

KOMPUTASI FOTOGRAFI

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



YAYASAN PRIMA AGUS TEKNIK



UNIVERSITAS STEKOM

KOMPUTASI FOTOGRAFI

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



Diterbitkan Atas Kerjasama Penerbit Yayasan Prima Agus Teknik (YPAT)
dengan Universitas Sains & Teknologi Komputer (UNIVERSITAS STEKOM)



YAYASAN PRIMA AGUS TEKNIK



UNIVERSITAS STEKOM

ISBN 978-623-95042-7-4 (PDF)



9 786239 504274

KOMPUTASI FOTOGRAFI

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

Kerjasama Penerbit YPAT Dengan UNIVERSITAS STEKOM



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



KOMPUTASI FOTOGRAFI

Penulis :

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

ISBN : 9 786239 504274

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 Yudianto

Penebit :

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

Redaksi :

Jl. Majapahit no 605 Semarang

Telp. (024) 6723456

Fax. 024-6710144

Email : penerbit_ypat@stekom.ac.id

Distributor Tunggal :

Universitas STEKOM

Jl. Majapahit no 605 Semarang

Telp. (024) 6723456

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 tertulis dari penerbit

Kata Pengantar

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena dengan rahmat, karunia, serta taufik dan hidayah-Nya kami dapat menyelesaikan penyusunan buku ***KOMPUTASI FOTOGRAFI*** dengan harapan untuk dapat dipergunakan oleh kalangan para akademisi.

Tujuan utama penyusunan buku ini adalah untuk memudahkan mahasiswa dalam memahami dan menguasai dasar-dasar ilmu Komputasi Fotografi. Buku ini memberikan gambaran tentang Komputasi Fotografi yang disertai berbagai Penjelasan yang lengkap, sehingga memudahkan para mahasiswa untuk memahami, Dasar-dasar dari fotografi seperti settingan pada kamera dan tekniknya.

Semoga buku ini dapat dipahami bagi siapapun yang membacanya. Sekiranya buku yang telah disusun ini dapat berguna bagi kami sendiri maupun orang yang membacanya. Sebelumnya kami mohon maaf apabila terdapat kesalahan kata-kata yang kurang berkenan dan kami memohon kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa depan.

Semarang, Desember 2020

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

Penulis

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	iv
Daftar Isi.....	v
1. Pendahuluan.....	1
Kesimpulan	2
2. Optik Modern.....	3
2.1. Komponen Dasar pada Kamera	3
2.2. Imagine dengan Pinhole.....	4
2.3. Lensa	6
2.4. Exposure.....	10
2.5. Aperture	11
2.6. ISO	15
Kesimpulan	19
3. Light Field Photography	21
3.1. Definisi Light Field.....	21
3.2. Generasi pada Refocus Photo menggunakan Light Field Recording	22
3.3. Efek Sintetis Lainnya menggunakan Light Field.....	25
3.3.1. Fotografi Aperture Sintetis	25
3.3.2.. View Fotografi Sintetis	27
3.4. Light Field Microscopy.....	28
3.5. Light Field Camera berbasis masker.....	32
Kesimpulan	38
4. Teknik Iluminasi dalam Fotografi Komputasi	39
4.1. Multi-flash Camera	40
4.2. Teknik Descattering menggunakan Iluminasi.....	46
4.3. Highlighted Depth-of-Field (DOF) Photography	51
Kesimpulan	62
5. Kamera untuk HCI.....	63
5.1. Motion Capture	63
5.1.1. Teknik Konvensional	63
5.1.2.. Prakash: Lighting-Aware Motion Capture	67
5.2. Bokode: Future Barcode	70
Kesimpulan	75
6. Teknik Rekonstruksi.....	76
6.1. Shield Field	76
6.2. Non-Scanning CT	79
6.1.1 Latihan Soal	82
7. Daftar Pustaka	83

BAB I

1. Pendahuluan

Sejak kamera pertama, Daguerreotype (Gambar 1.1) yang ditemukan pada tahun 1839, telah terjadi banyak perkembangan baik dari segi bentuk, komponen, fungsi dan metode pengambilannya. Gambar 1.1 menunjukkan perbandingan yang baik yang mencerminkan perkembangan besar antara kamera pertama dan kamera modern. Walau demikian, saya ingin melihat perubahan paling signifikan yang dibuat dalam beberapa tahun terakhir melalui transisi dari kamera film ke kamera digital. Dalam hal transisi, mungkin lebih tepatnya sebuah revolusi, tidak hanya berarti perubahan cara akuisisi gambar. Hal ini dengan cepat mengubah paradigma imajinasi dengan masalah baru yang menantang serta banyak fungsi yang nyaman. Meskipun terjadi perubahan yang begitu besar, namun ironisnya tidak ada perubahan yang signifikan pada bentuknya sendiri seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.2.



