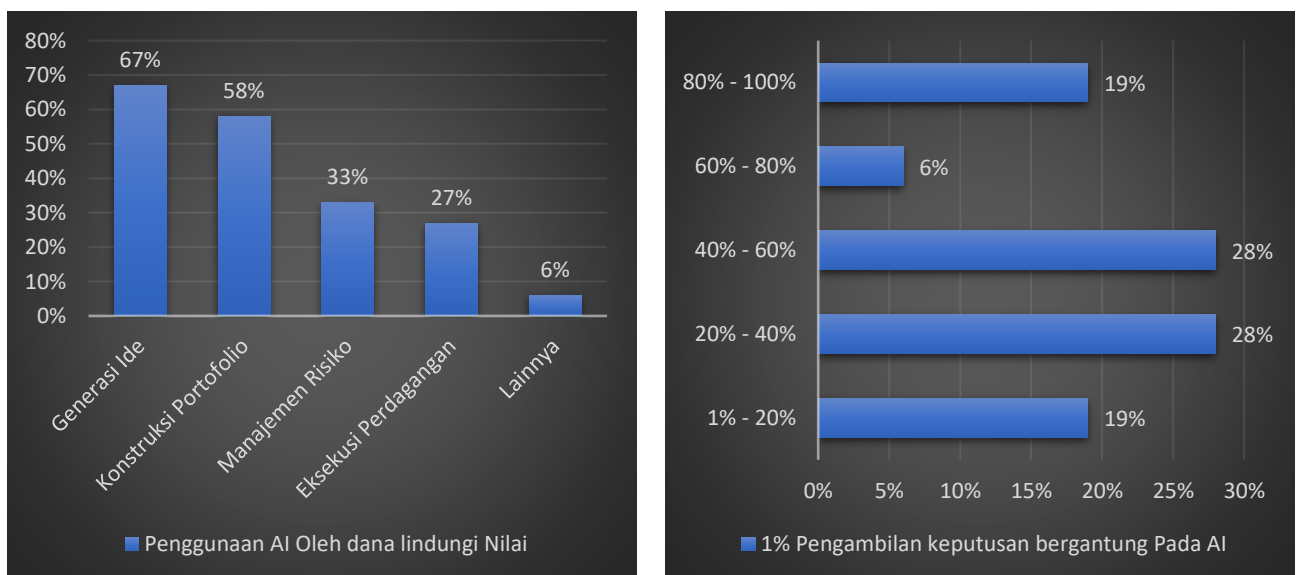
Gambar 2.1. Contoh aplikasi AI dalam beberapa aktivitas pasar keuangan

2.1. ALOKASI PORTOFOLIO DI SISI BELI KEUANGAN

Penggunaan AI dan ML dalam manajemen aset berpotensi meningkatkan efisiensi dan akurasi alur kerja operasional, meningkatkan kinerja, memperkuat manajemen risiko, dan meningkatkan pengalaman pelanggan. Natural Language Generation (NLG), sebuah subset dari AI, dapat digunakan oleh penasihat keuangan untuk 'memanusiakan' dan menyederhanakan analisis data serta pelaporan kepada klien. Karena model ML dapat memantau ribuan faktor risiko setiap hari dan menguji kinerja portofolio dalam ribuan skenario pasar/ekonomi, teknologi ini dapat meningkatkan manajemen risiko bagi manajer aset dan investor institusional besar lainnya. Dalam hal manfaat operasional, penggunaan AI dapat mengurangi biaya administrasi manajer investasi, mengganti rekonsiliasi yang intensif secara manual dengan yang otomatis, dan berpotensi mengurangi biaya serta meningkatkan kecepatan.

Memasukkan big data ke dalam model pembelajaran mesin (ML) dapat memberikan rekomendasi kepada manajer aset yang memengaruhi pengambilan keputusan seputar alokasi portofolio dan/atau pemilihan saham, tergantung pada jenis teknik AI yang digunakan. Big data telah menggantikan kumpulan data tradisional, yang kini dianggap sebagai komoditas yang mudah diakses oleh semua investor, dan digunakan oleh manajer aset untuk mendapatkan wawasan dalam proses investasi mereka.

Bagi komunitas investasi, informasi selalu menjadi kunci dan data telah menjadi landasan bagi banyak strategi investasi, mulai dari analisis fundamental hingga perdagangan sistematis dan strategi kuantitatif. Meskipun data terstruktur merupakan inti dari strategi 'tradisional' tersebut, sejumlah besar data mentah atau tidak terstruktur/semi-terstruktur kini menjanjikan untuk memberikan keunggulan informasi baru bagi investor yang menerapkan AI dalam implementasi strategi mereka. AI memungkinkan manajer aset untuk mengolah sejumlah besar data dari berbagai sumber dan mendapatkan wawasan dari data tersebut untuk menginformasikan strategi mereka dalam jangka waktu yang sangat singkat.



Gambar 2.2. Penggunaan AI oleh hedge fund



Penggunaan AI/ML dan big data mungkin hanya diperuntukkan bagi manajer aset yang lebih besar atau investor institusional yang memiliki kapasitas dan sumber daya untuk berinvestasi dalam teknologi AI, yang mungkin akan menimbulkan hambatan bagi adopsi teknik tersebut oleh pelaku yang lebih kecil. Investasi dalam teknologi dan talenta diperlukan untuk mentransformasi dan mengeksplorasi sejumlah besar kumpulan data big data baru yang tidak terstruktur dan membangun model ML.

Sejauh penerapan AI dan model kepemilikan memberikan keunggulan kinerja dibandingkan pesaing, hal ini pada gilirannya dapat mengakibatkan terbatasnya partisipasi oleh pelaku yang lebih kecil yang tidak dapat mengadopsi teknik AI/ML internal atau menggunakan sumber informasi big data. Hal ini berpotensi memperkuat tren konsentrasi pada sejumlah kecil pelaku besar yang diamati dalam industri dana lindung nilai, karena kelompok yang lebih besar mengungguli beberapa pesaing mereka yang lebih lincah.

Keterbatasan partisipasi oleh pelaku yang lebih kecil akan terus berlanjut setidaknya hingga industri mencapai titik di mana alat-alat tersebut menjadi ada di mana-mana/disediakan sebagai layanan oleh vendor pihak ketiga. Pada saat yang sama, kumpulan data pihak ketiga mungkin tidak memiliki standar yang sama di seluruh industri, dan pengguna perangkat pihak ketiga harus membangun keyakinan akan akurasi dan kepercayaan data yang digunakan ('kebenaran' big data) agar mencapai tingkat kenyamanan yang memadai bagi mereka untuk mengadopsinya.

Penggunaan model AI yang sama oleh sejumlah besar manajer aset dapat menyebabkan perilaku berkelompok dan pasar satu arah, yang dapat meningkatkan potensi risiko bagi likuiditas dan stabilitas sistem, terutama di saat-saat sulit. Volatilitas pasar dapat meningkat melalui penjualan atau pembelian besar yang dilakukan secara bersamaan, sehingga memunculkan sumber kerentanan baru (lihat Bagian 2.2).

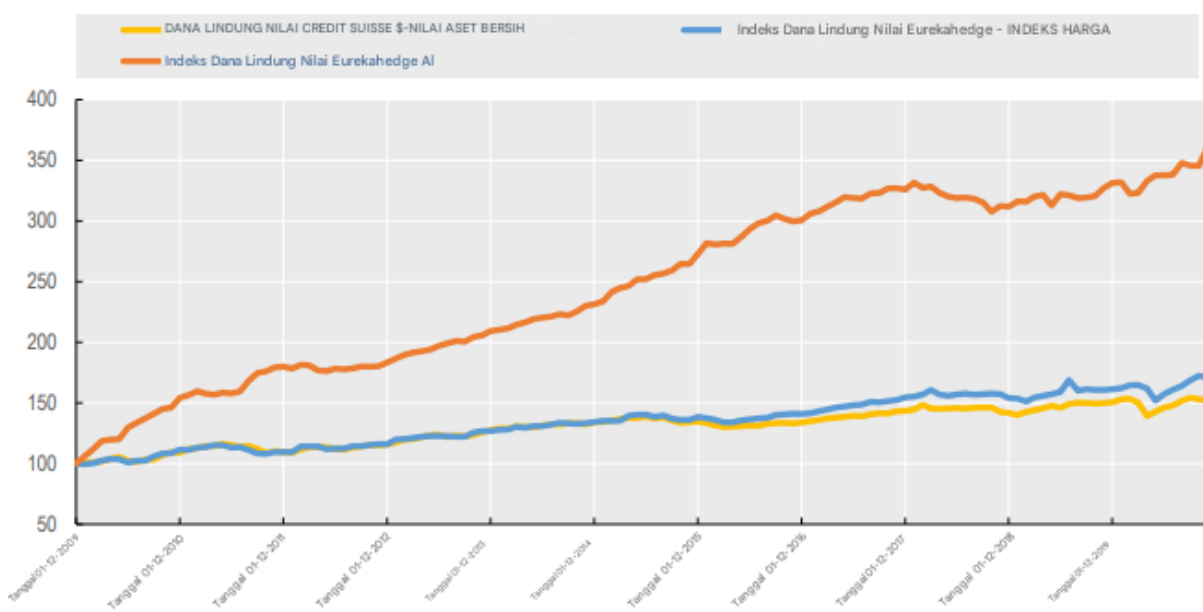
Dapat dikatakan bahwa penerapan AI/ML dan big data dalam investasi dapat membalikkan tren menuju investasi pasif. Jika penggunaan teknologi inovatif tersebut terbukti menghasilkan alpha secara konsisten, yang menunjukkan adanya hubungan sebab-akibat antara penggunaan AI dan kinerja superior, komunitas investasi aktif dapat memanfaatkan peluang ini untuk menghidupkan kembali investasi aktif dan memberikan peluang penambahan alpha kepada klien mereka.

Kinerja dana lindung nilai dan ETF berbasis AI

Dana lindung nilai telah menjadi yang terdepan di antara pengguna FinTech, dan menggunakan big data, AI, dan algoritma ML dalam eksekusi perdagangan dan fungsi back-office. Dalam beberapa tahun terakhir, muncul kelas dana lindung nilai 'AI pure play' yang sepenuhnya berbasis AI dan ML (misalnya, Aidiya Holdings, Cerebellum Capital, Taaffeite Capital Management, dan Numerai). Hingga saat ini, belum ada tinjauan akademis atau tinjauan independen lainnya mengenai kinerja dana berbasis AI dari sumber non-industri, yang membandingkan berbagai dana yang mengklaim digerakkan oleh AI. Manajer dana menggunakan berbagai tingkat AI dalam operasi dan strategi mereka dan secara alami enggan mengungkapkan metodologi mereka demi mempertahankan keunggulan kompetitif. Meskipun banyak dana mungkin memasarkan produk mereka sebagai 'bertenaga AI', tingkat

penggunaan teknologi tersebut oleh dana dan kematangan penerapan AI sangat bervariasi, sehingga menyulitkan untuk membandingkan kinerja antara berbagai produk AI yang mengklaim diri sendiri.

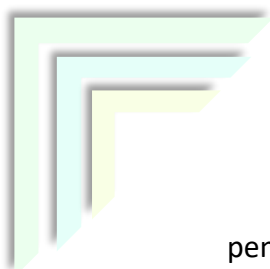
Indeks dana lindung nilai berbasis AI yang disediakan oleh sektor swasta menunjukkan kinerja dana berbasis AI yang lebih baik dibandingkan indeks dana lindung nilai konvensional yang disediakan oleh sumber yang sama (Gambar 2.2). Indeks yang disediakan oleh pihak ketiga rentan terhadap sejumlah bias, seperti bias survivalship dan bias seleksi mandiri konstituen terhadap indeks atau backfilling, dan harus diperlakukan dengan hati-hati.



Gambar 2.3. Beberapa hedge fund yang menggunakan AI memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan hedge fund konvensional

Catatan: Indeks Eurekahedge Hedge Fund adalah indeks unggulan Eurekahedge dengan bobot yang sama yang terdiri dari 2.195 reksa dana konstituen. Indeks ini dirancang untuk memberikan ukuran kinerja yang luas dari semua manajer reksa dana lindung nilai yang mendasarinya, terlepas dari mandat regional. Indeks ini memiliki bobot dasar 100 pada Desember 1999, tidak mengandung reksa dana duplikat, dan berdenominasi dalam mata uang lokal. Indeks Eurekahedge AI Hedge Fund adalah indeks dengan bobot yang sama yang terdiri dari 18 reksa dana konstituen. Indeks ini dirancang untuk memberikan ukuran kinerja yang luas dari manajer reksa dana lindung nilai yang mendasarinya yang menggunakan teori AI dan ML dalam proses perdagangan mereka. Indeks ini memiliki bobot dasar 100 pada Desember 2010, tidak mengandung reksa dana duplikat, dan berdenominasi dalam USD. Indeks Credit Suisse Hedge Fund adalah indeks reksa dana lindung nilai dengan bobot aset dan mencakup reksa dana terbuka dan tertutup.

ETF yang didukung oleh AI, di mana keputusan investasi dibuat dan dieksekusi oleh model, belum mencapai ukuran yang berarti. Total AuM dari kelompok ETF ini diperkirakan mencapai sekitar Rp1,58 triliun pada akhir tahun 2019. Efisiensi yang dihasilkan oleh



penerapan AI pada ETF otomatis menurunkan biaya manajemen (diperkirakan biaya tahunan rata-rata sebesar 0,77% pada akhir tahun 2019).

Dalam hal kinerja perkiraan, terdapat peningkatan bukti bahwa model ML mengungguli perkiraan konvensional indikator ekonomi makro seperti inflasi dan PDB. Faktanya, peningkatan ini paling menonjol selama periode tekanan ekonomi ketika, bisa dibilang, perkiraan paling penting. Bukti juga menunjukkan keunggulan teknik berbasis AI dalam mengidentifikasi korelasi yang bermakna namun sebelumnya tidak diketahui dalam pola krisis keuangan, dengan model pembelajaran mesin (ML) sebagian besar mengungguli regresi logistik dalam prediksi dan peramalan di luar sampel.

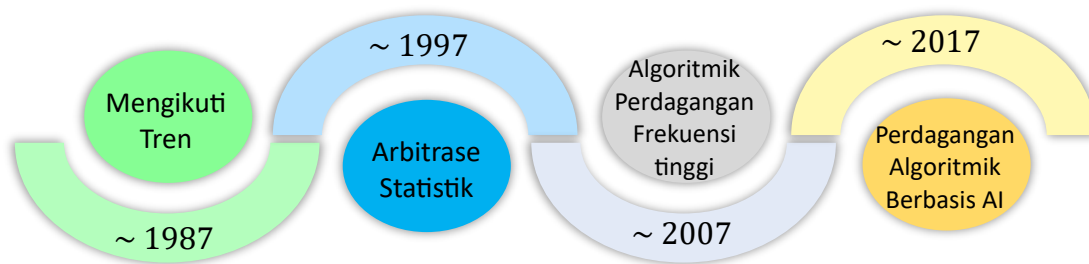
2.2. PERDAGANGAN ALGORITMIK

AI dapat digunakan dalam perdagangan, baik untuk memberikan saran strategi perdagangan maupun untuk mendukung sistem perdagangan otomatis yang membuat prediksi, memilih tindakan, dan mengeksekusi perdagangan. Sistem perdagangan berbasis AI yang beroperasi di pasar dapat mengidentifikasi dan mengeksekusi perdagangan sepenuhnya secara mandiri, tanpa campur tangan manusia, menggunakan teknik AI seperti komputasi evolusioner, pembelajaran mendalam, dan logika probabilistik.

Teknik AI (seperti `roda algo8`) dapat membantu menyusun strategi perdagangan yang akan datang secara sistematis dengan memungkinkan proses berpikir "jika/maka" untuk diimplementasikan sebagai prosedur. Mengingat keterkaitan antara kelas aset dan geografi saat ini, penggunaan AI memungkinkan kapasitas prediktif yang jauh melampaui kekuatan algoritma konvensional, bahkan di bidang keuangan dan perdagangan.

Sistem berbasis AI dalam perdagangan juga dapat membantu pedagang dalam manajemen risiko dan pengelolaan arus pesanan mereka. Misalnya, aplikasi berbasis AI dapat melacak eksposur risiko dan menyesuaikan atau keluar dari posisi sesuai kebutuhan pengguna, secara otomatis penuh tanpa perlu pemrograman ulang, karena sistem ini dapat dilatih secara mandiri dan beradaptasi dengan perubahan kondisi pasar tanpa (atau dengan minimal) intervensi manusia. Sistem ini dapat membantu pedagang mengelola arus transaksi di antara broker mereka, untuk perdagangan yang telah diputuskan, dan mengendalikan biaya atau alokasi likuiditas ke berbagai pihak (misalnya preferensi pasar regional, penentuan mata uang, atau parameter lain dari penanganan pesanan).

Di pasar yang sangat digital, seperti pasar ekuitas dan produk valuta asing, solusi AI menjanjikan harga yang kompetitif, mengelola likuiditas, mengoptimalkan, dan menyederhanakan eksekusi. Yang terpenting, algoritma AI yang diterapkan dalam perdagangan dapat meningkatkan manajemen likuiditas dan eksekusi order besar dengan dampak pasar yang minimal, dengan mengoptimalkan ukuran, durasi, dan jumlah order secara dinamis, berdasarkan kondisi pasar.



Gambar 2.4. Evolusi historis perdagangan dan AI

Penggunaan AI dan big data dalam analisis sentimen untuk mengidentifikasi tema, tren, dan sinyal perdagangan memperkuat praktik yang sudah ada sejak lama. Para trader telah menambang berita dan pengumuman/komentar manajemen selama beberapa dekade, untuk memahami dampak informasi non-finansial terhadap harga saham. Saat ini, penambahan teks dan analisis unggahan dan tweet media sosial atau data satelit melalui penggunaan algoritma NPL merupakan contoh penerapan teknologi inovatif yang dapat menginformasikan keputusan perdagangan, karena teknologi ini memiliki kapasitas untuk mengotomatiskan pengumpulan dan analisis data serta mengidentifikasi pola atau perilaku persisten dalam skala yang tidak dapat diproses oleh manusia.

Yang membedakan perdagangan yang dikelola AI dengan perdagangan sistematis adalah pembelajaran penguatan dan penyesuaian model AI terhadap perubahan kondisi pasar, ketika strategi sistematis tradisional membutuhkan waktu lebih lama untuk menyesuaikan parameter karena intervensi manusia yang besar yang terlibat. Strategi pengujian ulang konvensional berdasarkan data historis mungkin gagal memberikan pengembalian yang baik secara real-time karena tren yang diidentifikasi sebelumnya rusak. Penggunaan model ML menggeser analisis ke arah prediksi dan analisis tren secara real-time, misalnya menggunakan tes 'walk forward' alih-alih pengujian kembali. Tes semacam itu memprediksi dan beradaptasi dengan tren secara real-time untuk mengurangi over-fitting dalam pengujian kembali berdasarkan data dan tren historis

Kotak 2.1. Roda Algoritma Berbasis AI

Roda algoritma adalah istilah umum yang mencakup solusi otomatis penuh untuk alur yang sebagian besar diarahkan oleh pedagang. Roda algoritma berbasis AI adalah proses perutean otomatis yang menanamkan teknik AI untuk menetapkan algoritma broker ke pesanan dari daftar solusi algoritmik yang telah dikonfigurasi sebelumnya. Dengan kata lain, roda algoritma berbasis AI adalah model yang memilih strategi dan broker optimal untuk merutekan pesanan, tergantung pada kondisi pasar dan tujuan/persyaratan perdagangan.

Perusahaan investasi biasanya menggunakan roda algoritma karena dua alasan; pertama, untuk mencapai peningkatan kinerja dari kualitas eksekusi yang lebih baik; kedua, untuk mendapatkan efisiensi alur kerja dari otomatisasi alur pesanan kecil atau normalisasi algoritma broker ke dalam konvensi penamaan standar. Pelaku pasar berpendapat bahwa

roda algo mengurangi bias pedagang dalam pemilihan broker dan algoritma broker yang diterapkan di pasar.

Diperkirakan hampir 20% arus perdagangan saat ini menggunakan roda algo, dan mekanisme ini semakin diterima sebagai cara untuk mengkategorikan dan mengukur algo broker berkinerja terbaik secara sistematis. Namun, mereka yang menggunakan roda algo hanya menggunakannya untuk 38% arus algo mereka. Oleh karena itu, potensi adopsi roda algo secara luas dapat meningkatkan tingkat perdagangan elektronik secara keseluruhan, dengan potensi manfaat bagi persaingan di dunia pialang elektronik.

Penggunaan AI dalam perdagangan telah melalui berbagai tahap pengembangan dan kompleksitas yang sesuai, menambahkan lapisan pada perdagangan algoritmik tradisional di setiap langkah prosesnya. Algoritma generasi pertama terdiri dari pesanan beli atau jual dengan parameter sederhana, diikuti oleh algoritma yang memungkinkan penetapan harga dinamis. Algoritma generasi kedua menerapkan strategi untuk memecah pesanan besar dan mengurangi potensi dampak pasar, membantu memperoleh harga yang lebih baik (disebut 'algoritma eksekusi'). Strategi terkini yang berbasis jaringan saraf dalam dirancang untuk memberikan penempatan pesanan dan gaya eksekusi terbaik yang dapat meminimalkan dampak pasar.

Jaringan saraf dalam meniru otak manusia melalui serangkaian algoritma yang dirancang untuk mengenali pola, dan kurang bergantung pada intervensi manusia untuk berfungsi dan belajar. Penggunaan teknik-teknik tersebut dapat bermanfaat bagi para pelaku pasar dalam meningkatkan pengelolaan inventaris mereka dan mengurangi biaya neraca mereka. Seiring dengan kemajuan perkembangan AI, algoritma AI berevolusi menjadi algoritma terprogram komputer otomatis yang belajar dari input data yang digunakan dan lebih sedikit bergantung pada intervensi manusia.

Dalam praktiknya, bentuk AI yang lebih canggih saat ini sebagian besar digunakan untuk mengidentifikasi sinyal dari insiden 'bernilai informasi rendah' dalam perdagangan berbasis aliran, yang terdiri dari peristiwa yang kurang jelas, lebih sulit untuk diidentifikasi dan diekstraksi nilainya. Alih-alih membantu kecepatan eksekusi, AI sebenarnya digunakan untuk mengekstrak sinyal dari gangguan dalam data dan mengubah informasi ini menjadi keputusan tentang perdagangan. Algoritme yang kurang canggih sebagian besar digunakan untuk 'peristiwa informasi tinggi', yang terdiri dari berita tentang peristiwa keuangan yang lebih mudah dipahami oleh semua peserta dan di mana kecepatan eksekusi menjadi hal yang penting.