(a) Daguerreotype, 1839



(b) Modern Camera, 2011

Gambar 1.1 Perbandingan kamera pertama dan kamera modern



(a) Nikon F80 Film Camera



(b) Nikon D50 Digital Camera

Gambar 1.2 Perbandingan film dan kamera digital

Dengan munculnya kamera digital, orang dengan mudah dan cepat mendapatkan foto tanpa proses pengembangan film yang memakan banyak waktu, hal ini merupakan proses yang diperlukan dalam fotografi film. Namun kemudahan tersebut membawa hal-hal negatif.

Pertama-tama, kualitas fotografi merupakan masalah kritis pada kamera digital komersial awal karena resolusi gambar yang tidak mencukupi dan sensitivitas cahaya yang buruk pada sensor gambar. Peneliti kamera digital terus meningkatkan kualitas fotografi agar sebanding dengan kamera film dan akhirnya kamera film telah menjadi perangkat sejarah. Namun masih sulit untuk mengatakan bahwa kualitas kamera digital modern lebih baik daripada kamera film pada masa itu dalam aspek resolusi gambar dan rentang dinamis. Peneliti terus bekerja untuk meningkatkan kualitas kamera digital dan menrapkan fungsi yang lebih nyaman, yang merupakan tujuan bersama dalam penelitian fotografi komputasi.

Peneliti fotografi komputasi telah terlibat dalam masalah yang lebih menantang untuk mendobrak batasan fotografi tradisional. Misalnya, teknik refokus digital dalam mengontrol DOF (Depth of Field) dengan pemrosesan perangkat lunak setelah pemotretan. Mungkin, semua orang kecewa dengan hasil foto yang tidak fokus dan tidak ada cara praktis untuk memulihkan foto yang terfokus dengan baik dengan metode tradisional seperti fungsi deblurring di Photoshop. Teknik refokus digital memberikan solusi yang baik untuk kasus seperti itu. Demikian pula, penelitian fotografi komputasi telah memperluas batasan fotografi sehingga memungkinkan adanya fungsi imajiner. Dalam aliran tersebut, saya yakin kamera modern akan berevolusi ke bentuk yang lebih inovatif.

Kesimpulan

Dari perbandingan ke dua jenis kamera di atas dapat di tarik kesimpulan bahwa keduanya memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan masing-masing. Bahwa untuk hasil kamera modern lebih baik dalam aspek kualitas gambar karena memiliki resolusi yang besar dibanding dengan kamera digital. Bahkan kamera untuk jenis kamera analog tidak ada batasan resolusi sehingga mampu mencetak foto dalam skala yang cukup besar seperti ukuran lemari ataupun rumah. Namun dalam proses cetak nya jauh lebih mudah untuk kamera digital karena proses penyimpanan nya dalam bentuk memory sehingga praktis untuk di cetak serta banyaknya fitur untuk menghasilkan gambar jenis tertentu / atau dengan efek tertentu yang belum dimiliki oleh kamera modern, karena penggunaan nya relatif lebih menghasilkan jenis foto sesuai dengan apa yang ingin di hasilkan oleh si fotografer.

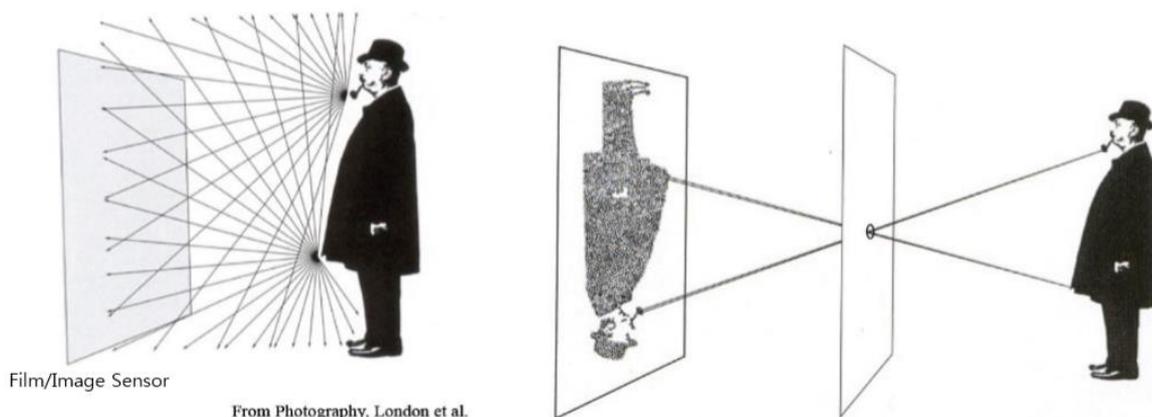
Dalam penggunaan kamera modern di perlukan insting untuk menangkap suatu gambar karena tidak ada fitur hapus foto yang biasa kita temukan di kamera digital. Jadi untuk latihan mengasah skill dalam memotret lebih banyak di temui ketika kita menggunakan kamera modern (analog).