Pada tahap pengembangan ini, model berbasis pembelajaran mesin (ML) tidak bertujuan untuk perdagangan front-running dan mendapatkan keuntungan dari kecepatan tindakan, seperti strategi HFT. Sebaliknya, model ini sebagian besar terbatas untuk digunakan secara offline, misalnya untuk kalibrasi parameter algoritma dan untuk meningkatkan logika keputusan algoritma, alih-alih untuk tujuan eksekusi. Namun, di masa depan, seiring kemajuan



teknologi AI dan penerapannya dalam lebih banyak kasus penggunaan, AI dapat memperkuat kemampuan perdagangan algoritmik tradisional, dengan implikasi bagi pasar keuangan.

Hal ini diperkirakan akan terjadi ketika teknik AI mulai lebih banyak diterapkan pada fase eksekusi perdagangan, menawarkan peningkatan kemampuan untuk eksekusi perdagangan otomatis dan melayani seluruh rantai tindakan, mulai dari penerimaan sinyal, perancangan strategi, hingga eksekusinya. Algoritma berbasis ML untuk eksekusi akan memungkinkan penyesuaian logika keputusan yang otonom dan dinamis selama perdagangan. Dalam hal ini, persyaratan yang sudah diterapkan untuk perdagangan algoritmik (misalnya, perlindungan yang dibangun dalam sistem manajemen risiko pra-perdagangan, mekanisme kontrol otomatis untuk menonaktifkan algoritma ketika melampaui batas yang tertanam dalam model risiko) harus diperluas ke perdagangan algoritmik berbasis AI.

Konsekuensi yang tidak diinginkan dan potensi risiko

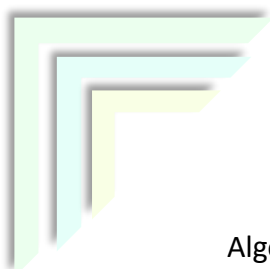
Penggunaan model yang sama atau serupa oleh sejumlah besar pedagang dapat menimbulkan konsekuensi yang tidak diinginkan bagi persaingan, dan juga dapat berkontribusi pada peningkatan tekanan di pasar. Bagi pedagang, munculnya model yang banyak digunakan secara alami akan mengurangi peluang arbitrase yang tersedia, sehingga menurunkan margin. Hal ini pada akhirnya akan menguntungkan konsumen dengan mengurangi spread bid-ask. Di saat yang sama, hal ini berpotensi mengakibatkan konvergensi, perilaku herding, dan pasar satu arah, dengan kemungkinan implikasi bagi stabilitas pasar dan kondisi likuiditas, terutama selama periode tekanan akut. Sebagaimana algoritma lainnya, penggunaan algoritma AI serupa secara luas menciptakan risiko siklus umpan balik yang saling memperkuat yang pada gilirannya dapat memicu pergerakan harga yang tajam.

Konvergensi semacam itu juga dapat meningkatkan risiko serangan siber, karena penjahat siber menjadi lebih mudah memengaruhi agen yang bertindak dengan cara yang sama daripada agen otonom dengan perilaku yang berbeda. Dalam hal risiko siber, ketika AI digunakan secara jahat, AI berpotensi melakukan serangan otonom (tanpa campur tangan manusia) secara ofensif terhadap sistem yang rentan dalam perdagangan, tetapi juga secara luas terhadap sistem dan partisipan pasar keuangan.

Penggunaan model kepemilikan yang tidak dapat ditiru merupakan kunci bagi para pedagang untuk mempertahankan keunggulan, dan dapat mendorong kurangnya transparansi yang disengaja, yang semakin memperparah kurangnya kemampuan menjelaskan model ML. Keengganan pengguna teknik ML untuk mengungkapkan cara kerja model mereka karena takut kehilangan keunggulan kompetitif juga menimbulkan masalah terkait pengawasan algoritma dan model ML.

Penggunaan algoritma dalam perdagangan juga dapat membuat hasil kolusi lebih mudah dipertahankan dan lebih mungkin diamati di pasar digital. Terkait dengan hal tersebut, terdapat risiko bahwa sistem berbasis AI dapat memperburuk praktik ilegal yang bertujuan memanipulasi pasar, seperti 'spoofing', dengan mempersulit pengawas untuk mengidentifikasi praktik tersebut jika terdapat kolusi antar mesin.

Kurangnya kemampuan menjelaskan model ML yang digunakan untuk mendukung perdagangan dapat menyulitkan penyesuaian strategi ketika kinerja perdagangan buruk.



Algoritma perdagangan bukan lagi proses linear berbasis model (input A menyebabkan strategi perdagangan B dieksekusi) yang dapat dilacak dan diinterpretasikan, serta memungkinkan pemahaman yang jelas tentang parameter mana yang mendorong hasilnya. Ketika kinerja buruk, sangat penting bagi pedagang untuk dapat menguraikan output menjadi faktor-faktor pendorong yang mendasari keputusan perdagangan, sehingga dapat menyesuaikan dan/atau mengoreksi sesuai dengan keadaan.

Namun, bahkan ketika kinerja berlebih, pengguna tidak dapat memahami mengapa keputusan perdagangan yang sukses dibuat, dan oleh karena itu tidak dapat mengidentifikasi apakah kinerja tersebut disebabkan oleh keunggulan model dan kemampuan untuk menangkap hubungan yang mendasari dalam data atau hanya karena keberuntungan semata.

Dalam hal potensi efek yang tidak diinginkan di pasar, dapat dikatakan bahwa penerapan teknologi AI dalam perdagangan dan HFT dapat meningkatkan volatilitas pasar melalui penjualan atau pembelian besar yang dilakukan secara bersamaan, sehingga menimbulkan sumber kerentanan baru. Secara khusus, beberapa strategi algo-HFT tampaknya telah berkontribusi terhadap volatilitas pasar yang ekstrem, mengurangi likuiditas, dan memperburuk flash crash yang telah terjadi dengan frekuensi yang semakin meningkat selama beberapa tahun terakhir. Karena HFT merupakan sumber utama penyediaan likuiditas dalam kondisi pasar normal, meningkatkan efisiensi pasar, setiap gangguan dalam pengoperasian model mereka pada saat krisis mengakibatkan likuiditas ditarik keluar dari pasar, dengan potensi dampak pada ketahanan pasar.

Kotak 2.2. “Spoofing”: penggunaan algoritma untuk manipulasi pasar

Spoofing adalah praktik manipulasi pasar ilegal yang melibatkan pengajuan tawaran beli atau penawaran jual sekuritas atau komoditas dengan tujuan membatalkan tawaran atau penawaran tersebut sebelum transaksi dieksekusi. Praktik ini dirancang untuk menciptakan persepsi palsu tentang permintaan investor di pasar, sehingga memanipulasi perilaku dan tindakan pelaku pasar lainnya dan memungkinkan pelaku spoofer untuk mendapatkan keuntungan dari perubahan ini dengan bereaksi terhadap fluktuasi.

Spoofing telah dimungkinkan dalam perdagangan sebelum munculnya perdagangan algoritmik, tetapi menjadi menonjol dengan munculnya perdagangan frekuensi tinggi. Manipulasi pasar menggunakan skema spoofing ditetapkan sebagai salah satu pemicu utama Flash Crash 2010.

Dalam skenario hipotetis, model pembelajaran mesin (ML) pembelajaran mendalam yang belajar dari perilaku model lain dan beradaptasi dengan keadaan dapat mulai berkolusi dengan model ML lain untuk memanfaatkan praktik tersebut. Dalam kasus seperti itu, entitas perdagangan yang menggunakan model pembelajaran mesin (ML) dapat terlibat dalam spoofing dan alih-alih mendapatkan keuntungan bagi dirinya sendiri, secara implisit dapat meneruskan keuntungan tersebut kepada model perusahaan lain atau bahkan entitas

perdagangan lain yang menggunakan model serupa, yang berpotensi mempersulit pengawas untuk mengidentifikasi dan membuktikan niat. Hal ini dapat dicapai karena model ML dapat mengoordinasikan perilaku paralel tanpa benar-benar terlibat dalam komunikasi eksplisit, dan model pembelajaran mandiri serta pembelajaran penguatan mempelajari dan secara dinamis menyesuaikan kembali perilaku mereka dengan tindakan pemain lain.



Gambar 2.5. Praktik spoofing

Serupa dengan pertimbangan yang dibahas dalam investasi, kemungkinan penggunaan model AI 'siap pakai' secara masif oleh pelaku pasar dapat berdampak potensial terhadap likuiditas dan stabilitas pasar, dengan mendorong herding dan pasar satu arah. Perilaku tersebut juga akan memperkuat risiko volatilitas, pro-siklus, dan perubahan tak terduga di pasar, baik dalam skala maupun arah. Perilaku herding dapat menyebabkan pasar tidak likuid karena tidak adanya 'peredam kejut' atau pembuat pasar yang tersedia dan mampu mengambil alih sisi berlawanan dari transaksi.

Penerapan AI dalam perdagangan juga dapat meningkatkan keterkaitan pasar dan lembaga keuangan dengan cara yang tak terduga, dan berpotensi meningkatkan korelasi dan dependensi variabel yang sebelumnya tidak terkait. Peningkatan skala penggunaan algoritma yang menghasilkan laba atau imbal hasil yang tidak berkorelasi dapat menghasilkan korelasi dalam variabel yang tidak terkait jika penggunaannya mencapai skala yang cukup penting. Hal ini juga dapat memperkuat efek jaringan, seperti perubahan tak terduga dalam skala dan arah pergerakan pasar. Untuk memitigasi risiko dari penerapan AI dalam perdagangan, pertahanan mungkin perlu diterapkan untuk perdagangan algoritmik berbasis AI. Pengamanan yang dibangun dalam sistem manajemen risiko pra-perdagangan bertujuan untuk mencegah dan menghentikan potensi penyalahgunaan sistem tersebut.



Menariknya, AI juga digunakan untuk membangun sistem risiko pra-perdagangan yang lebih baik, yang mencakup, antara lain, pengujian wajib untuk setiap rilis algoritma, dan yang akan berlaku sama untuk algoritma berbasis AI. Mekanisme kontrol otomatis yang langsung mematikan model merupakan garis pertahanan utama bagi praktisi pasar, ketika algoritma melampaui sistem risiko, dan terdiri dari 'mencabut steker' dan mengganti teknologi apa pun dengan penanganan manusia. Mekanisme semacam itu dapat dianggap suboptimal dari perspektif kebijakan, karena mekanisme tersebut mematikan operasi sistem ketika paling dibutuhkan di saat-saat sulit, dan menimbulkan kerentanan operasional.

Pertahanan mungkin juga perlu diterapkan di tingkat bursa tempat perdagangan berlangsung. Ini dapat mencakup pembatalan pesanan secara otomatis ketika sistem AI dimatikan karena suatu alasan dan metode yang memberikan ketahanan terhadap metode manipulasi canggih yang dimungkinkan oleh teknologi. Pemutus sirkuit, yang saat ini dipicu oleh penurunan besar antar perdagangan, mungkin dapat disesuaikan untuk juga mengidentifikasi dan dipicu oleh sejumlah besar perdagangan kecil yang dilakukan oleh sistem berbasis AI, dengan efek yang sama.

2.3. INTERMEDIASI KREDIT DAN PENILAIAN KELAYAKAN KREDIT

Model berbasis AI dan big data semakin banyak digunakan oleh bank dan pemberi pinjaman fintech untuk menilai kelayakan kredit calon peminjam dan membuat keputusan underwriting, keduanya merupakan fungsi inti dari keuangan. Dalam konteks penilaian kredit, model ML digunakan untuk memprediksi gagal bayar peminjam dengan akurasi perkiraan yang lebih unggul dibandingkan dengan model statistik standar (misalnya regresi logika) terutama ketika informasi yang tersedia terbatas. Selain itu, perantara keuangan menggunakan sistem berbasis AI untuk mendeteksi penipuan, serta untuk menganalisis tingkat keterkaitan antara peminjam, yang pada gilirannya memungkinkan mereka mengelola portofolio pinjaman mereka dengan lebih baik.

Kotak 2.3. AI untuk deteksi penipuan, penyaringan dan pemantauan transaksi

AI dan big data digunakan dalam deteksi penipuan oleh lembaga keuangan dan pemberi pinjaman FinTech, untuk pemeriksaan on boarding dan KYC klien, penyaringan anti pencucian uang dan pendanaan teroris pada platform bersama pada tahap on boarding dan uji tuntas nasabah berkelanjutan (AML/CFT), serta deteksi aktivitas mencurigakan selama pemantauan berkelanjutan.

Secara khusus, AI dapat membantu lembaga mengenali transaksi abnormal dan mengidentifikasi aktivitas mencurigakan dan berpotensi penipuan melalui penggunaan perangkat lunak pengenalan gambar, model risiko, dan teknik berbasis AI lainnya (misalnya, penyalahgunaan informasi pribadi nasabah, pemalsuan produk/layanan, dan penipuan lainnya). AI juga dapat mengurangi insiden positif palsu, dengan kata lain, penolakan

transaksi yang sebenarnya valid (misalnya, pembayaran kartu kredit ditolak secara keliru), sehingga menghasilkan kepuasan klien yang lebih tinggi.

Sebuah proyek Bukti Konsep untuk menilai kelayakan dan efektivitas penggunaan AI dalam AML/CFT pada platform bersama telah dilakukan di Jepang. Sistem berbasis AI untuk penyaringan dan pemantauan transaksi, yang menggunakan transaksi mencurigakan yang telah dilaporkan sebelumnya dari berbagai lembaga keuangan sebagai data ML sebagai fungsi objektif, berhasil membantu petugas kepatuhan dalam memilah hasil penyaringan transaksi terhadap daftar sanksi dan mengidentifikasi transaksi mencurigakan.

Pada saat yang sama, aplikasi AI lainnya dapat digunakan untuk menghindari kemampuan deteksi penipuan lembaga keuangan. Misalnya, gambar palsu berbasis AI dapat menjadi tidak dapat dibedakan dari gambar sebenarnya, sehingga menimbulkan tantangan penting bagi fungsi autentikasi dan verifikasi dalam layanan keuangan.

Ketersediaan data besar dan model analitik berbasis AI canggih yang menggunakan kumpulan data tersebut telah mengubah cara penilaian risiko kredit. Model penilaian kredit yang didukung AI menggabungkan penggunaan informasi kredit konvensional, jika tersedia, dengan data besar yang tidak secara intuitif terkait dengan kelayakan kredit (misalnya data media sosial, jejak digital, dan data transaksional yang dapat diakses melalui inisiatif Open Banking). Penggunaan model AI dalam penilaian kredit dapat mengurangi biaya underwriting, sekaligus memungkinkan analisis kelayakan kredit klien dengan riwayat kredit terbatas ('thin files').

Oleh karena itu, hal ini dapat memungkinkan pemberian kredit kepada perusahaan-perusahaan yang layak yang tidak dapat membuktikan kelayakannya melalui data kinerja historis atau aset agunan berwujud, yang berpotensi meningkatkan akses terhadap kredit dan mendukung pertumbuhan ekonomi riil dengan mengurangi kendala pembiayaan UKM. Analisis empiris terbaru bahkan dapat mengurangi kebutuhan agunan dengan mengurangi asimetri informasi yang berlaku di pasar kredit.

Tingkat persetujuan kredit untuk sebagian populasi yang secara historis tertinggal, seperti nasabah yang hampir prima atau sebagian populasi yang kurang memiliki akses perbankan, dapat dilayani dengan lebih baik melalui metode penilaian alternatif, yang berpotensi mendorong inklusi keuangan. Terlepas dari hal tersebut di atas, model penilaian kredit berbasis AI masih belum teruji dalam siklus kredit yang lebih panjang atau jika terjadi penurunan pasar, dan terdapat dukungan empiris yang terbatas mengenai manfaat teknik berbasis ML untuk inklusi keuangan. Misalnya, meskipun beberapa analisis menunjukkan bahwa penggunaan model ML untuk penilaian risiko kredit menghasilkan akses kredit yang lebih murah hanya untuk kelompok etnis mayoritas, analisis lain menemukan bahwa aturan keputusan pemberian pinjaman berdasarkan prediksi ML membantu mengurangi bias rasial di pasar pinjaman konsumen.

Penilaian Kredit Berbasis AI/ML dan Keadilan Pinjaman

Meskipun memiliki potensi besar untuk kecepatan, efisiensi, dan penilaian risiko bagi mereka yang 'tidak dinilai', model berbasis AI/ML menimbulkan risiko dampak yang berbeda dalam hasil kredit dan potensi pemberian pinjaman yang diskriminatif atau tidak adil. Serupa dengan aplikasi AI lainnya di bidang keuangan, model-model tersebut juga menimbulkan tantangan penting terkait kualitas data yang digunakan dan kurangnya transparansi/keterjelasan seputar model tersebut.

Model ML yang bermaksud baik dapat secara tidak sengaja menghasilkan kesimpulan yang bias, mendiskriminasi kelompok orang tertentu (misalnya berdasarkan ras, jenis kelamin, etnis, agama). Model AI/ML yang dirancang dan dikendalikan secara tidak memadai berisiko memperburuk atau memperkuat bias yang ada sekaligus mempersulit diskriminasi dalam alokasi kredit. Seperti halnya model apa pun yang digunakan dalam layanan keuangan, risiko 'sampah masuk, sampah keluar' ada dalam model berbasis AI/ML untuk penilaian risiko dan seterusnya. Data yang tidak memadai dapat mencakup data yang diberi label buruk atau tidak akurat, data yang mencerminkan prasangka manusia yang mendasarinya, atau data yang tidak lengkap. Model ML netral yang dilatih dengan data yang tidak memadai, berisiko menghasilkan hasil yang tidak akurat bahkan ketika diberi data 'baik'.

Sebagai alternatif, jaringan saraf yang dilatih pada data berkualitas tinggi, yang kemudian diberi data yang tidak memadai, akan menghasilkan keluaran yang dipertanyakan, meskipun algoritma yang mendasarinya terlatih dengan baik. Ini, dikombinasikan dengan kurangnya kemampuan menjelaskan dalam model ML, membuatnya lebih sulit untuk mendeteksi penggunaan data yang tidak tepat atau penggunaan data yang tidak sesuai dalam aplikasi berbasis AI. Dengan demikian, penggunaan data berkualitas buruk atau tidak memadai/tidak sesuai dapat mengakibatkan pengambilan keputusan yang salah atau bias. Penilaian yang bias atau diskriminatif mungkin tidak disengaja dari perspektif perusahaan yang menggunakan model tersebut; Bahasa Indonesia: sebaliknya, algoritma dapat menggabungkan titik data yang netral secara wajah dan memperlakukannya sebagai proksi untuk karakteristik yang tidak dapat diubah seperti ras atau gender, sehingga menghindari hukum antidiskriminasi yang ada.

Misalnya, sementara petugas kredit mungkin tekun untuk tidak memasukkan varian berbasis gender sebagai masukan ke model, model tersebut dapat menyimpulkan gender berdasarkan aktivitas transaksi, dan menggunakan pengetahuan tersebut dalam penilaian kelayakan kredit, menghindari hukum. Bias juga dapat melekat pada data yang digunakan sebagai variabel dan, mengingat bahwa model tersebut melatih dirinya sendiri pada data dari sumber eksternal yang mungkin telah memasukkan bias tertentu, melanggengkan bias historis.

Serupa dengan aplikasi AI lainnya di bidang keuangan, model berbasis ML menimbulkan masalah transparansi karena kurangnya kemampuan menjelaskan, yaitu kesulitan dalam memahami, mengikuti, atau mereplikasi proses pengambilan keputusan. Masalah terkait kemampuan menjelaskan khususnya relevan dalam keputusan pemberian pinjaman, karena pemberi pinjaman bertanggung jawab atas keputusan mereka dan harus



mampu menjelaskan dasar penolakan pemberian kredit. Hal ini juga berarti bahwa konsumen memiliki kemampuan terbatas untuk mengidentifikasi dan menggugat keputusan kredit yang tidak adil, dan sedikit peluang untuk memahami langkah-langkah yang harus mereka ambil untuk meningkatkan peringkat kredit mereka.

Peraturan di negara-negara maju memastikan bahwa poin data tertentu tidak diperhitungkan dalam analisis risiko kredit (misalnya peraturan AS seputar data ras atau data kode pos, peraturan Inggris seputar data kategori yang dilindungi). Peraturan yang mempromosikan prinsip-prinsip antidiskriminasi, seperti undang-undang pemberian pinjaman yang adil di AS, terdapat di banyak yurisdiksi, dan regulator secara global mempertimbangkan risiko potensi bias dan risiko diskriminasi yang dapat ditimbulkan oleh AI/ML dan algoritma.

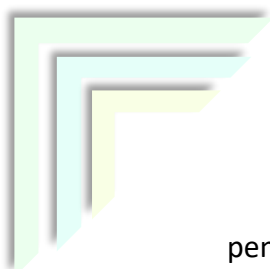
Di beberapa yurisdiksi, bukti perbandingan perlakuan yang berbeda, seperti batas kredit rata-rata yang lebih rendah untuk anggota kelompok yang dilindungi dibandingkan dengan anggota kelompok lain, dianggap sebagai diskriminasi terlepas dari ada atau tidaknya niat untuk melakukan diskriminasi. Mitigasi potensial terhadap risiko tersebut adalah keberadaan mekanisme audit yang memeriksa hasil model dengan data dasar; pengujian sistem penilaian tersebut untuk memastikan kewajaran dan akurasinya; dan kerangka kerja tata kelola untuk produk dan layanan berbasis AI serta penugasan akuntabilitas kepada parameter manusia dalam proyek, sebagai contoh.

BigTech dan layanan keuangan

Seiring BigTech semakin memanfaatkan akses gratis mereka ke data pelanggan dalam jumlah besar yang digunakan untuk model berbasis AI dalam menyediakan layanan keuangan, penerapan AI mereka menimbulkan masalah seputar privasi data dan kekhawatiran tentang bagaimana pengumpulan, penyimpanan, dan penggunaan data pribadi dapat dieksploitasi untuk keuntungan komersial. Praktik-praktik ini dapat merugikan pelanggan, misalnya melalui praktik diskriminatif terkait ketersediaan dan harga kredit.

Akses BigTech ke data pelanggan memberi mereka keunggulan kompetitif yang jelas dibandingkan penyedia layanan keuangan konvensional. Keunggulan ini kemungkinan akan semakin diperkuat dengan penggunaan AI mereka, yang menawarkan kemungkinan penyediaan layanan yang baru, lebih personal, dan lebih efisien oleh para pemain ini. Dominasi BigTech di area pasar tertentu dapat menyebabkan konsentrasi pasar yang berlebihan dan meningkatkan ketergantungan pasar pada beberapa pemain BigTech besar, dengan kemungkinan implikasi sistemik tergantung pada skala dan cakupannya. Hal ini, pada gilirannya, dapat menimbulkan kekhawatiran atas potensi risiko bagi konsumen keuangan, yang mungkin tidak menerima pilihan produk, harga, atau saran yang sama seperti yang diberikan melalui penyedia layanan keuangan tradisional. Hal ini juga dapat menyebabkan kesulitan bagi pengawas dalam mengakses dan mengaudit aktivitas keuangan yang disediakan oleh perusahaan tersebut.

Risiko terkait lainnya berkaitan dengan perilaku anti-persaingan dan konsentrasi pasar dalam aspek teknologi penyediaan layanan. Kemungkinan munculnya sejumlah kecil pemain kunci di pasar untuk solusi dan/atau layanan AI yang menggabungkan teknologi AI (misalnya



penyedia layanan komputasi awan yang juga menyediakan layanan AI), buktinya telah diamati di beberapa bagian dunia. Tantangan bagi lingkungan persaingan juga hadir mengingat posisi istimewa yang dimiliki para pemain BigTech terkait data pelanggan. Khususnya, perusahaan-perusahaan tersebut dapat memanfaatkan keunggulan data mereka untuk membangun posisi monopoli, baik dalam hal akuisisi klien (misalnya melalui diskriminasi harga yang efektif) maupun melalui penerapan hambatan masuk yang tinggi bagi pemain yang lebih kecil.

Pada akhir tahun 2020, Uni Eropa dan Inggris menerbitkan proposal regulasi, Undang-Undang Pasar Digital, yang berupaya membangun kerangka kerja *ex ante* untuk mengatur platform digital 'Gatekeeper' seperti BigTech, dengan tujuan memitigasi beberapa risiko di atas dan memastikan pasar digital yang adil dan terbuka.

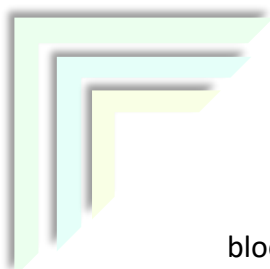
Beberapa kewajiban yang diusulkan mencakup persyaratan bagi Gatekeeper tersebut untuk menyediakan akses bagi pengguna bisnis ke data yang dihasilkan oleh aktivitas mereka dan menyediakan portabilitas data, sekaligus melarang mereka menggunakan data yang diperoleh dari pengguna bisnis untuk bersaing dengan pengguna bisnis tersebut (untuk mengatasi risiko peran ganda). Proposal tersebut juga menyediakan solusi yang menangani persyaratan referensi mandiri, paritas, dan pemeringkatan untuk memastikan tidak ada perlakuan yang menguntungkan terhadap layanan yang ditawarkan oleh Gatekeeper itu sendiri terhadap layanan pihak ketiga.

2.4. INTEGRASI AI DALAM PRODUK KEUANGAN BERBASIS BLOCKCHAIN

Penerapan teknologi buku besar terdistribusi (DLT), seperti blockchain, telah berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir di berbagai industri, terutama di bidang keuangan. Pertumbuhan pesat aplikasi berbasis blockchain didukung oleh manfaat kecepatan, efisiensi, dan transparansi yang ditawarkan oleh teknologi inovatif tersebut, didorong oleh otomatisasi dan disintermediasi.

Adopsi DLT yang meluas di bidang keuangan dapat didorong oleh upaya untuk meningkatkan efisiensi dari disintermediasi, termasuk di pasar sekuritas (penerbitan dan pasca-perdagangan/kliring dan penyelesaian); pembayaran (mata uang digital bank sentral dan stablecoin yang didukung fiat); dan tokenisasi aset secara lebih luas, dan dapat mendorong pembentukan kembali peran dan model bisnis operator keuangan (misalnya, kustodian). Konvergensi AI dan DLT dalam keuangan berbasis blockchain sedang dipromosikan oleh industri sebagai cara untuk menghasilkan hasil yang lebih baik dalam sistem tersebut, karena peningkatan otomatisasi dapat memperkuat efisiensi yang dijanjikan oleh sistem berbasis blockchain. Namun, tingkat implementasi AI yang sebenarnya dalam proyek berbasis blockchain tampaknya belum cukup besar pada tahap ini untuk membenarkan klaim konvergensi antara kedua teknologi tersebut.

Alih-alih konvergensi, yang sebenarnya diamati dalam praktik adalah implementasi aplikasi AI dalam sistem blockchain tertentu, untuk kasus penggunaan tertentu (misalnya untuk manajemen risiko, lihat di bawah), dan demikian pula, implementasi solusi DLT dalam mekanisme AI tertentu (misalnya untuk manajemen data). Yang terakhir melibatkan penggunaan DLT untuk memasukkan informasi ke model ML, memanfaatkan karakteristik



blockchain yang tidak dapat diubah dan tidak diintermediasi, sekaligus memungkinkan pembagian informasi rahasia secara zero-knowledge tanpa melanggar persyaratan kerahasiaan dan privasi.

Penggunaan DLT dalam mekanisme AI secara hipotetis diharapkan memungkinkan pengguna sistem tersebut untuk memonetisasi data yang mereka miliki dan yang sedang digunakan oleh model ML dan sistem berbasis AI lainnya (misalnya IoT). Implementasi kasus penggunaan AI tersebut didorong oleh potensi teknologi untuk lebih meningkatkan efisiensi otomatisasi dan disintermediasi dalam sistem dan jaringan berbasis DLT.

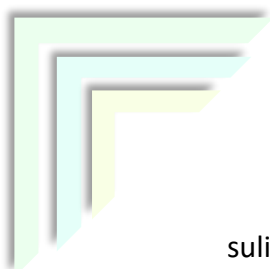
Kontribusi terbesar AI dalam keuangan berbasis DLT kemungkinan terletak pada peningkatan kapasitas otomatisasi kontrak pintar. Beberapa aplikasi AI dapat diidentifikasi dalam kasus penggunaan spesifik yang diterapkan dalam jaringan DLT, seperti kepatuhan dan manajemen risiko (misalnya anti-penipuan, pengenalan pembatasan otomatis ke jaringan); dan inferensi dan manajemen data (misalnya peningkatan fungsi Oracle). Sebagian besar aplikasi ini masih dalam tahap pengembangan.

Secara khusus, AI dapat digunakan dalam jaringan blockchain untuk mengurangi (tetapi tidak menghilangkan) kerentanan keamanan dan membantu melindungi jaringan dari kompromi, misalnya dalam aplikasi pembayaran. Memanfaatkan kekuatan AI dapat membantu pengguna jaringan blockchain untuk mengidentifikasi aktivitas tidak wajar yang dapat dikaitkan dengan pencurian atau penipuan, karena peristiwa semacam itu memang terjadi meskipun kunci privat dan publik diperlukan untuk membahayakan keamanan pengguna. Demikian pula, aplikasi AI dapat meningkatkan proses on-boarding di jaringan (misalnya, biometrik untuk identifikasi AI), serta pemeriksaan AML/CFT dalam penyediaan segala jenis layanan keuangan berbasis DLT.

Integrasi AI dalam sistem berbasis DLT juga dapat membantu proses kepatuhan dan manajemen risiko di jaringan tersebut. Misalnya, aplikasi AI dapat menyediakan hasil analisis alamat dompet yang dapat digunakan untuk tujuan kepatuhan regulasi atau untuk penilaian internal berbasis risiko terhadap pihak-pihak yang bertransaksi. Namun, ketika perantara keuangan dihilangkan dari transaksi keuangan, efektivitas pendekatan regulasi keuangan saat ini yang berfokus pada entitas yang diregulasi dapat terkikis. Integrasi solusi berbasis AI dalam sistem berbasis DLT di tingkat protokol dapat membantu otoritas mencapai tujuan regulasi mereka secara efisien.

Hal ini dapat dicapai antara lain melalui pembagian otomatis data entitas yang diatur dengan otoritas secara lancar dan waktu nyata (real-time), serta melalui pemrograman persyaratan regulasi dalam kode program, yang mendorong kepatuhan secara otomatis. Partisipasi regulator sebagai simpul dalam jaringan terdesentralisasi telah dibahas oleh pasar sebagai salah satu cara untuk mengatasi tantangan pengawasan platform semacam itu yang tidak memiliki otoritas pusat tunggal.

Dalam hal data, secara teori, AI dapat digunakan dalam sistem berbasis DLT untuk berpotensi meningkatkan kualitas input data ke dalam rantai, karena tanggung jawab kurasi data bergeser dari node pihak ketiga ke sistem bertenaga AI yang independen dan otomatis, meningkatkan ketahanan perekaman dan berbagi informasi karena sistem seperti itu lebih



sulit untuk dimanipulasi. Secara khusus, penggunaan AI dapat meningkatkan fungsi node off-chain pihak ketiga, seperti yang disebut 'Oracle', node yang memasukkan data eksternal ke dalam jaringan.

Penggunaan Oracle dalam jaringan DLT membawa risiko umpan data yang salah atau tidak memadai ke dalam jaringan oleh node off-chain pihak ketiga yang berkinerja buruk atau bahkan jahat. Secara teori, penggunaan AI dapat lebih meningkatkan disintermediasi dengan membawa inferensi AI langsung pada rantai, yang akan membuat penyedia informasi pihak ketiga ke rantai, seperti Oracle, menjadi berlebihan. Dalam praktiknya, AI dapat bertindak sebagai pengaman dengan menguji kebenaran dan kewajaran data yang disediakan oleh Oracle dan mencegah serangan siber atau manipulasi penyediaan data pihak ketiga tersebut ke dalam jaringan.

Penggunaan aplikasi AI tersebut secara teoritis dapat meningkatkan kepercayaan peserta terhadap jaringan karena peserta dapat menguji informasi yang disediakan oleh Oracle dan memeriksa adanya kompromi dalam sistem. Namun, pada kenyataannya, pengenalan AI tidak serta merta menyelesaikan teka-teki 'sampah masuk, sampah keluar' karena masalah kualitas buruk atau input data yang tidak memadai merupakan tantangan yang juga diamati dalam mekanisme dan aplikasi berbasis AI.

AI Meningkatkan Kemampuan Kontrak Pintar

Dampak paling signifikan dari integrasi teknik AI dalam sistem berbasis blockchain mungkin berasal dari penerapannya dalam kontrak pintar, dengan dampak praktis pada tata kelola dan manajemen risiko kontrak tersebut dan dengan berbagai efek hipotetis (namun belum teruji) pada peran dan proses jaringan berbasis DLT. Secara teori, penggunaan AI dapat memungkinkan rantai DLT yang teregulasi mandiri dan beroperasi secara otonom sepenuhnya. Kontrak pintar telah ada jauh sebelum munculnya aplikasi AI dan bergantung pada kode perangkat lunak sederhana. Bahkan saat ini, sebagian besar kontrak pintar yang digunakan secara material tidak memiliki hubungan dengan teknik AI.

Oleh karena itu, banyak manfaat yang disarankan dari penggunaan AI dalam sistem DLT masih bersifat teoritis, dan klaim industri seputar konvergensi fungsionalitas AI dan DLT dalam produk yang dipasarkan harus ditanggapi dengan hati-hati. Meskipun demikian, kasus penggunaan AI sangat membantu dalam meningkatkan kapabilitas kontrak pintar, terutama dalam hal manajemen risiko dan identifikasi kelemahan dalam kode kontrak pintar. Teknik AI seperti NLP dapat digunakan untuk menganalisis pola eksekusi kontrak pintar dan mendeteksi aktivitas penipuan serta meningkatkan keamanan sistem. Lebih penting lagi, AI dapat melakukan pengujian kode dengan cara yang tidak dapat dilakukan oleh peninjau kode manusia, baik dalam hal kecepatan maupun tingkat detail/analisis skenario. Mengingat bahwa kode tersebut merupakan dasar yang mendasari otomatisasi kontrak pintar, pengkodean yang sempurna merupakan inti dari ketahanan kontrak tersebut.

Kotak 2.4. Kontrak pintar dalam sistem berbasis DLT

Kontrak pintar adalah aplikasi terdistribusi yang dibuat dan dijalankan melalui blockchain, yang terdiri dari kontrak yang dieksekusi sendiri yang ditulis sebagai kode pada buku besar Blockchain, dan dieksekusi secara otomatis setelah mencapai peristiwa pemicu yang telah ditentukan sebelumnya yang tertulis dalam kode.

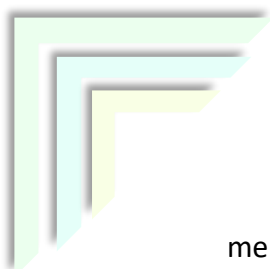
Kontrak pintar pada dasarnya adalah program yang berjalan di blockchain Ethereum. Pengodean program ini menentukan bagaimana dan kapan program tersebut akan beroperasi. Program ini menentukan aturan, seperti kontrak biasa, dan secara otomatis menegakkannya melalui kode setelah kondisi yang ditentukan dalam kode dipicu.

Kontrak pintar tidak dikendalikan oleh pengguna tetapi disebarkan ke jaringan dan berjalan sesuai program. Akun pengguna kemudian dapat berinteraksi dengan kontrak pintar dengan mengirimkan transaksi yang mengeksekusi fungsi yang ditentukan dalam kontrak pintar.

Kontrak pintar memfasilitasi disintermediasi yang dapat dimanfaatkan oleh jaringan berbasis DLT, dan merupakan salah satu sumber efisiensi utama yang dijanjikan oleh jaringan tersebut. Kontrak pintar memungkinkan otomatisasi penuh atas tindakan seperti pembayaran atau transfer aset setelah memicu kondisi tertentu, yang telah ditentukan sebelumnya dan terdaftar dalam kode, tanpa campur tangan manusia. Status hukum kontrak pintar masih harus ditentukan, karena kontrak-kontrak ini masih belum dianggap sah di sebagian besar yurisdiksi. Hingga dijelaskan apakah hukum kontrak berlaku untuk kontrak pintar, masalah keberlakuan dan perlindungan finansial akan tetap ada. Auditabilitas kode kontrak pintar tersebut juga membutuhkan sumber daya tambahan dari para pelaku pasar yang ingin memastikan dasar pelaksanaan kontrak pintar tersebut.

Secara teori, penerapan AI dalam kontrak pintar dapat lebih meningkatkan kapasitas otomatisasi kontrak pintar, dengan meningkatkan otonominya dan memungkinkan kode yang mendasarinya disesuaikan secara dinamis sesuai dengan kondisi pasar/lingkungan. Penggunaan NLP, bagian dari AI, dapat meningkatkan jangkauan analitis kontrak pintar yang terhubung dengan kontrak tradisional, undang-undang, dan putusan pengadilan, bahkan lebih jauh lagi dalam menganalisis maksud para pihak yang terlibat. Namun, perlu dicatat bahwa penerapan AI untuk kontrak pintar tersebut masih murni teoretis pada tahap ini dan masih harus diuji dalam contoh kehidupan nyata.

Tantangan seputar risiko operasional serta kompatibilitas dan interoperabilitas infrastruktur konvensional dengan infrastruktur berbasis DLT dan teknologi AI masih perlu dikaji. Teknik AI seperti pembelajaran mendalam membutuhkan sumber daya komputasi yang signifikan, yang dapat menjadi kendala untuk berkinerja baik di Blockchain. Telah dikemukakan bahwa pada tahap pengembangan infrastruktur ini, menyimpan data di luar rantai akan



menjadi pilihan yang lebih baik bagi mesin rekomendasi waktu nyata (real-time) untuk mencegah latensi dan mengurangi biaya. Risiko operasional yang terkait dengan DLT masih harus diatasi seiring dengan semakin matangnya teknologi dan aplikasi yang difasilitasi oleh teknologi tersebut.

Tata Kelola DLT dan Kontrak Pintar dalam DeFi

Secara teori, kontrak pintar bertenaga AI dapat menjadi dasar untuk pembentukan rantai yang diatur sendiri. Para peneliti menyarankan bahwa, di masa depan, AI juga dapat diintegrasikan untuk peramalan dan otomatisasi dalam kontrak pintar 'belajar sendiri', serupa dengan model yang menerapkan teknik AI pembelajaran penguatan. Dengan kata lain, AI dapat digunakan untuk mengekstrak dan memproses informasi dari sistem waktu nyata dan memasukkan informasi tersebut ke dalam kontrak pintar. Artinya, kode kontrak pintar akan disesuaikan secara otomatis, dan tata kelola rantai tidak memerlukan campur tangan manusia, sehingga menghasilkan rantai terdesentralisasi yang sepenuhnya otonom, teregulasi mandiri.

Organisasi otonom terdesentralisasi (DAO) adalah organisasi yang hadir sebagai kode otonom dalam rantai, sudah ada, tetapi dapat difasilitasi lebih lanjut oleh teknik berbasis AI. Misalnya, AI dapat menyediakan umpan data waktu nyata sebagai masukan ke kode, yang selanjutnya akan menghitung tindakan yang diinginkan. Kontrak pintar pembelajaran mandiri bertenaga AI akan memainkan peran kunci dalam menambahkan fitur baru ke dalam logika rantai, belajar dari pengalaman rantai, dan menyesuaikan atau memperkenalkan aturan baru, yang pada dasarnya mendefinisikan tata kelola rantai secara keseluruhan. Proyek DeFi saat ini biasanya dikelola oleh DAO, yang tata kelolanya memiliki berbagai aspek terpusat seperti pemungutan suara on-chain oleh pemegang token tata kelola dan konsensus off-chain, dan intervensi manusia semacam itu dapat menjadi titik kendali bagi regulator.

Namun, integrasi AI ke dalam DAO dapat memfasilitasi desentralisasi lebih lanjut dan mengurangi keberlakuan pendekatan regulasi konvensional. Penggunaan AI untuk membangun rantai yang sepenuhnya otonom menimbulkan tantangan dan risiko penting bagi penggunaannya dan ekosistem yang lebih luas. Dalam lingkungan seperti itu, kontrak pintar AI, alih-alih manusia, akan mengeksekusi keputusan dan mengoperasikan sistem tanpa campur tangan manusia dalam pengambilan keputusan atau pengoperasian sistem, dengan pertimbangan etika penting yang timbul darinya. Selain itu, pengenalan mekanisme otomatis yang mematikan model secara instan (disebut 'kill switch') sangat sulit dalam jaringan seperti itu, terutama karena sifat jaringan yang terdesentralisasi. Ini adalah salah satu masalah utama yang juga dihadapi dalam ruang DeFi.

Integrasi AI dalam blockchain dapat mendukung aplikasi terdesentralisasi di DeFi melalui kasus penggunaan yang meningkatkan otomatisasi dan efisiensi dalam penyediaan layanan keuangan tertentu. Sebagai indikasi, pengenalan model AI dapat mendukung penyediaan rekomendasi yang dipersonalisasi/disesuaikan di seluruh produk dan layanan; penilaian kredit berdasarkan data daring pengguna; layanan konsultasi investasi dan perdagangan berdasarkan data keuangan; serta aplikasi pembelajaran penguatan lainnya pada proses berbasis blockchain. Seperti pada aplikasi keuangan berbasis blockchain lainnya, penerapan AI di DeFi dapat meningkatkan kemampuan kasus penggunaan DLT dengan

menyediakan fungsionalitas tambahan, namun, hal itu mungkin tidak secara radikal memengaruhi model bisnis apa pun yang terlibat dalam aplikasi DeFi.

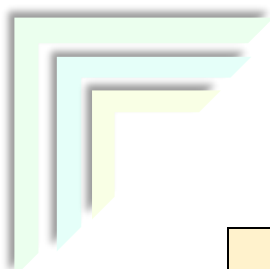
Kotak 2.5. AI untuk investasi ESG

Peringkat ESG sangat bervariasi di antara penyedia pemeringkatan ESG, karena perbedaan kerangka kerja, ukuran, indikator dan metrik utama, penggunaan data, penilaian kualitatif, dan pembobotan subkategori. Meskipun terdapat banyak pemeringkatan ESG, pelaku pasar seringkali kekurangan perangkat yang diperlukan (misalnya data yang konsisten, metrik yang sebanding, dan metodologi yang transparan) untuk menginformasikan pengambilan keputusan mereka dengan cara yang tepat. Peran data bahkan lebih relevan mengingat analisis elemen non-finansial dari tindakan perusahaan dan yang berkaitan dengan isu-isu keberlanjutan, tetapi kualitas data ESG tetap memprihatinkan karena adanya kesenjangan dalam ketersediaan data, potensi ketidakakuratan, dan kurangnya komparabilitas antar penyedia.

AI dan big data dapat digunakan untuk investasi ESG untuk (i) menilai data perusahaan (data penerbit); (ii) menilai data non-perusahaan; dan (iii) menilai konsistensi dan komparabilitas peringkat untuk memahami pendorong skor. Manfaat AI yang diklaim adalah memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih baik dengan membatasi subjektivitas dan bias kognitif yang mungkin berasal dari analisis tradisional, mengurangi kebisingan dalam data ESG dan memanfaatkan data yang tidak terstruktur. Secara khusus, NPL dapat digunakan untuk menganalisis sejumlah besar dataset tidak terstruktur (geolokalisasi, media sosial) untuk melakukan analisis sentimen, mengidentifikasi pola dan hubungan dalam data ini. Hasil analisis tersebut dapat digunakan untuk menetapkan nilai kuantitatif pada data kualitatif untuk parameter keberlanjutan, berdasarkan teknik AI.

Penyedia pemeringkatan ESG alternatif telah bermunculan, menawarkan pemeringkatan berbasis AI dengan tujuan memberikan perspektif yang lebih objektif dan eksternal terhadap kinerja keberlanjutan perusahaan. Penggunaan AI untuk pemeringkatan ESG dapat membantu mengatasi risiko greenwashing oleh perusahaan yang mengikuti strategi bisnis seperti biasa dengan kedok keberlanjutan, dengan mengungkapkan informasi yang kurang tersedia tentang praktik dan tindakan perusahaan terkait keberlanjutan.

Bukti empiris pemeringkatan ESG alternatif berbasis AI menunjukkan adanya keunggulan penting dibandingkan pendekatan tradisional, termasuk tingkat standarisasi yang lebih tinggi, proses agregasi yang lebih demokratis, dan penggunaan analitik real-time yang ketat. Meskipun demikian, metode tersebut kemungkinan besar tidak akan menggantikan model tradisional di masa mendatang. Sebaliknya, metode tersebut dapat melengkapi pendekatan tradisional dalam pemeringkatan ESG, sekaligus menginformasikan investor mengenai aspek-aspek terkait informasi yang tidak diungkapkan dari entitas yang diperingkat.



Namun, perlu dicatat bahwa penggunaan AI juga dapat digunakan oleh perusahaan yang diperingkat itu sendiri untuk semakin mengaburkan citra tindakan keberlanjutan mereka. Teknik AI dapat memungkinkan entitas tersebut untuk lebih memahami dan mengidentifikasi secara kuantitatif area yang perlu diprioritaskan secara strategis dalam hal pengungkapan informasi guna meningkatkan peringkat ESG mereka, dan menekannya untuk memanipulasi peringkat ESG mereka.

BAB 3

RISIKO DAN MITIGASI DALAM PENGGUNAAN AI/ML/BIG DATA

Seiring dengan terus berkembangnya penggunaan teknologi AI/ML dalam skala dan spektrum aplikasi di pasar keuangan, sejumlah tantangan dan risiko yang terkait dengan praktik tersebut sedang diidentifikasi dan mungkin perlu dipertimbangkan lebih lanjut oleh para pelaku industri, pengguna, dan pembuat kebijakan. Tantangan tersebut terlihat di berbagai tingkatan: tingkat data, tingkat model dan perusahaan, serta tingkat sosial dan sistemik.