BAB 2

2. Optik Modern

2.1. Komponen Dasar pada Kamera

Misalkan saja Anda membuat kamera termurah. Komponen apa yang sangat diperlukan untuk membuat itu? Pertama-tama, Anda mungkin memerlukan perangkat untuk merekam cahaya seperti film atau CCD/CMOS, yang masing-masing merupakan sensor analog dan digital. Lalu apa saja peralatan selanjutnya yang Anda butuhkan? Apakah Anda membutuhkan lensa untuk kamera termurah? lalu apa yang akan terjadi jika Anda mengambil foto tanpa lensa seperti Gambar 2.1? Anda akan tetap mendapatkan foto karena film atau sensor gambar yang merekam cahaya, namun, foto tersebut akhirnya tidak dapat memberikan informasi visual apa pun terkait subjeknya. Jika Anda menggunakan sensor digital, pikselnya akan merekam intensitas cahaya yang tidak memiliki arti dan Anda tidak dapat mengenali bentuk subjek dalam foto yang diambil. Apa alasannya? Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1 (a), setiap titik pada permukaan subjek memantulkan sinar ke semua arah dan semuanya digabungkan dengan sinar yang datang dari titik subjek yang berbeda ke film atau sensor gambar. Oleh karena itu, tidak mungkin untuk menangkap informasi yang terlihat jelas dari subjek hanya dengan film atau sensor gambar saja. Lalu, bagaimana kamera termurah Anda dapat menangkap bentuk subjek? Anda mungkin memerlukan komponen optik untuk mengisolasi sinar yang berasal dari titik subjek yang berbeda pada film atau sensor gambar. Kamera komersial biasanya menggunakan lensa untuk pekerjaan ini tetapi komponen yang lebih murah adalah pinhole, yang merupakan lubang kecil yang melewati sinar yang masuk melaluinya dan menghalangi sinar lain yang mencapai wilayah luar lubang. Kamera Anda berhasil menangkap bentuk subjek dengan pinhole seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1 (b).

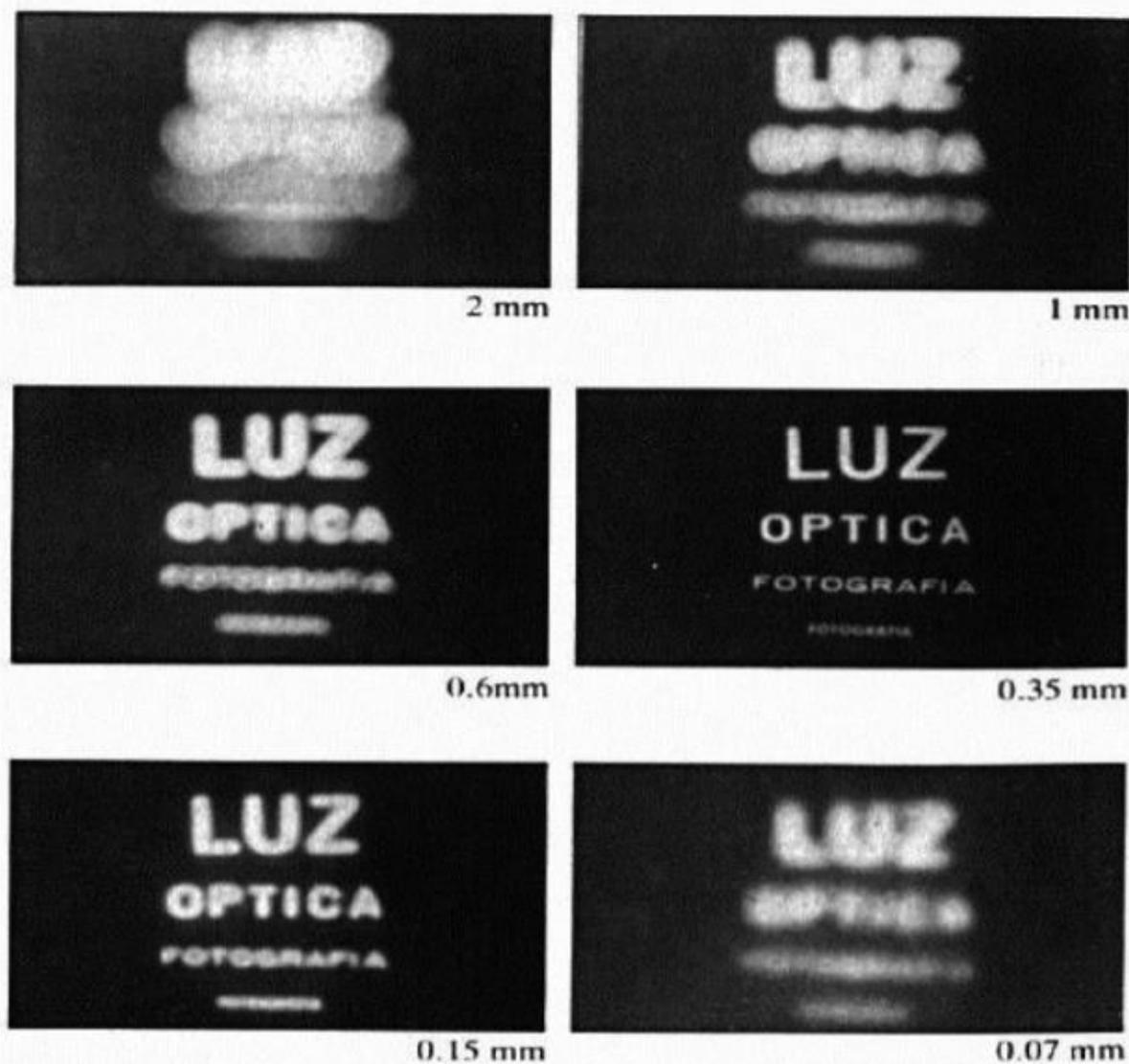


Gambar 2.1 (a) Image tanpa komponen optik (b) Image dengan pinhole

2.2. Imagine dengan Pinhole (Lubang jarum)

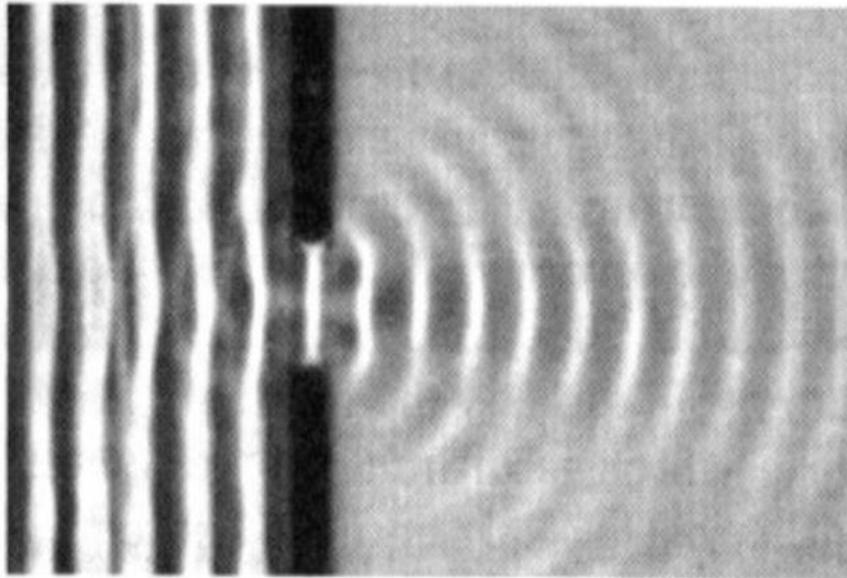
Sekarang Anda mungkin memiliki pertanyaan mengapa kamera komersial menggunakan lensa daripada pinhole meskipun pinhole jauh lebih murah. Alasan utamanya adalah imagine pinhole kehilangan sejumlah besar sinar masuk yang umumnya menyebabkan foto yang sangat gelap dibandingkan dengan imagine lensa di bawah waktu eksposur yang sama. Pada Gambar 2.1 (b), satu sinar di antara banyak sinar yang dipantulkan dari titik subjek melewati pinhole yang ideal sementara banyak sinar melewati lensa. Jumlah sinar yang masuk ke sensor film/gambar berbanding lurus dengan kecerahan foto yang diambil.

Pinhole yang ideal tidak dapat diproduksi secara fisik di dunia nyata dan pinhole aktual melewati sebagian kecil sinar per setiap titik subjek. Gambar 2.3 menunjukkan bagaimana foto yang diambil bervariasi dengan diameter pinhole. Mari kita mulai dengan membayangkan pinhole yang sangat besar. Foto Anda tidak memberikan bentuk subjek dengan itu karena menggunakan pinhole seperti itu sama dengan imagine hanya dengan sensor film/gambar pada Gambar 2.1 (a). Sekarang Anda menggunakan pinhole dengan diameter 2mm maka foto Anda akan terlihat seperti foto kiri atas pada Gambar 2.3. Foto masih terlalu kabur untuk mengenali bentuk subjek karena interferensi antara sinar yang datang dari berbagai titik subjek. Karena diameter pinhole dikurangi, interferensi berkurang dan ketajaman foto yang diambil ditingkatkan hingga tingkat tertentu. Pada Gambar 2.3, foto kanan tengah yang diambil dengan pinhole berdiameter 0,35 mm menunjukkan ketajaman terbaik. Jika Anda menggunakan pinhole yang jauh lebih kecil dari ini, apakah Anda akan mendapatkan foto yang jauh lebih tajam? Jawabannya tidak seperti yang ditunjukkan pada dua foto di bawah. Mereka, diambil dengan lubang kecil berdiameter lebih kecil, menunjukkan buram lagi, dan penyebabnya adalah fenomena difraksi.