Bagian ini mengkaji beberapa tantangan yang muncul dalam penggunaan teknik berbasis AI di bidang keuangan, yang perlu dipertimbangkan lebih lanjut seiring dengan terus berkembangnya penerapan AI di bidang keuangan, sekaligus membahas potensi mitigasi terhadap risiko tersebut. Tantangan yang dibahas berkaitan dengan manajemen dan konsentrasi data; risiko bias dan diskriminasi; keterjelasan; ketahanan dan ketangguhan model AI; tata kelola dan akuntabilitas dalam sistem AI; pertimbangan regulasi; risiko dan keterampilan ketenagakerjaan.

3.1. MANAJEMEN DATA

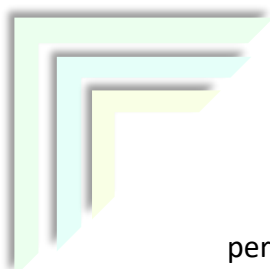
Data merupakan inti dari setiap aplikasi AI, dan penerapan AI, model ML, dan big data menawarkan peluang untuk peningkatan efisiensi, pengurangan biaya, dan kepuasan pelanggan yang lebih besar melalui penyediaan layanan/produk berkualitas tinggi.

Bagian ini mengkaji bagaimana penggunaan big data dalam aplikasi bertenaga AI dapat menimbulkan sumber risiko non-finansial yang penting bagi produk/layanan keuangan tersebut, didorong oleh tantangan dan risiko terkait kualitas data yang digunakan; privasi dan kerahasiaan data; keamanan siber; dan pertimbangan kewajaran. Bagian ini membahas risiko bias dan diskriminasi yang tidak diinginkan terhadap sebagian populasi ketika data disalahgunakan atau data yang tidak tepat digunakan oleh model (misalnya dalam underwriting kredit).

Bagian ini mengkaji pentingnya data dalam hal pelatihan, pengujian, dan validasi model ML, tetapi juga dalam menentukan kapasitas model tersebut untuk mempertahankan daya prediktifnya dalam situasi tail event. Selain pertimbangan perlindungan konsumen finansial, terdapat potensi masalah persaingan yang timbul dari penggunaan big data dan model ML, terkait dengan potensi konsentrasi tinggi di antara penyedia pasar. Perlu dicatat bahwa tantangan penggunaan dan pengelolaan data yang diidentifikasi dan dibahas di bawah ini tidak spesifik untuk big data/data alternatif, tetapi berlaku untuk data secara lebih luas.

Keterwakilan dan relevansi data

Salah satu dari empat 'V' big data, yang didefinisikan oleh industri, adalah veracity, yaitu ketidakpastian tingkat kebenaran big data. Ketidakpastian tersebut dapat berasal dari keandalan sumber yang diragukan, kualitas yang tidak memadai, atau sifat data yang digunakan yang tidak memadai. Dengan big data, veracity pengamatan dapat dipengaruhi oleh



perilaku tertentu (misalnya, jejaring sosial), sistem pengumpulan data yang bias atau tidak akurat (misalnya, sensor, IoT), dan mungkin terbukti tidak cukup untuk mencegah atau memitigasi dinamika dampak yang berbeda.

Keterwakilan dan relevansi data memberikan atribut yang lebih tepat untuk data yang terkait dengan aplikasi AI, dibandingkan dengan veracity data. Yang pertama berkaitan dengan apakah data yang digunakan memberikan representasi yang lengkap dari populasi yang diteliti, dengan representasi yang seimbang dari semua subpopulasi yang relevan. Di pasar keuangan, hal ini dapat mencegah kelebihan/kekurangan representasi kelompok operator, dan meningkatkan pelatihan model yang lebih akurat.

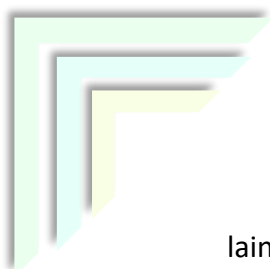
Dalam penilaian kredit, hal ini dapat berkontribusi untuk mendorong inklusi keuangan bagi kelompok minoritas. Relevansi data melibatkan kontribusi data yang digunakan untuk menggambarkan fenomena yang sedang dihadapi tanpa menyertakan informasi eksogen (menyesatkan). Misalnya, dalam penilaian kredit, relevansi informasi tentang perilaku dan/atau reputasi perorangan (untuk badan hukum) harus dinilai secara cermat sebelum dimasukkan dan digunakan oleh model. Penilaian kumpulan data yang digunakan berdasarkan kasus per kasus untuk meningkatkan akurasi dan kesesuaian data yang digunakan mungkin rumit mengingat besarnya volume data yang terlibat, sementara hal itu dapat mengurangi efisiensi yang dihasilkan oleh penerapan AI.

Privasi dan Kerahasiaan Data

Volume, keberadaannya di mana-mana, dan sifat aliran data yang berkelanjutan yang digunakan dalam sistem AI dapat menimbulkan berbagai kekhawatiran tentang perlindungan data dan privasi. Selain kekhawatiran standar seputar pengumpulan dan penggunaan data pribadi, potensi ketidaksesuaian muncul di bidang AI, termasuk melalui kemampuan AI untuk membuat inferensi dalam kumpulan data besar; kelayakan penerapan praktik 'notifikasi dan persetujuan' yang memungkinkan perlindungan privasi dalam model ML yang dipertanyakan; serta pertanyaan seputar konektivitas data dan aliran data lintas batas. Hal terakhir ini melibatkan pentingnya konektivitas data dalam layanan keuangan dan pentingnya kemampuan untuk mengagregasi, menyimpan, memproses, dan mengirimkan data lintas batas untuk pengembangan sektor keuangan, dengan perlindungan dan aturan tata kelola data yang sesuai.

Penggabungan beberapa kumpulan data dapat menghadirkan peluang baru bagi pengguna big data baru untuk mengagregasi data, sekaligus menimbulkan tantangan analitis. Basis data yang dikumpulkan dalam kondisi heterogen (misalnya, populasi, rezim, atau metode pengambilan sampel yang berbeda) memberikan peluang baru untuk analisis yang tidak dapat dicapai melalui sumber data individual. Pada saat yang sama, kombinasi lingkungan heterogen yang mendasarinya memunculkan potensi tantangan dan jebakan analitis, termasuk faktor perancu, pemilihan sampel, dan bias lintas populasi.

Risiko keamanan siber, risiko peretasan, dan risiko operasional lainnya yang disaksikan di seluruh lini produk/layanan keuangan digital memiliki implikasi langsung terhadap privasi dan kerahasiaan data. Meskipun penerapan AI tidak membuka kemungkinan terjadinya pelanggaran siber baru, hal itu dapat memperburuk pelanggaran siber yang sudah ada, antara



lain dengan menghubungkan data palsu dan pelanggaran siber, menciptakan serangan baru yang dapat mengubah fungsi algoritma melalui pengenalan data palsu ke dalam model atau perubahan data yang sudah ada.

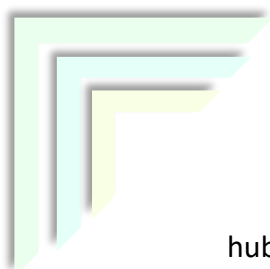
Data keuangan dan non-keuangan konsumen semakin banyak dibagikan dan digunakan, terkadang tanpa pemahaman dan persetujuan mereka. Meskipun persetujuan berdasarkan informasi merupakan dasar hukum untuk setiap penggunaan data, konsumen belum tentu dididik tentang bagaimana data mereka ditangani dan di mana data tersebut digunakan, dan persetujuan tersebut mungkin tidak diinformasikan dengan baik. Peningkatan pelacakan aktivitas daring dengan mode pelacakan canggih meningkatkan risiko tersebut, begitu pula dengan pembagian data oleh penyedia pihak ketiga. Data yang diamati yang tidak diberikan oleh pelanggan, seperti data geolokasi atau data transaksi kartu kredit, merupakan contoh utama kumpulan data yang berisiko melanggar kebijakan privasi dan undang-undang perlindungan data.

Pendekatan baru disarankan oleh industri untuk mengamankan komputasi non-pengungkapan, yang melindungi privasi konsumen, termasuk melalui pembuatan dan penggunaan kumpulan data sintetis yang dibuat khusus, yang disusun untuk tujuan pemodelan ML, atau penggunaan Teknologi Peningkatan Privasi (PET). PET mencoba mempertahankan keseluruhan properti dan karakteristik data asli tanpa mengungkapkan informasi tentang sampel data individual yang sebenarnya. PET mencakup privasi diferensial, analisis terfederasi, enkripsi homomorfik, dan komputasi multi-pihak yang aman.

Khususnya, privasi diferensial memberikan jaminan matematis pada tingkat privasi yang diinginkan dan memungkinkan akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan kumpulan data sintetis. Keuntungan yang diklaim dari teknik tersebut adalah model yang dilatih pada data sintetis, bukan data nyata, tidak menunjukkan penurunan kinerja yang signifikan. Dalam hal memastikan penanganan data privasi dalam model, pendekatan anonimisasi data tidak memberikan jaminan privasi yang ketat, terutama mengingat inferensi yang dibuat oleh model berbasis AI.

Penggunaan big data oleh model bertenaga AI dapat memperluas cakupan data yang dianggap sensitif, karena model tersebut dapat menjadi sangat mahir dalam mengidentifikasi pengguna secara individual. Teknologi pengenalan wajah dan data inferensi lainnya seperti profil pelanggan dapat digunakan oleh model untuk mengidentifikasi pengguna atau menyimpulkan karakteristik lain, seperti jenis kelamin, ketika digabungkan dengan informasi lain. Model AI dapat mencapai identifikasi ulang basis data anonim dengan melakukan referensi silang terhadap basis data yang tersedia untuk umum dan mempersempit kecocokan untuk akhirnya menghubungkan informasi sensitif dengan individu. Terlebih lagi, dimensionalitas yang lebih tinggi dalam set data ML, yaitu kemungkinan untuk memperhitungkan variabel dalam jumlah tak terbatas dibandingkan dengan teknik statistik konvensional, meningkatkan kemungkinan informasi sensitif dimasukkan dalam analisis.

Regulator telah memperbarui fokus mereka pada privasi dan perlindungan data yang didorong oleh meningkatnya digitalisasi ekonomi (misalnya GDPR Uni Eropa) dan bertujuan untuk memperkuat perlindungan konsumen di seluruh pasar, menyeimbangkan kembali



hubungan kekuasaan antara perusahaan dan individu, mengalihkan kekuasaan kembali ke konsumen, dan pada akhirnya meningkatkan transparansi dan kepercayaan dalam cara perusahaan menggunakan data konsumen. 'Perlindungan Data Konsumen dan Privasi' adalah salah satu Prinsip dari Prinsip Tingkat Tinggi G20/OECD tentang Perlindungan Konsumen Keuangan.

Perlindungan data pribadi individu dalam penggunaan AI di bidang keuangan juga merupakan inti dari prinsip-prinsip Otoritas Moneter Singapura untuk mendorong keadilan, etika, akuntabilitas, dan transparansi. Dari sudut pandang industri, salah satu hambatan dalam tata kelola data yang lebih baik bagi perusahaan sektor keuangan berkaitan dengan fragmentasi yang dirasakan dalam tanggung jawab regulasi dan pengawasan terkait data, dan kepada lembaga mana yang akan bertanggung jawab untuk menerapkan praktik terbaik tata kelola data di berbagai bidang seperti kualitas data, definisi, standardisasi, arsitektur, deduplikasi, dan lainnya. Fragmentasi tersebut semakin parah jika terjadi aktivitas lintas batas.

Ekonomi penggunaan data sedang didefinisikan ulang seiring dengan pesatnya penerapan model pembelajaran mesin (ML) di bidang keuangan. Sejumlah kecil pemain dataset alternatif telah muncul, memanfaatkan lonjakan permintaan dataset yang menginformasikan teknik AI, dengan visibilitas dan pengawasan terbatas atas aktivitas mereka pada tahap ini. Pembelian dan penggunaan dataset oleh penyedia basis data niche kecil tersebut kemungkinan meningkatkan risiko terkait pembelian dan penggunaan yang sah oleh penyedia layanan keuangan. Meningkatnya biaya kepatuhan terhadap regulasi yang bertujuan melindungi konsumen dapat semakin mendefinisikan ulang ekonomi penggunaan big data bagi penyedia pasar keuangan dan, akibatnya, pendekatan mereka dalam penggunaan AI dan big data.

3.2. KONSENTRASI DAN PERSAINGAN DATA DALAM KEUANGAN BERBASIS AI

Kekuatan dan sifat keunggulan kompetitif yang diciptakan oleh kemajuan AI berpotensi merugikan operasional pasar yang efisien dan kompetitif jika kemampuan konsumen untuk membuat keputusan yang terinformasi dibatasi oleh konsentrasi yang tinggi di antara penyedia pasar. Sejauh penerapan AI dan model kepemilikan memberikan keunggulan kinerja terhadap persaingan, hal ini pada gilirannya dapat mengakibatkan terbatasnya partisipasi penyedia layanan keuangan yang lebih kecil yang mungkin tidak memiliki sumber daya keuangan dan modal manusia yang diperlukan untuk mengadopsi teknik AI/ML internal atau menggunakan sumber informasi big data. Akses data yang tidak merata dan potensi dominasi dalam sumber big data oleh beberapa perusahaan BigTech, khususnya, dapat mengurangi kapasitas pemain yang lebih kecil untuk bersaing di pasar produk/layanan berbasis AI.

Potensi efek jaringan semakin memperkuat risiko konsentrasi dan ketergantungan pada beberapa pemain besar, yang pada gilirannya dapat mengakibatkan munculnya pemain baru yang penting secara sistemik. BigTech adalah contoh utama dari potensi risiko tersebut, dan fakta bahwa mereka berada di luar perimeter regulasi menambah tantangan yang ada. Hal ini terutama didorong oleh akses dan penggunaan data oleh BigTech dan diperkuat melalui penggunaan teknik AI untuk memonetisasi data tersebut. Semakin banyaknya penyedia data



alternatif yang membentuk ekonomi penyediaan basis data, dengan beberapa risiko konsentrasi yang berkembang di pasar tersebut.

Dalam hal hambatan masuk yang didorong oleh data di pasar AI, perusahaan yang lebih kecil mungkin menghadapi beban yang tidak proporsional dalam penerapan teknologi tersebut, mengingat persyaratan untuk aset pelengkap yang mahal seperti penambahan data canggih dan perangkat lunak ML, serta infrastruktur fisik seperti pusat data, yang investasinya bergantung pada skala ekonomi. Kemampuan algoritma untuk menemukan hubungan dan pola perilaku baru juga membutuhkan akses ke berbagai data yang dikumpulkan dari berbagai sumber, yang menghasilkan skala ekonomi.

Dengan demikian, perusahaan kecil yang tidak memiliki aset pelengkap yang diperlukan atau yang tidak hadir secara bersamaan di beberapa pasar mungkin menghadapi hambatan masuk, yang mencegah mereka mengembangkan algoritma yang dapat secara efektif memberikan tekanan kompetitif.

Persaingan yang sehat di pasar produk/layanan keuangan berbasis AI sangat penting bagi penyedia untuk dapat sepenuhnya memanfaatkan manfaat teknologi tersebut, terutama dalam hal perdagangan dan investasi. Penggunaan model vendor pihak ketiga/alih daya dapat 'mengambil alih' manfaat alat tersebut bagi perusahaan yang mengadopsinya dan dapat mengakibatkan pasar satu arah dan perilaku herding oleh konsumen keuangan atau konvergensi strategi perdagangan/investasi oleh praktisi keuangan.

Risiko kolusi diam-diam

Penerapan model berbasis AI yang meluas juga dapat menimbulkan masalah persaingan dengan mempermudah kolusi diam-diam tanpa perjanjian formal atau interaksi manusia. Dalam konteks kolusi diam-diam, hasil non-kompetitif dicapai dengan setiap peserta memutuskan strategi memaksimalkan keuntungannya sendiri secara independen dari pesaingnya. Dengan kata lain, penggunaan algoritma memudahkan peserta pasar untuk mempertahankan keuntungan di atas tingkat kompetitif tanpa harus membuat perjanjian, yang secara efektif menggantikan kolusi eksplisit dengan koordinasi diam-diam.

Meskipun kolusi diam-diam biasanya terjadi di pasar transparan dengan sedikit peserta pasar, terdapat bukti bahwa kolusi mungkin menjadi lebih mudah dipertahankan dan lebih mungkin diamati ketika algoritma terlibat dalam pasar digital yang ditandai dengan transparansi tinggi dan interaksi yang sering.

Kapasitas adaptif dinamis dari model AI pembelajaran mandiri dan pembelajaran mendalam oleh karena itu dapat meningkatkan risiko bahwa model tersebut mengenali saling ketergantungan dan beradaptasi dengan perilaku dan tindakan peserta pasar lain atau model AI lainnya, yang mungkin mencapai hasil kolusi tanpa intervensi manusia dan mungkin tanpa menyadarinya. Meskipun kolusi semacam itu belum tentu melanggar hukum dari sudut pandang hukum persaingan, timbul pertanyaan tentang apakah dan bagaimana tindakan penegakan hukum dapat diterapkan terhadap model dan penggunaannya jika memang demikian.

3.3. RISIKO BIAS DAN DISKRIMINASI

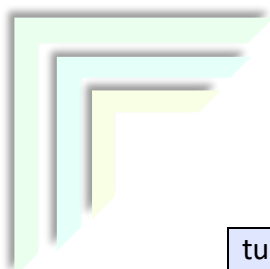
Tergantung pada bagaimana metode AI digunakan, metode AI berpotensi membantu menghindari diskriminasi berdasarkan interaksi manusia, atau memperparah bias, perlakuan tidak adil, dan diskriminasi dalam layanan keuangan. Dengan mendelegasikan bagian pengambilan keputusan yang digerakkan oleh manusia kepada algoritma, pengguna model bertenaga AI menghindari bias yang melekat pada penilaian manusia. Di saat yang sama, penggunaan aplikasi AI dapat berisiko menimbulkan bias atau diskriminasi melalui potensi untuk memperparah bias yang sudah ada dalam data; dengan melatih model dengan data bias tersebut; atau melalui identifikasi korelasi palsu.

Penggunaan data yang cacat atau tidak memadai dapat mengakibatkan pengambilan keputusan yang salah atau bias dalam sistem AI. Data berkualitas buruk dapat mengakibatkan pengambilan keputusan yang bias atau diskriminatif melalui dua cara. Model pembelajaran mesin (ML) yang dilatih dengan data yang tidak memadai berisiko menghasilkan hasil yang tidak akurat meskipun diisi dengan data berkualitas baik. Demikian pula, model ML yang dilatih dengan data berkualitas tinggi tentu akan menghasilkan keluaran yang dipertanyakan jika kemudian diberi data yang tidak sesuai, meskipun algoritma dasarnya telah terlatih dengan baik. Model ML yang bermaksud baik dapat secara tidak sengaja menghasilkan kesimpulan yang bias, yang mendiskriminasi kelompok orang yang dilindungi. Penggunaan data yang salah, tidak akurat (misalnya, berlabel buruk, tidak lengkap), atau bahkan palsu dalam model ML membawa risiko 'masuk sampah, keluar sampah', dan kualitas data sangat menentukan kualitas keluaran model.

Bias juga dapat melekat pada data yang digunakan sebagai variabel dan, mengingat model tersebut melatih dirinya sendiri pada data dari sumber eksternal yang mungkin telah memasukkan bias tertentu, melanggengkan bias historis. Selain itu, keputusan yang bias atau diskriminatif yang dibuat oleh model ML belum tentu disengaja dan bahkan dapat terjadi dengan data berkualitas tinggi dan berlabel baik, melalui inferensi dan proksi, atau mengingat fakta bahwa korelasi antara variabel sensitif dan 'non-sensitif' mungkin sulit dideteksi dalam basis data yang sangat besar. Karena big data melibatkan sejumlah besar data yang mencerminkan masyarakat, model yang digerakkan oleh AI justru dapat melanggengkan bias yang sudah ada di masyarakat dan tercermin dalam basis data tersebut.

Kotak 3.1. Pelabelan dan Penataan Data yang Digunakan dalam Model Pembelajaran Mesin (ML)

Pelabelan dan penataan data merupakan tugas penting, meskipun membosankan, yang diperlukan agar model ML dapat berfungsi. AI hanya dapat membedakan sinyal dari gangguan jika berhasil mengidentifikasi dan mengenali sinyal tersebut, dan model membutuhkan data yang berlabel baik agar dapat mengenali pola di dalamnya. Untuk itu, model pembelajaran terawasi (bentuk AI yang paling umum) memerlukan penyediaan



tumpukan contoh pra-tagar yang diklasifikasikan secara konsisten ke dalam perangkat lunak, hingga model dapat belajar mengidentifikasi kategori data itu sendiri.

Meskipun demikian, label data yang benar mungkin tidak langsung terlihat dari titik data observasi sederhana. Pelabelan data merupakan proses padat karya yang memerlukan analisis data dalam jumlah besar dan saat ini dilaporkan dialihdayakan ke perusahaan-perusahaan khusus atau tenaga kerja yang tersebar. Analisis dan pelabelan data oleh manusia menghadirkan peluang untuk mengidentifikasi kesalahan dan bias dalam data yang digunakan, meskipun menurut beberapa pihak, hal ini mungkin secara tidak sengaja menimbulkan bias lain karena melibatkan pengambilan keputusan yang subjektif.

Karena proses pembersihan dan pelabelan data rentan terhadap kesalahan manusia, sejumlah solusi yang melibatkan AI sendiri telah mulai dikembangkan. Pertimbangan seputar kualitas data dan tingkat atau representasinya dapat membantu menghindari bias yang tidak diinginkan pada tingkat keluaran.

Selain itu, mengingat tingginya dimensionalitas data, pengguna model ML perlu mengidentifikasi fitur-fitur data yang relevan dengan skenario yang diuji oleh model tersebut. Berbagai metode sedang dikembangkan untuk mengurangi keberadaan fitur yang tidak relevan atau 'noise' dalam kumpulan data dan meningkatkan kinerja model ML. Alternatif yang menarik adalah penggunaan kumpulan data buatan atau 'sintetis' yang dihasilkan dan digunakan untuk tujuan ini, serta untuk tujuan pengujian dan validasi.

Catatan: Pertimbangan ini tidak berlaku untuk model pembelajaran tanpa pengawasan, yang mengidentifikasi pola dalam data yang belum diberi label oleh manusia.

Peran manusia dalam proses pengambilan keputusan yang diinformasikan oleh AI sangat penting dalam mengidentifikasi dan mengoreksi bias yang tertanam dalam data atau dalam desain model. Selain itu, untuk menjelaskan keluaran model, meskipun sejauh mana semua ini layak masih menjadi pertanyaan terbuka. Parameter manusia sangat penting baik pada tahap input data maupun pada tahap input kueri dan tingkat skeptisisme dalam evaluasi hasil model dapat menjadi penting dalam meminimalkan risiko bias keluaran/pengambilan keputusan model.