Gambar 2.2 Jepretan foto dengan pinhole menurut diameternya.
(dari catatan dosen Ramesh Raskar)

Gambar 2.4 menunjukkan fenomena difraksi gelombang air dan cahaya, menunjukkan karakteristik yang serupa ketika melewati area yang sangat kecil. Ketika cahaya mengalami difraksi, cahaya itu menyimpang di pintu keluar area dalam proporsi terbalik dengan luas area. Karenanya, casing kanan bawah dengan pinhole berdiameter 0,07mm membuat cahaya lebih menyimpang daripada casing kiri bawah dengan pinhole berdiameter 0,15mm, sehingga menghasilkan foto yang lebih buram. Idealnya, foto pinhole Anda memiliki ketajaman terbaik dengan ukuran yang sedikit lebih besar daripada yang menyebabkan difraksi.



Gambar 2.3 Difraksi gelombang air (Dari catatan dosen Fredo Durand)

2.3.Lensa

Meskipun kami bisa mendapatkan foto yang tajam dengan kamera pinhole, itu tidak berlaku untuk produk komersial karena pinhole memblokir sebagian besar cahaya yang masuk sehingga menghasilkan foto yang sangat gelap. Sebagai alternatif, lensa telah diadopsi dalam kamera komersial untuk mengatasi batasan pinhole tersebut serta mengisolasi sinar yang datang dari titik subjek yang berbeda. Gambar 2.5 membandingkan dua foto yang diambil dengan pinhole dan lensa. Anda mungkin memperhatikan bahwa kecerahan kedua foto serupa tetapi foto pinhole di bagian atas diambil dalam waktu eksposur 6 detik sedangkan foto bagian bawah menggunakan lensa diambil dalam waktu 0,01 detik. Gambar kanan bawah menunjukkan bahwa lebih banyak sinar yang berasal dari satu titik subjek dapat dikirim ke sensor film/gambar dibandingkan dengan imajinasi pinhole di gambar kanan atas. Definisi pemfokusan dalam optik lensa adalah kemampuan untuk menyatukan sinar yang berasal dari satu titik subjek menjadi titik imajinasi. Jika Anda mengambil foto dengan lensa tidak fokus, konvergensi sinar gagal dan interferensi antara sinar yang berasal dari titik subjek berbeda terjadi sehingga menghasilkan foto buram.

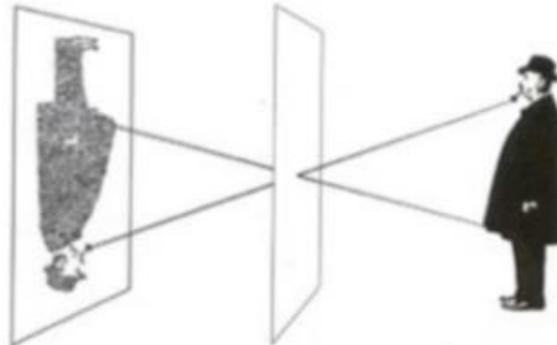
Mari kita periksa bagaimana lensa memancarkan sinar. Gambar 2.6 mengilustrasikan cara sinar dibiaskan oleh lensa tipis yang ideal. Sinar 'a' masuk ke lensa dalam arah paralel dengan sumbu optik yang ditandai sebagai garis putus-putus dan dibiaskan menuju titik fokus lensa. Sinar 'b' yang melewati pusat lensa terus bergerak ke arah yang sama tanpa mengalami pembiasan. Semua sinar yang keluar dari titik benda, P', berkumpul di titik persimpangan dua sinar, P'. Sebagai contoh, sinar ketiga, 'c', keluar pada sudut sembarang tiba di titik, P' disebut sebagai "titik imajinasi". Sekarang Anda dapat dengan mudah mengetahui lokasi titik imajinasi untuk

segala jenis lensa yang diberikan titik fokus lensa hanya dengan menggambar dua sinar, satu arah sejajar dengan sumbu optik dan yang lainnya masuk ke tengah lensa.

Photograph made with small pinhole



To make this picture, the lens of a camera was replaced with a thin metal disk pierced by a tiny pinhole, equivalent in size to an aperture of $f/182$. Only a few rays of light from each point on the

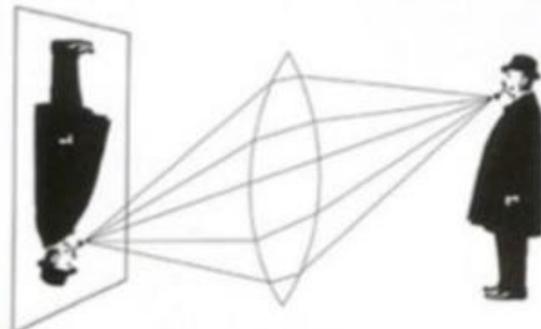


subject got through the tiny opening, producing a soft but acceptably clear photograph. Because of the small size of the pinhole, the exposure had to be 6 sec long.

Photograph made with lens



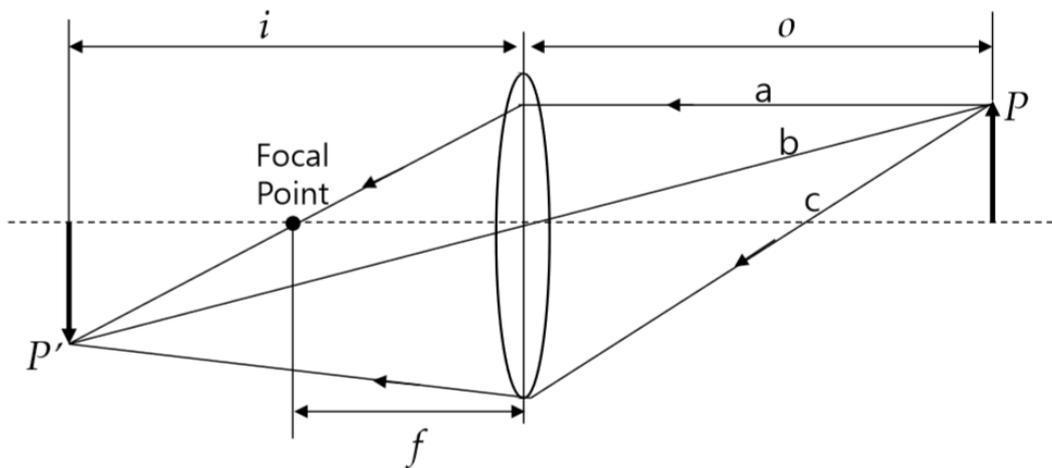
This time, using a simple convex lens with an $f/16$ aperture, the scene appeared sharper than the one taken with the smaller pinhole, and the exposure time was much shorter, only 1/100 sec.



The lens opening was much bigger than the pinhole, letting in far more light, but it focused the rays from each point on the subject precisely so that they were sharp on the film.

Gambar 2.4 Perbandingan foto yang diambil dengan pinhole dan lensa.

(dari photography, london et al.)



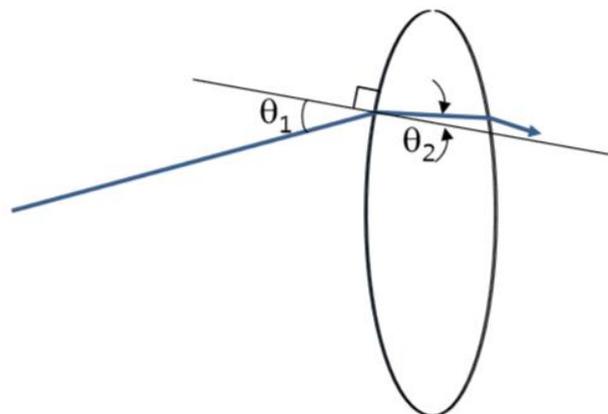
Gambar 2.5 Diagram pembentukan citra dengan lensa

Persamaan 2.1 menjelaskan hubungan geometri antara titik fokus (f), jarak titik objek (o) dan jarak titik imagine (i) dari lensa.

Persamaan 2.1

$$\frac{1}{i} + \frac{1}{o} = \frac{1}{f}$$

Ada refraksi deskripsi kasar fisik lainnya dalam optik lensa, yaitu hukum Snell dalam Persamaan 2.2. Ketika sinar menembus benda tertentu seperti lensa pada Gambar 2.7, pembiasan terjadi di titik masuk benda tersebut. Refraksi merupakan fenomena fisik yang menjelaskan perubahan arah rambat sinar saat masuk dari medium ke medium berbeda. Pada Gambar 2.7, sinar masuk ke lensa pada sudut datang θ_1 dan dibiaskan pada sudut θ_2 . Besarnya refraksi terkait dengan indeks bias media pada Persamaan 2.2, n_1 dan n_2 masing-masing untuk indeks bias media pertama dan kedua. Dalam hal sinar menembus lensa di udara, seperti Gambar 2.7, n_1 dan n_2 menunjukkan indeks bias udara dan lensa.