Desain model ML dan auditnya dapat semakin memperkuat tingkat kepastian tentang kekokohan model dalam hal menghindari potensi bias. Model AI/ML yang dirancang dan dikontrol secara tidak memadai berisiko memperburuk atau memperkuat bias yang ada sementara pada saat yang sama membuat diskriminasi semakin sulit diamati. Mekanisme audit model dan algoritma yang melakukan pemeriksaan hasil model terhadap set data dasar dapat membantu memastikan tidak adanya perlakuan tidak adil atau diskriminasi oleh teknologi. Idealnya, pengguna dan supervisor harus dapat menguji sistem penilaian untuk memastikan kewajaran dan keakuratannya.



Pengujian juga dapat dijalankan berdasarkan apakah kelas yang dilindungi dapat disimpulkan dari atribut lain dalam data, dan sejumlah teknik dapat diterapkan untuk mengidentifikasi dan/atau memperbaiki diskriminasi dalam model ML. Tata kelola model AI/ML dan penugasan akuntabilitas kepada parameter manusia dari proyek juga penting untuk melindungi calon peminjam dari kemungkinan bias yang tidak adil. Saat mengukur potensi bias, mungkin penting untuk menghindari membandingkan pengambilan keputusan berbasis ML dengan keadaan hipotetis yang tidak bias tetapi menggunakan titik referensi yang realistis, membandingkan metode tersebut dengan model statistik tradisional dan pengambilan keputusan berbasis manusia, yang keduanya tidak sempurna atau sepenuhnya tidak bias.

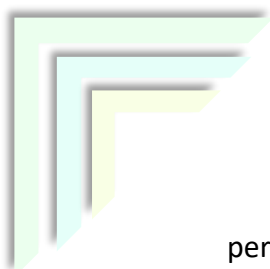
3.4. KETERJELASAN

Tantangan model ML yang paling banyak diakui adalah kesulitan dalam menguraikan keluaran model ML menjadi faktor-faktor pendorong yang mendasari keputusannya, dengan kata lain, memahami mengapa dan bagaimana model tersebut menghasilkan hasil. Kesulitan dalam membenarkan atau merasionalisasi keputusan dan keluaran model ini umumnya dijelaskan dengan istilah 'keterjelasan'. Model berbasis AI pada dasarnya kompleks mengingat sifat teknologi yang digunakan. Kemungkinan penyembunyian mekanisme model AI yang disengaja oleh pelaku pasar, untuk melindungi kekayaan intelektual mereka, memperkuat kurangnya keterjelasan tersebut. Mengingat kesenjangan umum dalam literasi teknis, bagi sebagian besar konsumen pengguna akhir, akses ke kode dasar tidaklah cukup untuk menjelaskan mekanisme model.

Masalah ini diperparah oleh ketidaksesuaian antara kompleksitas yang menjadi ciri model AI dan tuntutan penalaran skala manusia atau gaya interpretasi yang sesuai dengan kognisi manusia. Kurangnya kepercayaan yang dirasakan pengguna dan pengawas terhadap aplikasi AI sebagian besar disebabkan oleh kurangnya kemampuan menjelaskan model ML. Pendekatan berbasis AI dalam keuangan menjadi semakin tidak transparan, dan meskipun prinsip matematika yang mendasari model tersebut dapat dijelaskan, model tersebut masih kekurangan 'pengetahuan deklaratif yang eksplisit'.

Oleh karena itu, meningkatkan tingkat kemampuan menjelaskan aplikasi AI dapat berkontribusi untuk menjaga tingkat kepercayaan konsumen keuangan dan regulator/pengawas, terutama dalam layanan keuangan kritis. Dari perspektif pengendalian internal dan tata kelola, tingkat kemampuan menjelaskan minimum perlu dipastikan agar komite model dapat menganalisis model yang dibawa ke komite dan merasa nyaman dengan penerapannya.

Kurangnya kemampuan menjelaskan ini dapat bertentangan dengan regulasi yang ada yang mengharuskan interpretasi logika yang mendasari dan/atau pelaporan logika tersebut. Misalnya, regulasi mungkin mengharuskan algoritma dipahami sepenuhnya dan dapat dijelaskan sepanjang siklus hidupnya. Kebijakan lain dapat memberikan warga negara 'hak atas penjelasan' atas keputusan yang dibuat oleh algoritma dan informasi tentang logika yang terlibat, seperti GDPR di EU19 yang diterapkan dalam keputusan kredit atau penetapan harga asuransi, misalnya. Contoh lain adalah potensi penggunaan ML dalam perhitungan



persyaratan regulasi (misalnya aset tertimbang menurut risiko atau ATMR untuk risiko kredit), di mana aturan yang ada mengharuskan model tersebut dapat dijelaskan atau setidaknya tunduk pada pengawasan dan penilaian manusia.

Kurangnya kemampuan menjelaskan dalam model berbasis ML yang digunakan oleh pelaku pasar keuangan dapat menjadi risiko tingkat makro jika tidak diawasi dengan tepat oleh pengawas mikroprudensial, karena menjadi sulit bagi perusahaan dan pengawas untuk memprediksi bagaimana model akan memengaruhi pasar. Secara khusus, AI dapat memperkenalkan atau memperkuat risiko sistemik yang terkait dengan pro-sikluslitas, mengingat peningkatan risiko herding dan konvergensi strategi oleh pengguna model penyedia pihak ketiga 'siapa pakai'.

Tanpa pemahaman mekanisme detail yang mendasari suatu model, pengguna memiliki ruang terbatas untuk memprediksi bagaimana model mereka memengaruhi kondisi pasar, dan apakah model tersebut berkontribusi terhadap guncangan pasar. Pengguna juga tidak dapat menyesuaikan strategi mereka saat kinerja buruk atau saat tekanan, yang berpotensi menyebabkan episode volatilitas pasar yang memburuk dan periode ilikuiditas selama periode tekanan akut, yang memperparah peristiwa seperti flash crash. Risiko manipulasi pasar atau kolusi diam-diam juga muncul tanpa pemahaman mekanisme yang mendasari model tersebut.

Praktisi pasar keuangan yang menggunakan model bertenaga AI menghadapi pengawasan yang lebih ketat atas keterjelasan model mereka. Karena meningkatnya perhatian, banyak pelaku pasar berupaya meningkatkan keterjelasan model tersebut agar dapat lebih memahami perilaku mereka dalam kondisi pasar normal dan saat tekanan, serta untuk mengelola risiko terkait. Berbeda dengan keterjelasan post hoc dari satu keputusan, keterjelasan berdasarkan desain, yaitu yang diintegrasikan ke dalam mekanisme AI, lebih sulit dicapai karena (i) audiens mungkin tidak dapat memahami logika model; (ii) beberapa model menurut definisinya tidak mungkin dipahami sepenuhnya (misalnya beberapa jaringan saraf); dan (iii) pengungkapan penuh mekanisme tersebut setara dengan memberikan IP.

Perdebatan menarik terkait keterjelasan menyangkut pertanyaan apakah dan bagaimana keterjelasan AI seharusnya berbeda dengan yang dipersyaratkan dalam penerapan model matematika kompleks lainnya di bidang keuangan. Terdapat risiko bahwa aplikasi AI dituntut dengan standar yang lebih tinggi sehingga tunduk pada persyaratan keterjelasan yang lebih berat dibandingkan dengan teknologi lain, yang berdampak negatif terhadap inovasi. Tujuan analisis keterjelasan di tingkat komite harus berfokus pada risiko mendasar yang mungkin dihadapi perusahaan oleh model tersebut, dan apakah risiko tersebut dapat dikelola, alih-alih pada janji matematis yang mendasarinya.

Mengingat adanya trade-off antara keterjelasan dan kinerja model, penyedia jasa keuangan perlu mencapai keseimbangan yang tepat antara keterjelasan model dan akurasi/kinerja. Wawasan mendalam tentang cara kerja dan logika dasar model, serta penalaran yang digunakan dalam pengambilan keputusan, mencegah model dianggap sebagai 'kotak hitam' dan dapat memungkinkan perusahaan untuk mematuhi persyaratan regulasi, sekaligus membangun kepercayaan konsumen. Beberapa yurisdiksi tidak menerima model

yang sepenuhnya merupakan kotak hitam dan tidak mencapai tingkat keterjelasan (misalnya, Jerman).

Perlu juga digarisbawahi bahwa tidak diperlukan prinsip tunggal atau pendekatan satu ukuran untuk semua dalam menjelaskan model ML, dan keterjelasan akan sangat bergantung pada konteks. Ketika meneliti interpretabilitas model, seseorang perlu mempertimbangkan siapa yang mengajukan pertanyaan dan apa yang diprediksi oleh model tersebut. Selain itu, memastikan keterjelasan model tidak serta merta menjamin keandalan model. Penyelarasan kontekstual antara keterjelasan dengan audiens perlu dibarengi dengan pergeseran fokus ke arah 'keterjelasan risiko', yaitu memahami paparan risiko yang dihasilkan dari penggunaan model, alih-alih metodologi yang mendasari model tersebut. Panduan terbaru yang dikeluarkan oleh Kantor Komisioner Informasi Inggris menyarankan penggunaan lima faktor kontekstual untuk membantu menilai jenis penjelasan yang dibutuhkan: domain, dampak, data yang digunakan, urgensi, dan audiens

Kotak 3.2. Menjelaskan keputusan yang dibuat dengan AI: Panduan dari Kantor Komisioner Informasi Inggris

Kantor Komisioner Informasi Inggris telah mengeluarkan panduan tentang penyediaan informasi seputar pengambilan keputusan berbasis AI, termasuk lima faktor kontekstual yang memengaruhi alasan orang menginginkan penjelasan atas keputusan tersebut.

Faktor-faktor kontekstual ini meliputi:

- Domain: lingkungan atau sektor kegiatan;
- Dampak: dampak keputusan terhadap individu;
- Data: data yang digunakan untuk melatih dan menguji model, yang kemungkinan memengaruhi kesediaan konsumen untuk menerima atau menentang keputusan berbasis AI;
- Urgensi: berapa banyak waktu yang dimiliki konsumen untuk merenungkan keputusan tersebut; dan,
- Audiens: kepada individu mana perusahaan menjelaskan keputusan berbasis AI, yang menentukan jenis informasi apa yang bermakna/berguna bagi mereka.

Panduan juga diberikan tentang prioritas penjelasan keputusan yang dibantu AI, dan menekankan pentingnya mengembangkan pemahaman dan pengetahuan tentang penggunaan AI di kalangan masyarakat umum.

Auditabilitas Algoritma dan Model AI

Kompleksitas yang mendasari model 'kotak hitam' tersebut menimbulkan tantangan regulasi dalam hal transparansi dan audit model tersebut dalam banyak kasus penggunaan layanan keuangan (misalnya, pinjaman). Sulit, bahkan mustahil, untuk melakukan audit pada model pembelajaran mesin (ML) jika seseorang tidak dapat menguraikan hasil model menjadi



faktor-faktor pendorong yang mendasarinya. Kurangnya kemampuan menjelaskan (explainability) tidak memungkinkan pengawas untuk mengikuti proses yang menghasilkan hasil model, sehingga membatasi kemungkinan audit. Sejumlah undang-undang atau peraturan di beberapa yurisdiksi telah dirancang berdasarkan ekspektasi dasar akan auditabilitas dan transparansi, yang mungkin tidak mudah dicapai ketika model yang mendukung AI digunakan.

Jejak audit hanya dapat diikuti jika seseorang dapat memberikan bukti urutan aktivitas atau proses, dan kapasitas ini dibatasi oleh kurangnya interpretabilitas beberapa model AI. Karena keputusan yang dibuat oleh model-model tersebut tidak lagi mengikuti proses linear, dan model-model itu sendiri dicirikan oleh keterbatasan interpretabilitas, maka diperlukan cara untuk meningkatkan keterjelasan hasil AI, sekaligus memastikan akuntabilitas dan dinamika tata kelola yang kuat dalam sistem berbasis AI. Upaya penelitian yang bertujuan untuk meningkatkan interpretabilitas aplikasi berbasis AI dan membuat model ML lebih mudah untuk diperiksa *ex ante* dan *ex post* sedang dilakukan baik di dunia akademis maupun oleh industri.

Pengungkapan

Berdasarkan Prinsip-Prinsip AI OECD, 'harus ada transparansi dan pengungkapan yang bertanggung jawab seputar sistem AI untuk memastikan bahwa orang-orang memahami hasil berbasis AI dan dapat menggugatnya'. Diperdebatkan bahwa ketidakjelasan sistem berbasis algoritma dapat diatasi melalui persyaratan transparansi, yang memastikan penyediaan informasi yang jelas mengenai kemampuan dan keterbatasan sistem AI. Pengungkapan terpisah seharusnya memberi tahu konsumen tentang penggunaan sistem AI dalam penyediaan produk dan interaksi mereka dengan sistem AI, alih-alih manusia (misalnya, robo-advisor). Pengungkapan semacam itu juga memungkinkan konsumen untuk membuat pilihan yang sadar di antara produk-produk yang bersaing.

Hingga saat ini, belum ada praktik yang diterima secara umum mengenai tingkat pengungkapan yang harus diberikan kepada investor dan konsumen keuangan serta potensi proporsionalitas dalam informasi tersebut. Menurut regulator pasar, harus ada perbedaan tingkat transparansi tergantung pada jenis investor (ritel vs. institusional), serta area implementasi (front office vs. back office). Persyaratan kesesuaian, seperti yang berlaku untuk penjualan produk investasi, dapat membantu perusahaan menilai dengan lebih baik apakah calon klien memiliki pemahaman yang kuat tentang bagaimana penggunaan AI memengaruhi penyediaan produk/layanan.

Persyaratan bagi perusahaan keuangan untuk mendokumentasikan secara tertulis detail operasional dan karakteristik desain model yang digunakan dalam keuangan sudah ada sebelum munculnya AI. Dokumentasi logika di balik algoritma, sejauh memungkinkan, digunakan oleh beberapa regulator sebagai cara untuk memastikan bahwa hasil yang dihasilkan oleh model tersebut dapat dijelaskan, dilacak, dan diulang. Uni Eropa, misalnya, sedang mempertimbangkan persyaratan seputar dokumentasi pengungkapan metodologi, proses, dan teknik pemrograman dan pelatihan yang digunakan untuk membangun, menguji,



dan memvalidasi sistem AI, termasuk dokumentasi tentang algoritma (apa yang harus dioptimalkan oleh model, bobot apa yang dirancang untuk parameter tertentu di awal, dll.).

Dewan Kebijakan Publik AS dari Asosiasi Mesin Komputasi (USACM) telah mengusulkan serangkaian prinsip yang antara lain menargetkan transparansi dan auditabilitas dalam penggunaan algoritma, yang menyarankan agar model, data, algoritma, dan keputusan dicatat agar tersedia untuk diaudit jika diduga terdapat kerugian. Panduan Federal Reserve untuk manajemen risiko model juga mencakup dokumentasi pengembangan dan validasi model yang cukup rinci untuk memungkinkan pihak yang tidak terbiasa dengan model tersebut memahami cara kerja model tersebut, serta batasan dan asumsi utamanya.

Penyedia layanan keuangan merasa lebih sulit untuk mendokumentasikan proses pemodelan model berbasis AI yang digunakan untuk tujuan pengawasan. Tantangan dalam menjelaskan cara kerja model tersebut mengakibatkan kesulitan dalam mendokumentasikan model yang kompleks tersebut, terlepas dari skala penyedia layanan.

Beberapa yurisdiksi telah mengusulkan pendekatan bercabang dua untuk pengawasan model AI: (i) analitis: menggabungkan analisis kode sumber dan data dengan metode (jika memungkinkan berdasarkan standar) untuk mendokumentasikan algoritma AI, model prediktif, dan kumpulan data; dan (ii) empiris: memanfaatkan metode yang memberikan penjelasan untuk keputusan individual atau perilaku algoritma secara keseluruhan, dan mengandalkan dua teknik untuk menguji algoritma sebagai kotak hitam: model penantang (untuk dibandingkan dengan model yang diuji) dan kumpulan data pembanding, keduanya dikurasi oleh auditor.

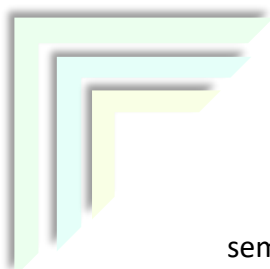
Selain tantangan terkait kemampuan menjelaskan, model berbasis AI memerlukan pengaturan berbagai parameter yang memiliki efek signifikan terhadap kinerja dan hasil model. Parameterisasi semacam itu dapat dianggap 'sewenang-wenang' dan subjektif, karena mungkin didasarkan pada intuisi alih-alih validasi, dan dapat sangat bergantung pada perancang model. Transparansi seputar parameter yang dipilih dalam model berpotensi mengatasi sebagian masalah, karena cara model bekerja dengan parameter-parameter ini sebagian besar masih sulit dijelaskan.

3.5. KETAHANAN DAN KETAHANAN MODEL AI

Sistem AI harus berfungsi secara tangguh, aman, dan terjamin sepanjang siklus hidupnya, dan potensi risiko harus terus dinilai dan dikelola. Ketahanan sistem AI dapat diperkuat dengan pelatihan model yang cermat, serta pengujian kinerja model berdasarkan tujuannya.

Melatih model AI, memvalidasinya, dan menguji kinerjanya

Untuk menangkap interaksi tingkat tinggi (yaitu non-linearitas), model mungkin perlu dilatih dengan kumpulan data yang lebih besar karena efek tingkat tinggi lebih sulit ditemukan. Oleh karena itu, kumpulan data yang digunakan untuk pelatihan harus cukup besar untuk menangkap hubungan non-linear dan peristiwa ekor dalam data. Hal ini sulit dicapai dalam praktik, mengingat peristiwa ekor jarang terjadi dan kumpulan data tersebut mungkin tidak cukup tangguh untuk hasil yang optimal. Di saat yang sama, penggunaan kumpulan data yang



semakin besar untuk melatih model berisiko membuat model menjadi statis, yang pada gilirannya dapat mengurangi kinerja model dan kemampuannya untuk belajar.

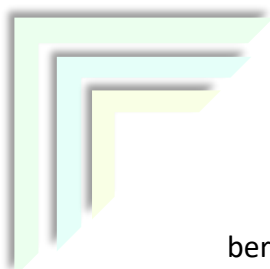
Ketidakmampuan industri untuk melatih model pada kumpulan data yang mencakup peristiwa ekor menciptakan kerentanan yang signifikan bagi sistem keuangan, melemahkan keandalan model tersebut di saat krisis yang tak terduga, dan menjadikan AI sebagai alat yang hanya dapat digunakan ketika kondisi pasar stabil. Model ML memiliki risiko over-fitting, ketika model yang telah dilatih berkinerja sangat baik pada sampel yang digunakan untuk pelatihan tetapi berkinerja buruk pada sampel baru yang tidak diketahui, yaitu model tidak tergeneralisasi dengan baik.

Untuk mengurangi risiko ini, pemodel membagi data menjadi set pelatihan dan set uji/validasi dan menggunakan set pelatihan untuk membangun model (supervised) dengan beberapa pengaturan parameter model; dan set uji/validasi untuk menantang model yang telah dilatih, menilai akurasi model dan mengoptimalkan parameternya. Set validasi berisi sampel dengan asal yang diketahui, tetapi klasifikasi ini tidak diketahui oleh model, oleh karena itu, prediksi pada set validasi memungkinkan operator untuk menilai akurasi model.

Berdasarkan kesalahan pada set validasi, set parameter model yang optimal ditentukan menggunakan salah satu dengan kesalahan validasi terendah. Kinerja model validasi yang terukur sebelumnya dianggap oleh para ilmuwan sebagai penaksir yang tidak bias terhadap kinerja model tersebut. Namun, beberapa studi terbaru menunjukkan bahwa asumsi ini tidak selalu berlaku. Sebagaimana disoroti oleh studi-studi tersebut, diperlukan tambahan set data uji buta yang tidak digunakan selama proses pemilihan dan validasi model untuk mendapatkan estimasi kinerja generalisasi model yang lebih baik. Proses validasi semacam itu melampaui pengujian ulang model secara sederhana menggunakan data historis untuk memeriksa kemampuan prediktifnya secara ex-post, dan memastikan bahwa hasil model dapat direproduksi.

Set data sintesis sedang dibuat secara artifisial untuk berfungsi sebagai set uji validasi, dan memberikan alternatif yang menarik karena dapat menyediakan data simulasi dalam jumlah yang tak terbatas, serta cara yang berpotensi lebih murah untuk meningkatkan daya prediktif dan meningkatkan ketahanan model ML, terutama ketika data riil langka dan mahal. Beberapa regulator mewajibkan, dalam beberapa kasus, evaluasi hasil yang dihasilkan oleh model AI dalam skenario uji yang ditetapkan oleh otoritas pengawas (misalnya Jerman).

Pemantauan dan validasi model yang berkelanjutan sepanjang masa pakainya merupakan hal mendasar bagi manajemen risiko semua jenis model. Validasi model dilakukan setelah pelatihan model dan membantu memastikan bahwa model telah diimplementasikan dengan tepat, serta bahwa model tersebut digunakan dan berkinerja sebagaimana mestinya. Validasi ini terdiri dari serangkaian proses dan aktivitas yang bertujuan untuk memverifikasi bahwa model berkinerja sesuai dengan tujuan desain dan penggunaan bisnisnya, sekaligus memastikan bahwa model tersebut andal. Hal ini dicapai melalui identifikasi potensi keterbatasan dan asumsi, serta penilaian dampak yang mungkin terjadi. Semua komponen model, termasuk masukan, pemrosesan, dan pelaporan, harus tunduk pada validasi, dan ini



berlaku sama untuk model yang dikembangkan secara internal maupun yang dialihdayakan atau disediakan oleh pihak ketiga.

Aktivitas validasi harus dilakukan secara berkelanjutan untuk melacak keterbatasan model yang diketahui dan mengidentifikasi keterbatasan baru, terutama selama periode kondisi ekonomi atau keuangan yang tertekan, yang mungkin tidak tercermin dalam set pelatihan. Pengujian model ML yang berkelanjutan sangat diperlukan untuk mengidentifikasi dan mengoreksi 'penyimpangan model' dalam bentuk penyimpangan konsep atau penyimpangan data. Penyimpangan konsep adalah konsep lama dan menggambarkan situasi di mana sifat statistik variabel target yang dipelajari oleh model berubah, yang mengubah konsep tentang apa yang coba diprediksi oleh model. Misalnya, definisi penipuan dapat berkembang seiring waktu dengan cara-cara baru dalam melakukan aktivitas ilegal, perubahan tersebut akan mengakibatkan penyimpangan konsep

Penyimpangan data terjadi ketika properti statistik dari data masukan berubah, yang memengaruhi daya prediksi model. Pergeseran besar sikap dan preferensi konsumen terhadap e-commerce dan perbankan digital merupakan contoh nyata dari penyimpangan data yang tidak tertangkap oleh set data awal tempat model dilatih dan mengakibatkan penurunan kinerja.

Pemantauan dan validasi model ML yang berkelanjutan merupakan cara yang sangat efektif untuk mencegah dan mengatasi penyimpangan tersebut, dan prosedur standar untuk pemantauan tersebut dapat membantu meningkatkan ketahanan model, dan mengidentifikasi apakah model memerlukan penyesuaian, pengembangan ulang, atau penggantian. Terkait dengan hal ini, sangat penting untuk memiliki arsitektur yang efektif yang memungkinkan model untuk dilatih ulang dengan cepat dengan data baru seiring perubahan distribusi data, sehingga dapat memitigasi risiko penyimpangan model.

Kotak 3.3. Panduan untuk manajemen risiko model di AS dan Uni Eropa yang berlaku untuk model AI

Surat pengawasan dan regulasi SR 11-7 yang dikeluarkan oleh Federal Reserve pada tahun 2011 memberikan panduan yang netral teknologi tentang manajemen risiko model yang telah teruji oleh waktu, dan tentunya berguna dalam mengelola risiko yang terkait dengan model yang digerakkan oleh AI.

Surat tersebut memberikan panduan tentang pengembangan, implementasi, dan penggunaan model oleh lembaga perbankan, dan membahas (i) pengembangan, implementasi, dan penggunaan model; (ii) validasi dan penggunaan model; dan (iii) tata kelola, kebijakan, dan pengendalian.

Baru-baru ini, Otoritas Perbankan Eropa (EBA) menerbitkan Pedoman tentang penyaluran dan pemantauan pinjaman, termasuk aturan untuk manajemen risiko model yang tepat.

EBA bertujuan untuk memastikan bahwa pedoman tersebut tahan terhadap perubahan di masa mendatang dan netral teknologi.

Selain pemantauan dan peninjauan berkelanjutan terhadap kode/model yang digunakan, beberapa regulator telah mewajibkan keberadaan 'kill switch' atau mekanisme kontrol otomatis lainnya yang memicu peringatan dalam situasi berisiko tinggi. Kill switch adalah contoh mekanisme kontrol yang dapat dengan cepat mematikan sistem berbasis AI jika sistem tersebut berhenti berfungsi sesuai tujuan. Di Kanada, misalnya, perusahaan diwajibkan memiliki fungsi 'override' bawaan yang secara otomatis menonaktifkan operasi sistem atau memungkinkan perusahaan untuk melakukannya dari jarak jauh, jika diperlukan. Kill switch semacam itu perlu diuji dan dipantau sendiri, untuk memastikan bahwa perusahaan dapat mengandalkannya jika diperlukan.

Mungkin ada kebutuhan untuk memperkuat fungsi dan proses manajemen risiko yang ada terkait dengan model, untuk mencerminkan risiko yang muncul dan/atau konsekuensi yang tidak diinginkan terkait dengan penggunaan model berbasis AI. Misalnya, kinerja model mungkin perlu diuji dalam kondisi pasar yang ekstrem, untuk mencegah risiko dan kerentanan sistemik yang mungkin muncul saat terjadi tekanan.

Data yang digunakan untuk melatih model mungkin tidak sepenuhnya mencerminkan kondisi pasar yang tertekan atau perubahan eksposur, aktivitas, atau perilaku, sehingga menciptakan keterbatasan model dan kemungkinan menurunkan kinerja model. Penggunaan model-model tersebut baru-baru ini juga berarti bahwa model-model tersebut masih belum teruji dalam menangani risiko dalam kondisi keuangan yang berubah-ubah. Oleh karena itu, penting untuk menggunakan berbagai skenario untuk pengujian dan pengujian ulang agar dapat mempertimbangkan pergeseran perilaku pasar dan tren lainnya, yang diharapkan dapat mengurangi potensi meremehkan risiko dalam skenario tersebut.

Menariknya, penelitian menunjukkan bahwa kemampuan menjelaskan yang 'bermakna bagi manusia' dapat secara signifikan memengaruhi persepsi pengguna terhadap akurasi sistem, terlepas dari akurasi aktual yang diamati. Ketika penjelasan yang kurang bermakna bagi manusia diberikan, akurasi teknik yang tidak beroperasi berdasarkan alasan yang dapat dipahami manusia cenderung tidak dinilai secara akurat oleh pengguna.

Korelasi tanpa sebab akibat dan pembelajaran tanpa makna

Persinggungan antara inferensi kausal dan pembelajaran mesin merupakan bidang penelitian yang berkembang pesat. Pemahaman tentang hubungan sebab-akibat merupakan elemen kunci kecerdasan manusia yang tidak ditemukan dalam sistem pengenalan pola. Para peneliti di bidang pembelajaran mendalam semakin menyadari pentingnya pertanyaan-pertanyaan semacam itu, dan menggunakannya untuk menginformasikan penelitian mereka, meskipun jenis penelitian semacam itu masih dalam tahap yang sangat awal.

Pengguna model ML berisiko menafsirkan korelasi tak bermakna yang diamati dari pola aktivitas sebagai hubungan kausal, sehingga menghasilkan keluaran model yang dipertanyakan. Beralih dari korelasi ke kausalitas sangat penting dalam memahami kondisi di



mana suatu model mungkin gagal, karena hal ini akan memungkinkan kita untuk memahami apakah pola tersebut dapat terus bersifat prediktif seiring waktu.

Inferensi kausal juga berperan penting dalam kemampuan mereplikasi temuan empiris suatu model ke lingkungan, pengaturan, atau populasi baru (yaitu validitas eksternal dari keluaran model). Kemampuan untuk mentransfer efek kausal yang dipelajari dalam dataset uji ke kumpulan data baru, yang hanya dapat dilakukan studi observasional, disebut transportabilitas dan merupakan hal mendasar bagi kegunaan dan kekokohan model ML.

Pemahaman tentang asumsi kasual yang dibuat oleh pengguna model AI mungkin bermanfaat bagi supervisor agar dapat menilai potensi risiko terkait dengan lebih baik. Keluaran model ML perlu dievaluasi dengan tepat dan peran penilaian manusia sangat penting untuk tujuan tersebut, terutama dalam hal kausalitas. Jika tidak diinterpretasikan dengan tingkat skeptisisme atau kehati-hatian tertentu, korelasi tanpa kausalitas yang diidentifikasi dalam pola oleh model berbasis AI dapat mengakibatkan pengambilan keputusan yang bias atau salah. Bukti dari beberapa penelitian menunjukkan bahwa model cenderung mempelajari kebijakan suboptimal jika tidak memperhitungkan saran manusia, yang mungkin mengejutkan, bahkan ketika keputusan manusia kurang akurat dibandingkan keputusan mereka sendiri.

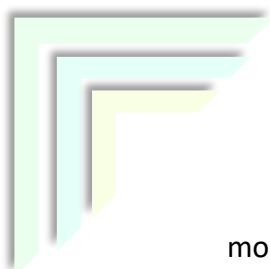
AI dan risiko ekor: contoh krisis COVID-19

Meskipun model AI bersifat adaptif, karena berkembang seiring waktu dengan belajar dari data baru, model tersebut mungkin tidak dapat bekerja dalam peristiwa idiosinkratik satu kali yang belum pernah dialami sebelumnya, seperti krisis COVID-19, dan oleh karena itu tidak tercermin dalam data yang digunakan untuk melatih model. Karena sistem perdagangan yang dikelola AI didasarkan pada model dinamis yang dilatih dalam deret waktu yang panjang, sistem ini diharapkan efektif selama lingkungan pasar memiliki konsistensi dengan masa lalu.

Bukti berdasarkan survei yang dilakukan di bank-bank Inggris menunjukkan bahwa sekitar 35% bank mengalami dampak negatif pada kinerja model ML selama pandemi. Hal ini kemungkinan besar karena pandemi telah menciptakan pergerakan besar dalam variabel-variabel makroekonomi, seperti meningkatnya pengangguran dan penangguhan hipotek, yang mengharuskan model ML (serta model tradisional) untuk dikalibrasi ulang.

Peristiwa tail dan tak terduga, seperti pandemi baru-baru ini, menimbulkan diskontinuitas dalam kumpulan data, yang pada gilirannya menciptakan pergeseran model yang melemahkan kapasitas prediktif model. Peristiwa tail menyebabkan perubahan tak terduga pada perilaku variabel target yang ingin diprediksi oleh model, dan perubahan yang sebelumnya tidak terdokumentasi pada struktur data dan pola dasar kumpulan data yang digunakan oleh model, keduanya disebabkan oleh pergeseran dinamika pasar selama peristiwa tersebut. Hal ini tentu saja tidak tertangkap oleh kumpulan data awal tempat model dilatih dan kemungkinan besar akan mengakibatkan penurunan kinerja. Kumpulan data sintetis yang dihasilkan untuk melatih model dapat menggabungkan peristiwa tail dengan sifat yang sama, selain data dari periode COVID-19, dengan tujuan untuk melatih ulang dan menerapkan ulang model yang redundan.

Oleh karena itu, pengujian model yang berkelanjutan dengan kumpulan data validasi yang menggabungkan skenario ekstrem dan pemantauan berkelanjutan terhadap pergeseran



model sangat penting untuk memitigasi risiko yang dihadapi saat terjadi tekanan. Perlu dicatat bahwa model yang berbasis pembelajaran penguatan, di mana model dilatih dalam kondisi simulasi, diharapkan berkinerja lebih baik saat terjadi peristiwa risiko tail yang terjadi sekali saja, karena lebih mudah dilatih berdasarkan skenario kondisi pasar ekstrem tak terduga yang mungkin belum pernah diamati sebelumnya.

3.6. TATA KELOLA SISTEM AI DAN AKUNTABILITAS

Pengaturan tata kelola yang solid dan mekanisme akuntabilitas yang jelas sangat penting karena model AI diterapkan dalam kasus-kasus penggunaan pengambilan keputusan bernilai tinggi (misalnya, dalam menentukan siapa yang mendapatkan akses kredit atau bagaimana alokasi portofolio investasi diputuskan). Organisasi dan individu yang mengembangkan, menerapkan, atau mengoperasikan sistem AI harus bertanggung jawab atas fungsinya yang tepat. Selain itu, pengawasan manusia sejak desain produk dan sepanjang siklus hidup produk dan sistem AI mungkin diperlukan sebagai perlindungan.

Saat ini, pelaku pasar keuangan yang menggunakan AI bergantung pada pengaturan tata kelola dan pengawasan yang ada untuk penggunaan teknologi tersebut, karena algoritma berbasis AI tidak dianggap berbeda secara fundamental dari algoritma konvensional. Kerangka kerja tata kelola yang ada yang berlaku untuk model dapat menjadi dasar untuk pengembangan atau adaptasi aktivitas AI, mengingat banyak pertimbangan dan risiko yang terkait dengan AI juga berlaku untuk jenis model lainnya.

Kerangka kerja tata kelola eksplisit yang menetapkan garis tanggung jawab yang jelas untuk pengembangan dan pengawasan sistem berbasis AI di sepanjang siklus hidupnya, mulai dari pengembangan hingga penerapan, dapat semakin memperkuat pengaturan yang ada untuk operasi yang berkaitan dengan AI. Kerangka kerja tata kelola internal dapat mencakup standar minimum atau pedoman praktik terbaik dan pendekatan untuk implementasi pedoman tersebut. Komite model internal menetapkan standar dan proses tata kelola model yang diikuti oleh penyedia layanan keuangan untuk pembangunan model, dokumentasi, dan validasi untuk setiap periode model, termasuk model ML berbasis AI.

Kerangka kerja tata kelola model belum membahas cara menangani model AI, yang keberadaannya hanya sementara dan sangat sering berubah. Tantangan dalam menggunakan proses tata kelola model yang ada untuk model ML terkait dengan model AI yang lebih maju yang membangun kembali dirinya sendiri dalam interval waktu yang relatif singkat. Salah satu pendekatan mitigasi yang mungkin adalah dengan mempertahankan data dan kode sehingga replikasi input dan output dapat diproduksi berdasarkan tanggal yang telah berlalu. Namun, karena banyak model pembelajaran mesin (ML) bersifat non-deterministik, tidak ada jaminan bahwa model yang sama akan dihasilkan meskipun dengan data masukan yang sama.

Yang penting, hasil yang diharapkan bagi konsumen perlu diintegrasikan ke dalam kerangka tata kelola apa pun, bersama dengan penilaian tentang apakah dan bagaimana hasil tersebut dicapai menggunakan teknologi AI. Dalam model pembelajaran mendalam tingkat lanjut, masalah mungkin muncul terkait kendali akhir model, karena AI dapat secara tidak sengaja berperilaku dengan cara yang bertentangan dengan kepentingan konsumen (misalnya,

hasil yang bias dalam penjaminan kredit, yang dijelaskan di atas). Selain itu, perilaku otonom beberapa sistem AI selama siklus hidupnya dapat mengakibatkan perubahan produk penting yang berdampak pada keselamatan, yang mungkin memerlukan penilaian risiko baru.

Kotak 3.4. Tata Kelola Model Pembelajaran Mesin (ML) dan Komite Model

Secara umum, penyedia layanan keuangan menggunakan proses tata kelola model yang sama untuk pembangunan model, dokumentasi, dan validasi model untuk model pembelajaran mesin (ML) seperti untuk model statistik tradisional.

Praktik terbaik tata kelola model diperkenalkan sejak munculnya penggunaan model statistik tradisional untuk kredit dan keputusan keuangan konsumen lainnya. Secara khusus, lembaga keuangan harus memastikan bahwa model dibangun menggunakan kumpulan data yang sesuai; bahwa data tertentu tidak digunakan dalam model; bahwa data yang merupakan proksi untuk kelas yang dilindungi tidak digunakan; bahwa model diuji dan divalidasi secara ketat (terkadang oleh validator independen); dan bahwa ketika model digunakan dalam produksi, data masukan produksi konsisten dengan data yang digunakan untuk membangun model. Dokumentasi dan jejak audit juga disimpan, misalnya untuk keputusan penerapan, desain, dan produksi.

Kerangka kerja tata kelola model juga menetapkan bahwa model harus dipantau untuk memastikan model tersebut tidak menghasilkan hasil yang merupakan bukti komparatif dari perlakuan yang berbeda. Yang terpenting, harus dimungkinkan untuk menentukan mengapa model tersebut menghasilkan keluaran tertentu.

Komite tata kelola model atau dewan peninjau model terdapat di perusahaan jasa keuangan dengan tujuan merancang, menyetujui, dan mengawasi implementasi proses tata kelola model. Validasi model merupakan bagian dari proses tersebut, dengan menggunakan kumpulan data holdout. Proses standar lainnya mencakup pemantauan stabilitas input, output, dan parameter. Komite internal semacam itu diperkirakan akan semakin umum seiring dengan adopsi AI yang lebih luas oleh perusahaan keuangan, dengan kemungkinan 'peningkatan' peran dan kompetensi mereka serta beberapa proses yang terlibat untuk mengakomodasi kompleksitas yang ditimbulkan oleh model berbasis AI. Misalnya, frekuensi validasi model, dan metode validasi untuk model berbasis AI perlu berbeda dengan yang diterapkan pada model linier. AI juga digunakan untuk tujuan RegTech, dan sebagai bagian dari tata kelola model mereka, perusahaan jasa keuangan berupaya meningkatkan proses otomatis yang memantau dan mengendalikan data yang dikonsumsi oleh model dalam produksi, serta meningkatkan pemantauan otomatis terhadap keluaran model.



Tanggung jawab utama, pengawasan, dan akuntabilitas atas sistem berbasis AI, menurut definisi, berada di tangan manajemen tingkat eksekutif dan dewan penyedia jasa keuangan. Mereka harus menetapkan pendekatan di seluruh organisasi terhadap manajemen risiko model, dan memastikan bahwa tingkat risiko model berada dalam toleransi mereka. Pada saat yang sama, pentingnya fungsi lain seperti insinyur/programmer atau analis data, yang sebelumnya tidak menjadi pusat tinjauan pengawas, mungkin akan menjadi sasaran pengawasan yang lebih ketat, seiring dengan meningkatnya kepentingan mereka dalam penerapan produk/layanan keuangan berbasis AI.

Oleh karena itu, akuntabilitas untuk sistem terkait AI mungkin perlu melampaui manajer senior dan dewan, melainkan profesional yang bertanggung jawab atas pemrograman dan pengembangan model, serta mereka yang menggunakan mekanisme tersebut untuk memberikan layanan pelanggan, setidaknya di tingkat manajemen risiko internal, karena tanggung jawab penjelasan model tersebut kepada manajer senior dan Dewan berada di tangan fungsi teknis. Menariknya, beberapa yurisdiksi mungkin mewajibkan audit pihak ketiga untuk memvalidasi kinerja model sesuai dengan tujuan yang dimaksudkan. Tata kelola yang kuat juga mencakup dokumentasi pengembangan dan validasi model.

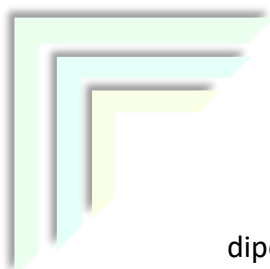
Alih Daya dan Penyedia Pihak Ketiga

Risiko juga muncul ketika mengalihdayakan teknik AI ke pihak ketiga, baik dari segi dinamika persaingan (risiko konsentrasi) maupun dari segi kerentanan sistemik yang terkait dengan peningkatan risiko konvergensi.

Kemungkinan risiko konsentrasi penyedia pihak ketiga tertentu dapat meningkat, baik dari segi pengumpulan dan pengelolaan data (misalnya, penyedia kumpulan data) maupun di bidang teknologi (misalnya, penyedia model pihak ketiga) dan penyediaan infrastruktur (misalnya, penyedia cloud). Model dan teknik AI dikomoditisasi melalui adopsi cloud, dan risiko ketergantungan pada penyedia solusi alih daya menimbulkan tantangan baru bagi dinamika persaingan dan potensi struktur pasar oligopoli dalam layanan tersebut.

Penggunaan model pihak ketiga juga dapat menimbulkan risiko konvergensi di tingkat perusahaan dan sistemik, terutama jika terdapat kurangnya heterogenitas model pihak ketiga di pasar. Hal ini dapat mengakibatkan penggembalaan dan kekurangan likuiditas di masa-masa sulit, ketika likuiditas paling dibutuhkan. Dampak ini kemungkinan akan semakin diperparah oleh berkurangnya kapasitas pergudangan para pembuat pasar tradisional, yang seharusnya menstabilkan pasar dengan menyediakan likuiditas yang cukup selama periode tekanan pasar melalui pembentukan pasar aktif. Risiko penggembalaan lebih menonjol di lembaga-lembaga yang lebih kecil, yang kemungkinan besar bergantung pada penyedia pihak ketiga untuk mengalihdayakan pembuatan dan pengelolaan model pembelajaran mesin (ML), karena mereka tidak memiliki keahlian internal untuk sepenuhnya memahami dan mengelola model-model tersebut.

Pengalihdayaan teknik AI atau teknologi pendukung dan infrastruktur menimbulkan tantangan dalam hal akuntabilitas selain risiko konsentrasi. Pengaturan tata kelola dan modalitas kontraktual penting dalam mengelola risiko terkait pengalihdayaan, serupa dengan yang berlaku pada jenis layanan lainnya. Penyedia keuangan perlu memiliki keterampilan yang



diperlukan untuk mengaudit dan melakukan uji tuntas atas layanan yang disediakan oleh pihak ketiga. Ketergantungan yang berlebihan pada pengalihdayaan juga dapat meningkatkan risiko gangguan layanan dengan potensi dampak sistemik di pasar. Rencana kontingensi dan keamanan perlu disiapkan agar bisnis dapat beroperasi seperti biasa jika terjadi kerentanan.

3.7. REGULASI, FRAGMENTASI, DAN POTENSI KETIDAKSESUAIAN

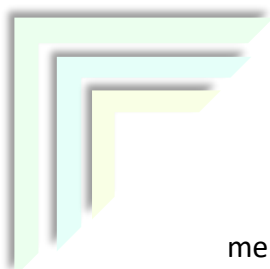
Meskipun banyak negara memiliki strategi AI khusus, hanya sedikit yurisdiksi yang memiliki persyaratan saat ini yang secara khusus menargetkan algoritma dan model berbasis AI. Dalam sebagian besar kasus, regulasi dan pengawasan aplikasi ML didasarkan pada persyaratan menyeluruh untuk sistem dan kontrol. Hal ini terutama terdiri dari pengujian ketat terhadap algoritma yang digunakan sebelum diterapkan di pasar, dan pemantauan berkelanjutan terhadap kinerjanya sepanjang siklus hidupnya.

Pendekatan netral teknologi yang diterapkan oleh sebagian besar yurisdiksi untuk mengatur produk pasar keuangan (berkaitan dengan manajemen risiko, tata kelola, dan pengendalian penggunaan algoritma) mungkin tertantang oleh meningkatnya kompleksitas beberapa kasus penggunaan inovatif di bidang keuangan. Mengingat besarnya kemajuan teknologi di bidang AI seperti pembelajaran mendalam, rezim regulasi sektor keuangan yang ada mungkin tidak mampu mengatasi risiko sistemik yang ditimbulkan oleh potensi adopsi luas teknik-teknik tersebut di bidang keuangan.

Terlebih lagi, beberapa teknik AI tingkat lanjut mungkin tidak kompatibel dengan persyaratan hukum atau peraturan yang ada. Kurangnya transparansi dan keterjelasan beberapa model ML dan sifat dinamis dari model pembelajaran mendalam yang terus beradaptasi merupakan contoh utama dari potensi ketidakcocokan tersebut. Ketidakkonsistenan juga dapat muncul di area seperti pengumpulan dan pengelolaan data: kerangka kerja GDPR Uni Eropa untuk perlindungan data memberlakukan batasan waktu dalam penyimpanan data individual, tetapi aturan terkait AI dapat mewajibkan perusahaan untuk menyimpan catatan kumpulan data yang digunakan untuk melatih algoritma untuk tujuan audit. Mengingat besarnya ukuran kumpulan data tersebut, terdapat pula implikasi praktis dan biaya yang terlibat dalam pencatatan data yang digunakan untuk melatih model untuk tujuan pengawasan.

Beberapa yurisdiksi, seperti Uni Eropa, telah mengidentifikasi kemungkinan perlunya menyesuaikan atau mengklarifikasi undang-undang yang ada di area tertentu (misalnya, pertanggungjawaban) untuk memastikan penerapan dan penegakan hukum yang efektif. Hal ini terjadi karena ketidakjelasan sistem AI, yang menyulitkan identifikasi dan pembuktian kemungkinan pelanggaran hukum, termasuk ketentuan hukum yang melindungi hak-hak fundamental, mengaitkan pertanggungjawaban, dan memenuhi persyaratan untuk menuntut kompensasi. Dalam jangka menengah, regulator dan pengawas mungkin perlu menyesuaikan regulasi dan metode pengawasan untuk beradaptasi dengan realitas baru yang ditimbulkan oleh penerapan AI (misalnya, konsentrasi, alih daya).