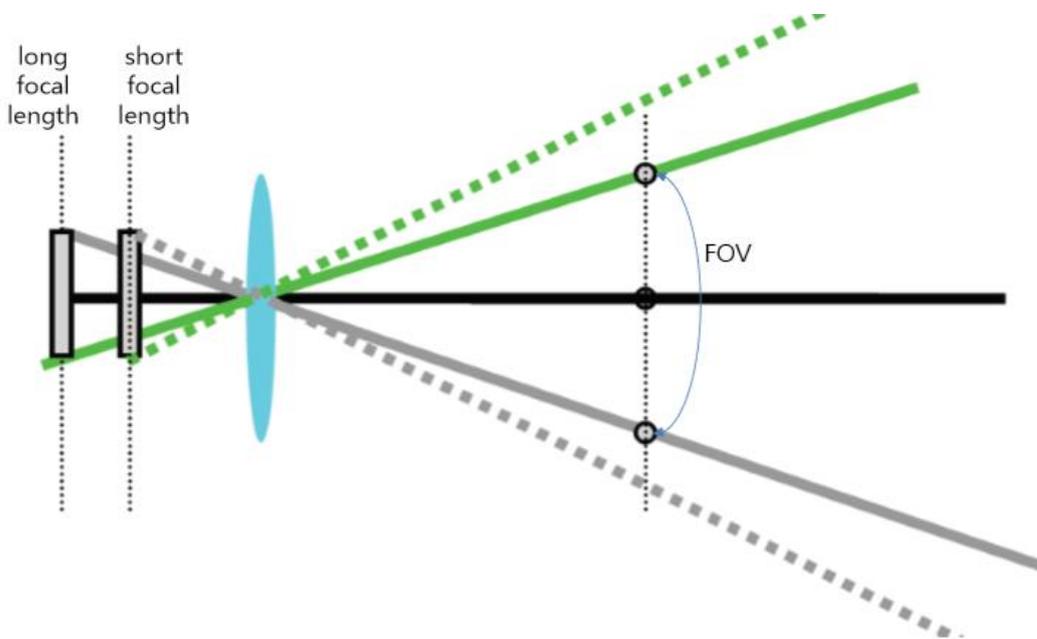


Gambar 2.7 Sebuah diagram yang menggambarkan Snell's law

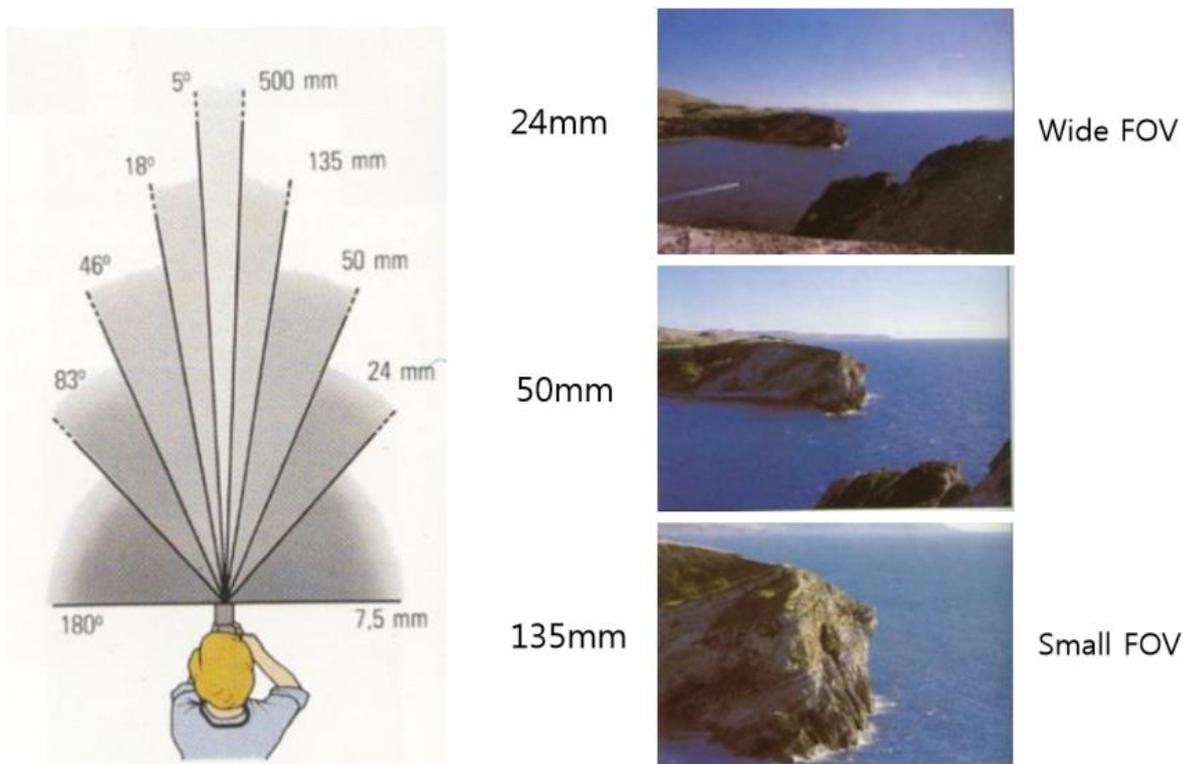
Persamaan 2.2

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

Saya berasumsi Anda mungkin sudah familiar dengan fungsi zoom kamera. Pernahkah Anda penasaran tentang cara kerjanya? Saat Anda menyesuaikan tingkat zoom di kamera Anda, sebenarnya Anda mengubah focal length lensa di kamera Anda. Dalam fotografi, zoom sering juga disebut sebagai FOV (Field of View) yang berarti area pandang yang ditangkap dalam sebuah kamera. Wide FOV menunjukkan bahwa foto Anda berisi informasi visual area yang luas dan sebaliknya. Gambar 2.8 menunjukkan hubungan antara focal length dan FOV. Dengan lensa yang memiliki focal length pendek pada gambar, kamera Anda mendapatkan gambar di batas garis putus-putus. Sedangkan untuk mendapatkan gambar di batas garis padat dengan lensa yang memiliki long focal length. Oleh karena itu, dapat dikatakan ada hubungan proporsional terbalik antara focal length dan FOV. Lensa kamera Anda harus ditetapkan sebagai focal length untuk menghasilkan foto Short FOV, dengan kata lain foto zoom-in. Gambar 2.9 menggambarkan hubungan numerik antara focal length dan FOV dalam mm dan derajat, masing-masing dengan contoh foto. Foto wide FOV berisi pemandangan lanskap lebar sedangkan foto short FOV menampilkan pemandangan area kecil tetapi lebih detail.



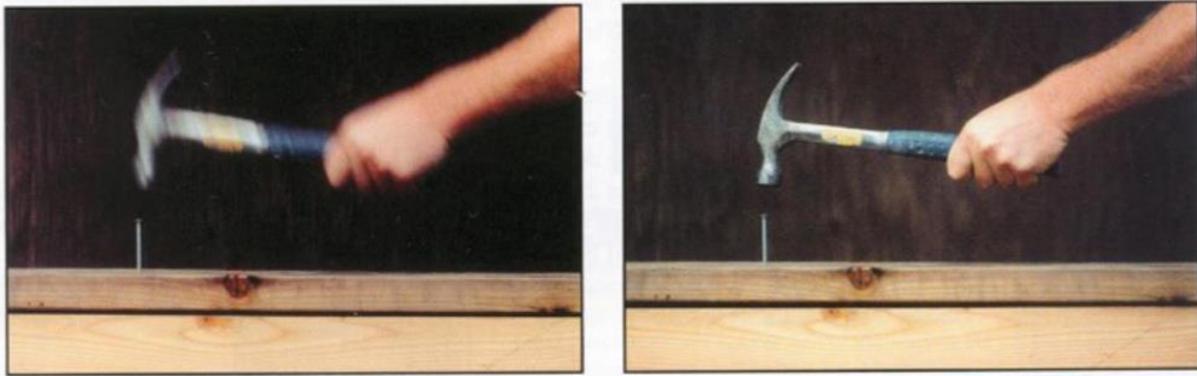
Gambar 2.8 focal length vs. FOV



Gambar 2.9 Focal length vs. FOV dalam pengukuran (dari catatan dosen Fredo Durand)

2.4. Eksposur