Para pelaku industri mencatat potensi risiko fragmentasi lanskap regulasi terkait AI di tingkat nasional, internasional, dan sektoral, serta perlunya konsistensi yang lebih baik untuk



memastikan bahwa teknik-teknik ini dapat berfungsi lintas batas. Selain regulasi yang berlaku untuk model dan sistem AI, banyak prinsip, panduan, dan praktik terbaik AI yang telah dipublikasikan telah dikembangkan dalam beberapa tahun terakhir.

Meskipun semua prinsip, panduan, dan praktik terbaik ini dipandang berharga oleh industri dalam mengatasi potensi risiko, terdapat perbedaan pandangan mengenai nilai praktisnya dan kesulitan dalam menerjemahkan prinsip-prinsip tersebut menjadi panduan praktis yang efektif (misalnya, melalui contoh nyata). Kemudahan penggunaan perangkat AI standar dan siap pakai dapat mendorong entitas yang tidak teregulasi untuk menyediakan layanan konsultasi investasi atau layanan lainnya tanpa sertifikasi/lisensi yang memadai dengan cara yang tidak sesuai. Arbitrase regulasi semacam ini juga terjadi terutama pada entitas BigTech yang menggunakan kumpulan data yang dapat mereka akses dari aktivitas utama mereka.

3.8. RISIKO KETENAGAKERJAAN DAN PERTANYAAN SEPUTAR KETERAMPILAN

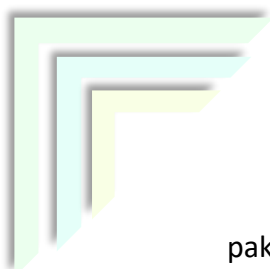
Penyedia dan pengawas jasa keuangan harus mampu secara teknis mengoperasikan, memeriksa sistem berbasis AI, dan melakukan intervensi bila diperlukan. Ketiadaan keterampilan yang memadai merupakan sumber kerentanan potensial bagi sisi industri maupun sisi regulasi/pengawas, dan dapat menimbulkan potensi masalah ketenagakerjaan di industri keuangan. Penerapan AI dan big data di bidang keuangan membutuhkan keahlian yang berbeda dengan yang dimiliki oleh sebagian kecil praktisi keuangan.

Sejalan dengan investasi signifikan yang perlu dilakukan untuk mengembangkan model dan perangkat berbasis AI, perusahaan juga perlu mengembangkan sumber daya manusia dengan keterampilan yang dibutuhkan untuk mendapatkan nilai dari teknologi tersebut dan memanfaatkan nilai dari sejumlah besar sumber data tidak terstruktur.

Dari sudut pandang industri, penerapan AI melibatkan penggunaan tenaga profesional yang menggabungkan keahlian ilmiah di bidang AI, keahlian ilmu komputer (pemrograman, pengodean), dan keahlian sektor keuangan. Meskipun pelaku pasar keuangan saat ini telah mengisolasi peran spesialis TI atau keuangan, meluasnya penggunaan AI oleh lembaga keuangan akan semakin bergantung pada, dan mendorong permintaan, para ahli yang berhasil menggabungkan pengetahuan keuangan dengan keahlian dalam ilmu komputer.

Yang terpenting, para profesional kepatuhan dan manajer risiko perlu memiliki pemahaman yang memadai tentang cara kerja teknik dan model AI agar dapat mengaudit, mengawasi, mengkritisi, dan menyetujui penggunaannya. Demikian pula, para manajer senior, yang dalam banyak kasus bertanggung jawab atas penggunaan teknik tersebut, perlu mampu memahami dan mengikuti perkembangan serta implementasinya.

Adopsi AI dan ML yang meluas oleh industri keuangan dapat menimbulkan beberapa tantangan ketenagakerjaan. Di satu sisi, permintaan akan karyawan dengan keterampilan yang dapat diterapkan dalam metode AI, matematika tingkat lanjut, rekayasa perangkat lunak, dan ilmu data diperkirakan akan signifikan. Di sisi lain, para eksekutif perusahaan jasa keuangan memperkirakan bahwa penerapan teknologi tersebut dapat mengakibatkan potensi hilangnya pekerjaan yang signifikan di seluruh industri. Dalam praktiknya, praktisi pasar keuangan dan



pakar manajemen risiko diharapkan memperoleh pengalaman dan keahlian di bidang AI dalam jangka menengah, seiring model AI akan berdampingan dengan model tradisional hingga AI menjadi lebih umum.

Ketergantungan yang berlebihan pada sistem berbasis AI yang sepenuhnya otomatis dapat meningkatkan risiko gangguan layanan dengan potensi dampak sistemik di pasar. Jika pasar yang bergantung pada sistem tersebut menghadapi gangguan teknis atau gangguan lainnya, penyedia layanan keuangan perlu memastikan bahwa dari perspektif sumber daya manusia, mereka siap untuk mengganti sistem AI otomatis dengan manusia terlatih yang bertindak sebagai jaring pengaman manusia dan mampu memastikan tidak ada gangguan di pasar. Pertimbangan tersebut kemungkinan akan menjadi semakin penting, seiring penerapan AI yang semakin meluas di seluruh pasar.

Persoalan keterampilan dan keahlian teknis juga menjadi semakin penting dari perspektif regulasi dan pengawasan. Regulator dan pengawas sektor keuangan mungkin perlu mengimbangi perkembangan teknologi dan meningkatkan keterampilan yang diperlukan untuk mengawasi aplikasi berbasis AI di bidang keuangan secara efektif. Otoritas penegakan hukum mungkin perlu memiliki kemampuan teknis untuk memeriksa sistem berbasis AI dan diberi wewenang untuk melakukan intervensi bila diperlukan. Peningkatan keterampilan para pembuat kebijakan juga akan memungkinkan mereka untuk memperluas penggunaan AI mereka sendiri dalam RegTech dan SupTech, sebuah area penting penerapan inovasi di sektor resmi.

AI dalam keuangan harus dipandang sebagai teknologi yang meningkatkan kemampuan manusia, alih-alih menggantikannya. Dapat dikatakan bahwa kombinasi 'manusia dan mesin', di mana AI menginformasikan penilaian manusia, alih-alih menggantikannya (pembantu keputusan, alih-alih pembuat keputusan), dapat memungkinkan terwujudnya manfaat teknologi, sekaligus menjaga akuntabilitas dan kendali atas pengambilan keputusan akhir. Pada tahap kematangan solusi AI saat ini, dan untuk memastikan bahwa kerentanan dan risiko yang timbul dari penggunaan teknik berbasis AI diminimalkan, beberapa tingkat pengawasan manusia terhadap teknik AI masih diperlukan. Identifikasi titik-titik konvergensi, di mana manusia dan AI terintegrasi, akan menjadi krusial bagi implementasi praktis pendekatan gabungan 'manusia dan mesin' ('manusia dalam lingkaran').

BAB 4

RESPONS DAN IMPLIKASI KEBIJAKAN

4.1. AKTIVITAS KEBIJAKAN TERKINI SEPUTAR AI DAN KEUANGAN

Mengingat potensi dampak transformatif AI di pasar tertentu, serta jenis risiko baru yang muncul dari penggunaannya, AI telah menjadi prioritas kebijakan yang terus berkembang selama beberapa tahun terakhir. Pada Mei 2019, OECD mengadopsi Prinsip-Prinsip AI, standar internasional pertama yang disepakati oleh pemerintah untuk pengelolaan AI yang bertanggung jawab dan tepercaya, dengan panduan dari kelompok pakar multi-pemangku kepentingan. Isu-isu yang dibahas melalui Prinsip-Prinsip AI OECD, dan kaitannya dengan pertumbuhan yang berkelanjutan dan inklusif, menjadikannya sangat relevan untuk diterapkan pada keuangan global.

Kotak 4.1. Prinsip-Prinsip AI OECD

Dewan OECD mengadopsi Rekomendasi tentang AI di tingkat Menteri pada 22-23 Mei 2019. Prinsip-Prinsip AI OECD berfokus pada bagaimana pemerintah dapat membentuk pendekatan yang berpusat pada manusia terhadap AI yang tepercaya, dan bertujuan untuk mendorong penggunaan AI yang inovatif dan tepercaya, dengan menghormati hak asasi manusia dan nilai-nilai demokrasi.

Rekomendasi ini mengidentifikasi lima prinsip berbasis nilai yang saling melengkapi untuk pengelolaan AI yang tepercaya dan bertanggung jawab:

- AI harus bermanfaat bagi manusia dan planet ini dengan mendorong pertumbuhan inklusif, pembangunan berkelanjutan, dan kesejahteraan.
- Sistem AI harus dirancang sedemikian rupa sehingga menghormati supremasi hukum, hak asasi manusia, nilai-nilai demokrasi, dan keberagaman, serta harus mencakup perlindungan yang memadai – misalnya, memungkinkan intervensi manusia jika diperlukan – untuk memastikan masyarakat yang adil dan setara.
- Harus ada transparansi dan pengungkapan yang bertanggung jawab seputar sistem AI untuk memastikan bahwa masyarakat memahami hasil berbasis AI dan dapat menggugatinya.
- Sistem AI harus berfungsi dengan kokoh, aman, dan terjamin sepanjang siklus hidupnya, dan potensi risikonya harus terus dinilai dan dikelola.
- Organisasi dan individu yang mengembangkan, menerapkan, atau mengoperasikan sistem AI harus bertanggung jawab atas fungsinya yang tepat sesuai dengan prinsip-prinsip di atas.
- OECD juga memberikan lima rekomendasi kepada pemerintah:

- Memfasilitasi investasi publik dan swasta dalam penelitian & pengembangan untuk memacu inovasi dalam AI yang terpercaya.
- Membina ekosistem AI yang mudah diakses dengan infrastruktur, teknologi digital, dan mekanisme untuk berbagi data dan pengetahuan.
- Memastikan lingkungan kebijakan yang akan membuka jalan bagi penerapan sistem AI yang terpercaya.
- Memberdayakan masyarakat dengan keterampilan AI dan mendukung pekerja untuk transisi yang adil.
- Bekerja sama lintas batas dan sektor untuk memajukan pengelolaan AI yang terpercaya secara bertanggung jawab.

Pada tahun 2020, Komisi Eropa menerbitkan Buku Putih berisi opsi kebijakan dan regulasi untuk ‘ekosistem AI untuk keunggulan dan kepercayaan’. Proposal tersebut menguraikan tindakan-tindakan spesifik untuk dukungan, pengembangan, dan adopsi AI di seluruh perekonomian dan administrasi publik Uni Eropa; menyediakan opsi untuk kerangka regulasi AI di masa mendatang; dan membahas aspek keselamatan dan tanggung jawab terkait AI. Tindakan di tingkat Eropa juga diarahkan pada tingkat implementasi praktis, dengan inisiatif seperti proyek percontohan konsorsium Infnitech yang didanai oleh Komisi Eropa dan bertujuan untuk menurunkan hambatan bagi inovasi berbasis AI, meningkatkan kepatuhan regulasi, dan merangsang investasi di sektor ini.

Kotak 4.2. Proyek Infnitech: menguji aplikasi AI dalam keuangan di tingkat Eropa

Proyek Infnitech adalah inisiatif yang dipimpin oleh konsorsium yang terdiri dari 48 peserta di 16 negara anggota Uni Eropa, didanai oleh Program Riset dan Inovasi Horizon 2020 Komisi Eropa dan bertujuan untuk menguji lebih dari 20 proyek percontohan dan uji coba di bidang keuangan digital, memanfaatkan manfaat AI, big data, dan IoT. Produk dan layanan percontohan Infnitech yang digerakkan oleh AI mencakup kasus penggunaan seputar Kenali Pelanggan Anda (KYC), analitik pelanggan, manajemen portofolio yang dipersonalisasi, penilaian risiko kredit, pencegahan kejahatan dan penipuan keuangan, asuransi, dan perangkat RegTech yang menggabungkan kemampuan tata kelola data dan memfasilitasi kepatuhan terhadap peraturan.

Beberapa contoh proyek percontohan Infnitech meliputi:

- Penilaian Risiko Kredit Cerdas dan Otomatis untuk UKM: Platform big data yang mengintegrasikan sistem berbasis AI dan Blockchain untuk penilaian risiko kredit UKM;
- Penilaian risiko real-time dalam Perbankan Investasi: prosedur penilaian dan pemantauan risiko real-time untuk dua metrik risiko standar – VaR (Nilai Risiko) dan ES (Kekurangan yang Diharapkan);

- Analisis Data Kolaboratif yang Berpusat pada Pelanggan untuk Layanan Keuangan: Alat pendukung berbasis AI untuk layanan pelanggan baru, yang terdiri dari sistem berbasis berbagi data, sistem penilaian kredit, dan sistem AML berbasis teknologi semantik dan berbagi data berbasis DLT;
- Manajemen Portofolio yang Dipersonalisasi: Konstruksi portofolio berbasis AI untuk manajemen kekayaan tanpa memandang ukuran portofolio;
- Platform untuk Pengawasan Anti Pencucian Uang (AML): Bertujuan untuk meningkatkan efektivitas kegiatan pengawasan yang ada (laporan analisis, penilaian risiko, dan alat penyaringan) dengan memproses Data Besar;
- Analisis keamanan siber real-time pada Data Besar Transaksi Keuangan: analisis real-time transaksi keuangan perbankan seluler, menerapkan model ML yang dikombinasikan dengan teknik analitik pada aliran data bervolume tinggi, memungkinkan tindakan pencegahan yang tepat dan cepat terhadap anomali.

Pada tahun 2019, dewan IOSCO mengidentifikasi AI dan ML sebagai prioritas penting. Pada tahun 2020, IOSCO menerbitkan laporan konsultasi tentang penggunaan AI oleh perantara pasar dan manajer aset, yang mengusulkan enam langkah untuk membantu anggota IOSCO dalam menciptakan kerangka regulasi yang tepat untuk mengawasi perantara pasar dan manajer aset yang menggunakan teknologi tersebut.

Kotak 4.3. Konsultasi IOSCO tentang penggunaan AI dan ML oleh perantara pasar dan manajer aset

Pada bulan Juni 2020, IOSCO menerbitkan konsultasi tentang penggunaan AI dan ML oleh perantara pasar dan manajer aset, untuk membantu anggotanya dalam menyediakan kerangka regulasi yang tepat dalam pengawasan perantara pasar dan manajer aset yang menggunakan AI dan ML.

Sebagai bagian dari konsultasi tersebut, IOSCO mengusulkan panduan yang terdiri dari enam langkah yang mencerminkan standar perilaku yang diharapkan, untuk memastikan bahwa fitur-fitur berikut terjamin:

- Kerangka tata kelola, kontrol, dan pengawasan yang tepat atas pengembangan, pengujian, penggunaan, dan pemantauan kinerja AI dan ML;
- Staf memiliki pengetahuan, keterampilan, dan pengalaman yang memadai untuk mengimplementasikan, mengawasi, dan menguji hasil AI dan ML;
- Proses pengembangan dan pengujian yang kuat, konsisten, dan terdefinisi dengan jelas untuk memungkinkan perusahaan mengidentifikasi potensi masalah sebelum penerapan AI dan ML secara penuh; dan
- Transparansi dan pengungkapan yang memadai kepada investor, regulator, dan pemangku kepentingan terkait lainnya.



Upaya juga telah dilakukan di tingkat nasional. Pada tahun 2018, ACPR Prancis membentuk gugus tugas yang menyatukan para profesional dari industri keuangan (asosiasi bisnis, bank, perusahaan asuransi, FinTech) dan otoritas publik untuk membahas penggunaan AI saat ini dan potensial di industri ini, peluang dan risiko terkait, serta tantangan yang dihadapi oleh pengawas. Pada tahun 2019, Bank of England dan Otoritas Perilaku Keuangan meluncurkan Forum AI Publik-Swasta.

Federasi Rusia memberlakukan Strategi Nasional untuk pengembangan AI pada tahun 2019, dan Konsep untuk pengembangan regulasi untuk teknologi AI dan robotika pada tahun 2020. Pada tahun 2021, Undang-Undang Federal tentang Rezim Inovasi Digital Eksperimental mulai berlaku, yang memberi wewenang kepada Bank Rusia untuk menyetujui peluncuran kotak pasir regulasi, termasuk untuk proyek-proyek yang menerapkan solusi AI dalam keuangan.

Kotak pasir regulasi lima tahun untuk implementasi AI telah diluncurkan di Moskow pada bulan Juli 2020 di bawah Undang-Undang Federal khusus. Terkait inisiatif kebijakan dan regulasi terkini, pada 31 Maret 2021, Badan Pengawas Mata Uang, Sistem Federal Reserve, Lembaga Penjamin Simpanan Federal, Biro Perlindungan Keuangan Konsumen, dan Administrasi Serikat Kredit Nasional (NCA) mengeluarkan Permintaan Informasi dan komentar mengenai penggunaan AI oleh lembaga keuangan, termasuk ML.

Konsultasi ini mencatat manfaat dan risiko utama AI dalam keuangan (seputar keterjelasan, penggunaan data, dan pembaruan dinamis) dan mencari masukan mengenai pertanyaan terkait keterjelasan, pemrosesan dan penggunaan data yang lebih luas atau lebih intensif, risiko overfitting, risiko keamanan siber, pertimbangan pemberian pinjaman yang adil, pengawasan pihak ketiga, dan pertimbangan lainnya. Pada 21 April 2021, Komisi Eropa menerbitkan proposal regulasi yang bertujuan mengatasi risiko AI dan menetapkan aturan yang harmonis mengenai penggunaan AI di berbagai sektor kegiatan, sekaligus mengusulkan pembentukan Dewan AI Eropa.

Meskipun cakupan proposal ini luas, persyaratan terkuat berlaku untuk aplikasi AI berisiko tinggi, termasuk penilaian kelayakan kredit. Kewajiban untuk AI berisiko tinggi tersebut mencakup persyaratan untuk menggunakan sistem manajemen risiko dan mutu yang terperinci dan spesifik serta melakukan penilaian kesesuaian terhadap sistem tersebut; menggunakan data berkualitas tinggi yang representatif, bebas dari kesalahan, dan lengkap; menyimpan catatan dan log, serta bersikap transparan kepada pengguna tentang penggunaan dan pengoperasian aplikasi berbasis AI. Aturan yang diusulkan juga memperkenalkan persyaratan pengawasan manusia oleh individu yang terlatih, penggunaan tombol pemutus (kill switch) dan/atau konfirmasi manusia yang eksplisit atas pengambilan keputusan; memastikan akurasi, ketahanan, dan keamanan sistem; melakukan pemantauan pasca-pemasaran dan memberi tahu regulator tentang insiden serius, serta mendaftarkan sistem pada daftar publik.

4.2. PERTIMBANGAN KEBIJAKAN

Peningkatan penerapan AI dalam layanan keuangan dapat memberikan manfaat penting bagi konsumen keuangan dan pelaku pasar, dengan meningkatkan kualitas layanan yang ditawarkan dan menghasilkan efisiensi bagi penyedia layanan keuangan. Di saat yang sama, aplikasi berbasis AI di bidang keuangan dapat menimbulkan tantangan baru (misalnya terkait kurangnya penjelasan) atau memperkuat risiko yang sudah ada di pasar keuangan (misalnya terkait pengelolaan dan penggunaan data).

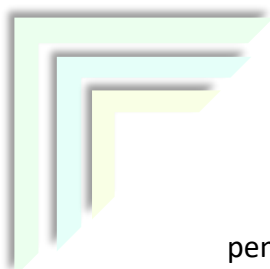
Para pembuat kebijakan dan regulator berperan dalam memastikan bahwa penggunaan AI di bidang keuangan konsisten dengan upaya mendorong stabilitas keuangan, melindungi konsumen keuangan, dan mendorong integritas pasar serta persaingan. Risiko yang muncul dari penerapan teknik AI perlu diidentifikasi dan dimitigasi untuk mendukung dan mempromosikan penggunaan AI yang bertanggung jawab.

Persyaratan regulasi dan pengawasan yang ada mungkin perlu diperjelas dan terkadang disesuaikan untuk mengatasi beberapa ketidaksesuaian yang dirasakan dalam pengaturan yang ada dengan aplikasi AI. Penerapan persyaratan regulasi dan pengawasan pada teknik AI dapat ditinjau dalam kerangka kontekstual dan proporsional, tergantung pada kekritisannya penerapan dan potensi dampaknya terhadap konsumen yang terlibat. Hal ini kemungkinan akan mendorong penggunaan AI tanpa menghambat inovasi secara tidak perlu.

Para pembuat kebijakan perlu mempertimbangkan untuk mempertajam fokus mereka pada tata kelola data yang lebih baik oleh perusahaan sektor keuangan, dengan tujuan memperkuat perlindungan konsumen di seluruh aplikasi AI di bidang keuangan. Beberapa risiko terpenting yang diangkat dalam catatan ini berkaitan dengan manajemen data: privasi data, kerahasiaan, konsentrasi data, dan kemungkinan dampaknya terhadap dinamika persaingan pasar, serta risiko bias dan diskriminasi yang tidak diinginkan terhadap sebagian populasi dan penyimpangan data. Pentingnya data tidak terbantahkan dalam hal pelatihan, pengujian, dan validasi model ML, serta dalam menentukan kapasitas model tersebut untuk mempertahankan daya prediktifnya dalam situasi tail event.

Para pembuat kebijakan dapat mempertimbangkan penerapan persyaratan khusus atau praktik terbaik untuk manajemen data dalam teknik berbasis AI. Hal ini dapat menyentuh kualitas data, kecukupan dataset yang digunakan tergantung pada tujuan penggunaan model AI, dan perlindungan yang memberikan jaminan tentang ketahanan model dalam hal menghindari potensi bias. Pemeriksaan kesesuaian hasil model terhadap dataset dasar dan pengujian lain berdasarkan apakah kelas yang dilindungi dapat disimpulkan dari atribut lain dalam data merupakan dua contoh praktik terbaik untuk memitigasi risiko diskriminasi. Validasi kesesuaian variabel yang digunakan oleh model dapat mengurangi sumber potensi bias. Perangkat dapat dikembangkan dan digunakan untuk memantau dan mengoreksi penyimpangan konseptual. Persyaratan untuk transparansi tambahan atas penggunaan data pribadi dan opsi opt-out untuk penggunaan data pribadi dapat dipertimbangkan oleh otoritas.

Para pembuat kebijakan dapat mempertimbangkan persyaratan pengungkapan seputar penggunaan teknik AI dalam penyediaan layanan keuangan dan hal tersebut dapat memengaruhi hasil pelanggan. Konsumen keuangan perlu diinformasikan tentang



penggunaan teknik AI dalam penyediaan produk, serta potensi interaksi dengan sistem AI, alih-alih manusia, agar dapat membuat pilihan yang sadar di antara produk-produk yang bersaing.

Informasi yang jelas seputar kemampuan dan keterbatasan sistem AI harus dicantumkan dalam pengungkapan tersebut. Penerapan persyaratan kesesuaian untuk layanan keuangan berbasis AI, serupa dengan persyaratan yang berlaku untuk penjualan produk investasi, dapat dipertimbangkan oleh otoritas. Persyaratan tersebut akan membantu penyedia layanan keuangan menilai dengan lebih baik apakah calon klien memiliki pemahaman yang kuat tentang bagaimana penggunaan AI memengaruhi penyediaan produk.

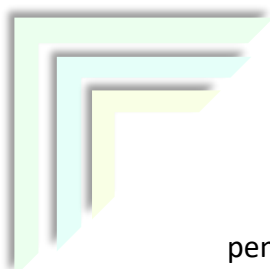
Transparansi dan keterjelasan yang terbatas dari banyak model pembelajaran mesin berbasis AI yang canggih merupakan pertanyaan kebijakan utama yang masih harus diselesaikan. Kurangnya keterjelasan tidak sesuai dengan hukum dan peraturan yang berlaku, tetapi juga dengan tata kelola internal, manajemen risiko, dan kerangka kerja pengendalian penyedia jasa keuangan. Hal ini membatasi kemampuan pengguna untuk memahami bagaimana model mereka memengaruhi pasar atau berkontribusi terhadap guncangan pasar.

Hal ini dapat memperkuat risiko sistemik terkait pro-siklisitas, konvergensi, dan peningkatan volatilitas pasar melalui pembelian dan penjualan simultan dalam jumlah besar, terutama ketika model standar pihak ketiga digunakan. Yang terpenting, ketidakmampuan pengguna untuk menyesuaikan strategi mereka di masa-masa sulit dapat menyebabkan volatilitas pasar yang semakin parah dan periode ilikuiditas selama periode stres akut, yang memperparah kejadian seperti flash crash.

Regulator harus mempertimbangkan cara mengatasi ketidaksesuaian yang dirasakan antara kurangnya keterjelasan dalam AI dengan hukum dan peraturan yang berlaku. Mungkin ada kebutuhan untuk memperbarui dan/atau menyesuaikan kerangka kerja yang berlaku saat ini untuk tata kelola model dan manajemen risiko oleh perusahaan jasa keuangan guna mengatasi tantangan yang timbul akibat penggunaan model berbasis AI. Fokus pengawasan mungkin perlu dialihkan dari dokumentasi proses pengembangan dan proses yang dilalui model untuk memprediksi perilaku dan hasil model, dan pengawas mungkin ingin mencari cara yang lebih teknis untuk mengelola risiko, seperti uji stres model adversarial atau metrik berbasis hasil.

Meskipun terdapat kemajuan terbaru dalam meningkatkan kemampuan menjelaskan AI dari tingkat rendah, kemampuan menjelaskan tetap menjadi inti dari persepsi kurangnya kepercayaan pengguna dan pengawas terhadap aplikasi AI. Meskipun diskusi saat ini cenderung berfokus pada peningkatan kemampuan menjelaskan sebagai satu-satunya mekanisme untuk meningkatkan kepercayaan, mekanisme pengawasan dan keseimbangan lain mungkin perlu diperkenalkan untuk memastikan bahwa pengambilan keputusan berbasis model ML beroperasi sebagaimana mestinya.

Para pembuat kebijakan dapat mempertimbangkan untuk mewajibkan kerangka kerja tata kelola model yang jelas dan atribusi akuntabilitas kepada manusia guna membantu membangun kepercayaan dalam sistem yang digerakkan oleh AI. Kerangka kerja tata kelola eksplisit yang menetapkan garis tanggung jawab yang jelas untuk pengembangan dan pengawasan sistem berbasis AI di sepanjang siklus hidupnya, mulai dari pengembangan hingga



penerapan, mungkin perlu diterapkan oleh penyedia layanan keuangan untuk memperkuat pengaturan yang ada untuk operasi terkait AI.

Kerangka kerja tata kelola model internal mungkin perlu disesuaikan untuk lebih menangkap risiko yang muncul dari penggunaan AI, serta untuk menggabungkan hasil yang diharapkan bagi konsumen dengan penilaian apakah dan bagaimana hasil tersebut dicapai dengan menggunakan teknologi AI. Dokumentasi dan jejak audit yang memadai dari proses-proses di atas dapat membantu pengawasan aktivitas tersebut oleh pengawas.

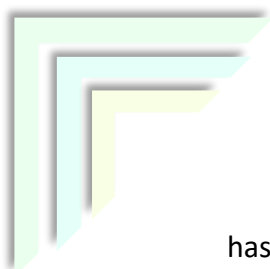
Peningkatan jaminan oleh perusahaan keuangan terkait ketahanan dan ketahanan model AI sangat penting karena para pembuat kebijakan berupaya untuk mencegah penumpukan risiko sistemik, dan akan membantu aplikasi AI di bidang keuangan mendapatkan kepercayaan. Kinerja model mungkin perlu diuji dalam kondisi pasar yang ekstrem, untuk mencegah risiko dan kerentanan sistemik yang mungkin muncul di masa-masa sulit.

Pengenalan mekanisme kontrol otomatis (seperti kill switch) yang memicu peringatan atau menonaktifkan model saat terjadi tekanan dapat membantu memitigasi risiko, meskipun hal ini membuat perusahaan terpapar risiko operasional baru. Rencana, model, dan proses cadangan harus tersedia untuk memastikan kelangsungan bisnis jika model gagal atau bertindak dengan cara yang tidak terduga. Lebih lanjut, regulator dapat mempertimbangkan buffer tambahan atau minimum jika bank menentukan bobot risiko atau modal berdasarkan algoritma AI.

Kerangka kerja untuk pelatihan, pelatihan ulang, dan pengujian model AI yang tepat mungkin perlu diperkenalkan dan/atau diperkuat untuk memastikan bahwa pengambilan keputusan berbasis model ML beroperasi sebagaimana mestinya dan sesuai dengan aturan dan regulasi yang berlaku. Set data yang digunakan untuk pelatihan harus cukup besar untuk menangkap hubungan non-linier dan peristiwa ekor dalam data, meskipun sintetis, untuk meningkatkan keandalan model tersebut saat terjadi krisis yang tidak terduga. Pengujian model ML yang berkelanjutan sangat diperlukan untuk mengidentifikasi dan mengoreksi penyimpangan model.

Pemantauan dan validasi model AI yang berkelanjutan, yang fundamental bagi risikonya, perlu terus dipromosikan oleh regulator sebagai cara paling efektif untuk meningkatkan ketahanan model dan mencegah serta mengatasi penyimpangan model. Praktik terbaik seputar prosedur standar untuk pemantauan dan validasi tersebut dapat membantu meningkatkan ketahanan model, dan mengidentifikasi apakah model tersebut memerlukan penyesuaian, pengembangan ulang, atau penggantian. Validasi model, serta persetujuan dan persetujuan yang diperlukan, perlu dipisahkan dari pengembangan model dan didokumentasikan sebaik mungkin untuk tujuan pengawasan. Frekuensi pengujian dan validasi mungkin perlu ditentukan tergantung pada kompleksitas model dan materialitas keputusan yang dibuat oleh model tersebut.

Penekanan yang tepat dapat diberikan pada keutamaan manusia dalam pengambilan keputusan terkait kasus penggunaan bernilai tinggi (misalnya, keputusan pemberian pinjaman) yang secara signifikan memengaruhi konsumen. Pihak berwenang dapat mempertimbangkan pengenalan proses yang memungkinkan pelanggan untuk menggugat



hasil model AI dan mencari ganti rugi, yang juga dapat membantu membangun kepercayaan atas sistem tersebut.

GDPR adalah contoh kebijakan tersebut, karena memberikan hak terkait bagi individu untuk 'mendapatkan intervensi manusia' dan untuk menyampaikan sudut pandang mereka jika mereka ingin menggugat keputusan yang dibuat oleh suatu algoritma (EU, 2016). Komunikasi publik oleh sektor resmi yang secara jelas menetapkan ekspektasi dapat semakin membangun kepercayaan terhadap aplikasi AI di bidang keuangan.

Para pembuat kebijakan harus mempertimbangkan peningkatan kompleksitas teknis AI, dan apakah sumber daya perlu dikerahkan untuk mengimbangi kemajuan teknologi. Investasi dalam penelitian dapat memungkinkan penyelesaian beberapa masalah seputar keterjelasan dan konsekuensi yang tidak diinginkan dari teknik AI. Investasi dalam keterampilan bagi peserta sektor keuangan dan pembuat kebijakan akan memungkinkan mereka untuk mengikuti kemajuan teknologi dan memelihara dialog multidisiplin di tingkat operasional, regulasi, dan pengawasan.

Kerja sama yang lebih erat antara staf TI dengan pakar keuangan yang lebih tradisional dapat menjadi salah satu cara untuk menyesuaikan keseimbangan antara prediktabilitas model dan keterjelasan, serta memenuhi persyaratan hukum dan peraturan untuk auditabilitas dan transparansi. Mungkin perlu dibangun jembatan antardisiplin ilmu yang saat ini bekerja secara terpisah, seperti pembelajaran mendalam dan pendekatan simbolis (yang terakhir melibatkan aturan yang dibuat melalui intervensi manusia), untuk membantu meningkatkan keterjelasan dalam pendekatan berbasis AI.

Otoritas penegak hukum khususnya mungkin perlu memiliki kemampuan teknis untuk memeriksa sistem berbasis AI dan diberdayakan untuk melakukan intervensi bila diperlukan, tetapi juga untuk menikmati manfaat teknologi ini dengan menerapkan AI dalam aplikasi RegTech/SupTech.

Peran pembuat kebijakan penting dalam mendukung inovasi di sektor ini sekaligus memastikan bahwa konsumen dan investor keuangan terlindungi dengan baik dan pasar di sekitar produk dan layanan tersebut tetap adil, tertib, dan transparan. Para pembuat kebijakan mungkin perlu mempertajam pertahanan mereka yang ada terhadap risiko yang muncul dari, atau diperburuk oleh, penggunaan AI. Komunikasi yang jelas seputar adopsi AI dan perlindungan yang diterapkan untuk melindungi sistem dan penggunaannya dapat membantu membangun kepercayaan dan keyakinan serta mendorong adopsi teknik inovatif tersebut. Mengingat kemudahan penyediaan layanan keuangan lintas batas, dialog multidisiplin antara pembuat kebijakan dan industri perlu dipupuk dan dipertahankan, baik di tingkat nasional maupun internasional.



DAFTAR PUSTAKA

- Adewusi, A. O., Okoli, U. I., Adaga, E., Olorunsogo, T., Asuzu, O. F., & Daraojimba, D. O. (2024). Business intelligence in the era of big data: a review of analytical tools and competitive advantage. *Computer Science & IT Research Journal*, 5(2), 415-431.
- Ahmadi, S. (2024). A comprehensive study on integration of big data and AI in financial industry and its effect on present and future opportunities. *International Journal of Current Science Research and Review*, 7(01), 66-74.
- Ahmed, S., Alshater, M. M., El Ammari, A., & Hammami, H. (2022). Artificial intelligence and machine learning in finance: A bibliometric review. *Research in International Business and Finance*, 61, 101646.
- Al Ayub Ahmed, A., Rajesh, S., Lohana, S., Ray, S., Maroor, J. P., & Naved, M. (2022, June). Using Machine Learning and Data Mining to Evaluate Modern Financial Management Techniques. In *Proceedings of Second International Conference in Mechanical and Energy Technology: ICMET 2021, India* (pp. 249-257). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Ali, A., Abd Razak, S., Othman, S. H., Eisa, T. A. E., Al-Dhaqm, A., Nasser, M., ... & Saif, A. (2022). Financial fraud detection based on machine learning: a systematic literature review. *Applied Sciences*, 12(19), 9637.
- Alonge, E. O., Eyo-Udo, N. L., Ubanadu, B. C., Daraojimba, A. I., Balogun, E. D., & Ogunsola, K. O. (2021). Enhancing data security with machine learning: A study on fraud detection algorithms. *Journal of Data Security and Fraud Prevention*, 7(2), 105-118.
- Awotunde, J. B., Adeniyi, E. A., Ogundokun, R. O., & Ayo, F. E. (2021). Application of big data with fintech in financial services. In *Fintech with artificial intelligence, big data, and blockchain* (pp. 107-132). Singapore: Springer Singapore.
- Bahoo, S., Cucculelli, M., Goga, X., & Mondolo, J. (2024). Artificial intelligence in Finance: a comprehensive review through bibliometric and content analysis. *SN Business & Economics*, 4(2), 23.
- Belhaj, M., & Hachaïchi, Y. (2021). Artificial intelligence, machine learning and big data in finance opportunities, challenges, and implications for policy makers.
- Bello, O. A., Ogundipe, A., Mohammed, D., Adebola, F., & Alonge, O. A. (2023). AI-driven approaches for real-time fraud detection in US financial transactions: Challenges and



opportunities. *European Journal of Computer Science and Information Technology*, 11(6), 84-102.

Bhat, S. A., & Huang, N. F. (2021). Big data and ai revolution in precision agriculture: Survey and challenges. *Ieee Access*, 9, 110209-110222.

Biju, A. K. V. N., Thomas, A. S., & Thasneem, J. (2023). Examining the research taxonomy of artificial intelligence, deep learning & machine learning in the financial sphere—a bibliometric analysis. *Quality & Quantity*, 1.

Bisht, D., Singh, R., Gehlot, A., Akram, S. V., Singh, A., Montero, E. C., ... & Twala, B. (2022). Imperative role of integrating digitalization in the firms finance: A technological perspective. *Electronics*, 11(19), 3252.

Bose, S., Dey, S. K., & Bhattacharjee, S. (2023). Big data, data analytics and artificial intelligence in accounting: An overview. *Handbook of big data research methods*, 32-51.

Boukherouaa, E. B., Shabsigh, M. G., AlAjmi, K., Deodoro, J., Farias, A., Iskender, E. S., ... & Ravikumar, R. (2021). Powering the digital economy: Opportunities and risks of artificial intelligence in finance. *International Monetary Fund*.

Byrapu, S. R. (2023). Big data analysis in finance management. *Journal of Algebraic Statistics*, 14(1), 142-149.

Cao, L. (2022). Ai in finance: challenges, techniques, and opportunities. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 55(3), 1-38.

Cao, L., Yang, Q., & Yu, P. S. (2021). Data science and AI in FinTech: An overview. *International Journal of Data Science and Analytics*, 12(2), 81-99.

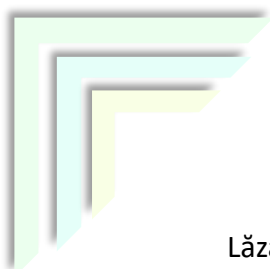
Christensen, J. (2021). AI in financial services. In *Demystifying AI for the Enterprise* (pp. 149-192). Productivity Press.

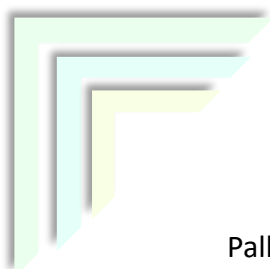
Chukwuma-Eke, E. C., Ogunsola, O. Y., & Isibor, N. J. (2023). Conceptualizing digital financial tools and strategies for effective budget management in the oil and gas sector. *International Journal of Management and Organizational Research*, 2(1), 230-246.

Dong, X., Dang, B., Zang, H., Li, S., & Ma, D. (2024). The prediction trend of enterprise financial risk based on machine learning arima model. *Journal of Theory and Practice of Engineering Science*, 4(01), 65-71.

Ejiofor, O. E. (2023). A comprehensive framework for strengthening USA financial cybersecurity: integrating machine learning and AI in fraud detection systems. *European Journal of Computer Science and Information Technology*, 11(6), 62-83.

- 
- El Hajj, M., & Hammoud, J. (2023). Unveiling the influence of artificial intelligence and machine learning on financial markets: A comprehensive analysis of AI applications in trading, risk management, and financial operations. *Journal of Risk and Financial Management*, 16(10), 434.
- El Samad, M., Dennaoui, H., & El Nemar, S. (2023). Machine learning and big data in finance services. In *Artificial Intelligence for Capital Markets* (pp. 13-27). Chapman and Hall/CRC.
- Elumilade, O. O., Ogundeji, I. A., Achumie, G. O., Omokhoa, H. E., & Omowole, B. M. (2021). Enhancing fraud detection and forensic auditing through data-driven techniques for financial integrity and security. *Journal of Advanced Education and Sciences*, 1(2), 55-63.
- Giudici, P., & Raffinetti, E. (2023). SAFE Artificial Intelligence in finance. *Finance Research Letters*, 56, 104088.
- Goldstein, I., Spatt, C. S., & Ye, M. (2021). Big data in finance. *The Review of Financial Studies*, 34(7), 3213-3225.
- Jayesh, G. S., Vijai, C., Raj, S. O. N. N., Natarajan, S., Mohideen, A. S., & Rajalakshmi, M. (2024). ARTIFICIAL INTELLIGENCE, MACHINE LEARNING AND BIG DATA IN FINANCE. *Yugato*, 76(1).
- Khunger, A. (2022). DEEP Learning for financial stress testing: A data-driven approach to risk management. *International Journal of Innovation Studies*.
- Kumar, S., Sharma, D., Rao, S., Lim, W. M., & Mangla, S. K. (2025). Past, present, and future of sustainable finance: insights from big data analytics through machine learning of scholarly research. *Annals of Operations Research*, 345(2), 1061-1104.
- Kureljusic, M., & Karger, E. (2024). Forecasting in financial accounting with artificial intelligence—A systematic literature review and future research agenda. *Journal of Applied Accounting Research*, 25(1), 81-104.
- Kute, D. V., Pradhan, B., Shukla, N., & Alamri, A. (2021). Deep learning and explainable artificial intelligence techniques applied for detecting money laundering—a critical review. *IEEE access*, 9, 82300-82317.
- Lakhchini, W., Wahabi, R., & El Kabbouri, M. (2022). Artificial intelligence & machine learning in finance: A literature review. *International Journal of Accounting, Finance, Auditing, Management and Economics*.

- 
- Lăzăroiu, G., Bogdan, M., Geamănu, M., Hurloiu, L., Luminița, L., & Ștefănescu, R. (2023). Artificial intelligence algorithms and cloud computing technologies in blockchain-based fintech management. *Oeconomia Copernicana*, 14(3), 707-730.
- Mahalakshmi, V., Kulkarni, N., Kumar, K. P., Kumar, K. S., Sree, D. N., & Durga, S. (2022). The role of implementing artificial intelligence and machine learning technologies in the financial services industry for creating competitive intelligence. *Materials Today: Proceedings*, 56, 2252-2255.
- Mestikou, M. A., Smeti, K. E., & Hachaïchi, Y. (2023). Artificial intelligence and machine learning in financial services Market developments and financial stability implications. *Financial Stability Board*, 1, 1-6.
- Mhlanga, D. (2021). Financial inclusion in emerging economies: The application of machine learning and artificial intelligence in credit risk assessment. *International journal of financial studies*, 9(3), 39.
- Milana, C., & Ashta, A. (2021). Artificial intelligence techniques in finance and financial markets: a survey of the literature. *Strategic Change*, 30(3), 189-209.
- Milojević, N., & Redzepagic, S. (2021). Prospects of artificial intelligence and machine learning application in banking risk management. *Journal of central banking theory and practice*, 10(3), 41-57.
- Mogaji, E., & Nguyen, N. P. (2022). Managers' understanding of artificial intelligence in relation to marketing financial services: insights from a cross-country study. *International Journal of Bank Marketing*, 40(6), 1272-1298.
- Musleh Al-Sartawi, A. M., Hussainey, K., & Razzaque, A. (2022). The role of artificial intelligence in sustainable finance. *Journal of Sustainable Finance & Investment*, 1-6.
- Najem, R., Bahnasse, A., Fakhouri Amr, M., & Talea, M. (2025). Advanced AI and big data techniques in E-finance: a comprehensive survey. *Discover Artificial Intelligence*, 5(1), 102.
- Nguyen, D. K., Sermpinis, G., & Stasinakis, C. (2023). Big data, artificial intelligence and machine learning: A transformative symbiosis in favour of financial technology. *European Financial Management*, 29(2), 517-548.
- Nicholls, J., Kuppa, A., & Le-Khac, N. A. (2021). Financial cybercrime: A comprehensive survey of deep learning approaches to tackle the evolving financial crime landscape. *Ieee Access*, 9, 163965-163986.

- 
- Pallathadka, H., Ramirez-Asis, E. H., Loli-Poma, T. P., Kaliyaperumal, K., Ventayen, R. J. M., & Naved, M. (2023). Applications of artificial intelligence in business management, e-commerce and finance. *Materials Today: Proceedings*, 80, 2610-2613.
- Paramesha, M., Rane, N., & Rane, J. (2024). Artificial intelligence, machine learning, deep learning, and blockchain in financial and banking services: A comprehensive review. *Machine Learning, Deep Learning, and Blockchain in Financial and Banking Services: A Comprehensive Review* (June 6, 2024).
- Pillai, V. (2023). Integrating ai-driven techniques in big data analytics: Enhancing decision-making in financial markets. *International Journal of Engineering and Computer Science*, 12(07), 10-18535.
- Sahu, S. K., Mokhade, A., & Bokde, N. D. (2023). An overview of machine learning, deep learning, and reinforcement learning-based techniques in quantitative finance: recent progress and challenges. *Applied Sciences*, 13(3), 1956.
- Sharifani, K., & Amini, M. (2023). Machine learning and deep learning: A review of methods and applications. *World Information Technology and Engineering Journal*, 10(07), 3897-3904.
- Shi, S., Tse, R., Luo, W., D'Addona, S., & Pau, G. (2022). Machine learning-driven credit risk: a systemic review. *Neural Computing and Applications*, 34(17), 14327-14339.
- Sonkavde, G., Dharrao, D. S., Bongale, A. M., Deokate, S. T., Doreswamy, D., & Bhat, S. K. (2023). Forecasting stock market prices using machine learning and deep learning models: A systematic review, performance analysis and discussion of implications. *International Journal of Financial Studies*, 11(3), 94.
- Sood, K., Dhanaraj, R. K., Balusamy, B., Grima, S., & Uma Maheshwari, R. (Eds.). (2022). *Big Data: A game changer for insurance industry*. Emerald Publishing Limited.
- Thayyib, P. V., Mamilla, R., Khan, M., Fatima, H., Asim, M., Anwar, I., ... & Khan, M. A. (2023). State-of-the-art of artificial intelligence and big data analytics reviews in five different domains: a bibliometric summary. *Sustainability*, 15(5), 4026.
- Vadisetty, R. (2024, November). Efficient large-scale data based on cloud framework using critical influences on financial landscape. In *2024 International Conference on Intelligent Computing and Emerging Communication Technologies (ICEC)* (pp. 1-6). IEEE.
- Walker, T., Davis, F., & Schwartz, T. (2022). Big Data in Finance: An Overview. *Big Data in Finance: Opportunities and Challenges of Financial Digitalization*, 3-9.



Winata, V. (2022). Optimizing Big Data Processing Through Artificial Intelligence: A Systematic Literature Review. *Aira (Artificial Intelligence Research and Applied Learning)*, 1(2), 1-9.

AI, ML, BIG DATA dalam KEUANGAN

Dr. 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 978-634-7227-60-7 (PDF)



9

786347

227607