Salah satu faktor terpenting dalam kualitas foto mungkin adalah kecerahan. Biasanya, kecerahan foto dikontrol oleh dua parameter pengaturan, waktu eksposur dan ukuran apertur, di kamera dan parameter tambahan, ISO, untuk kamera digital. Waktu Eksposur berarti jumlah durasi waktu dimana film/sensor terpapar. Anda dapat membayangkan bahwa waktu eksposur yang lebih lama akan membuat foto Anda lebih cerah daripada waktu eksposur yang lebih pendek, dan sebaliknya. Juga, sangat mudah untuk mengharapkan efek dalam hubungan linier. Misalnya, waktu eksposur dua kali lebih lama akan membuat foto dua kali lebih cerah. Biasanya, waktu eksposur diatur dalam sepersekian detik seperti 1/30, 1/60, 1/125, 1/250 dan lain-lain. Waktu eksposur lama baik untuk mendapatkan foto yang cerah tetapi dapat menyebabkan efek samping, buram gerakan. Motion blur adalah efek blur yang tercipta dalam sebuah foto karena pergerakan subjek atau kamera saat mengekspos. Foto kiri pada Gambar 2.10 menunjukkan efek blur akibat gerakan subjek. Efek gerakan pembekuan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.11 dapat dicapai dengan waktu eksposur yang sesuai menurut kecepatan subjek.



Gambar 2.10 Foto buram gerakan (kiri) dan foto tajam (kanan)
(dari Photography, london et al)



Gambar 2.11 Efek freezing motion pada foto dengan waktu eksposur yang sesuai
(dari catatan dosen Fredo Durand)

2.5. Apertur (Bukaan Lensa)

Apertur menunjukkan diameter bukaan lensa, Gambar 2.12 kiri, yang mengontrol jumlah cahaya yang melewati lensa. Bukaan lensa biasanya dinyatakan sebagai pecahan dari focal length dalam angka F dengan rumus Persamaan 2.3 (f , D dan N masing-masing menunjukkan focal length, diameter apertur, dan angka F .) Dalam rumus tersebut, angka- F berbanding terbalik untuk diameter apertur. Misalnya, diberikan $f/2$ dan $f/4$ dalam angka- F dengan focal length 50mm, diameter aperture masing-masing adalah 25mm dan 12.5mm. F -number biasanya ditentukan dengan nilai-nilai berikut menggunakan mekanisme yang disebut diafragma pada Gambar 2.12 kanan:

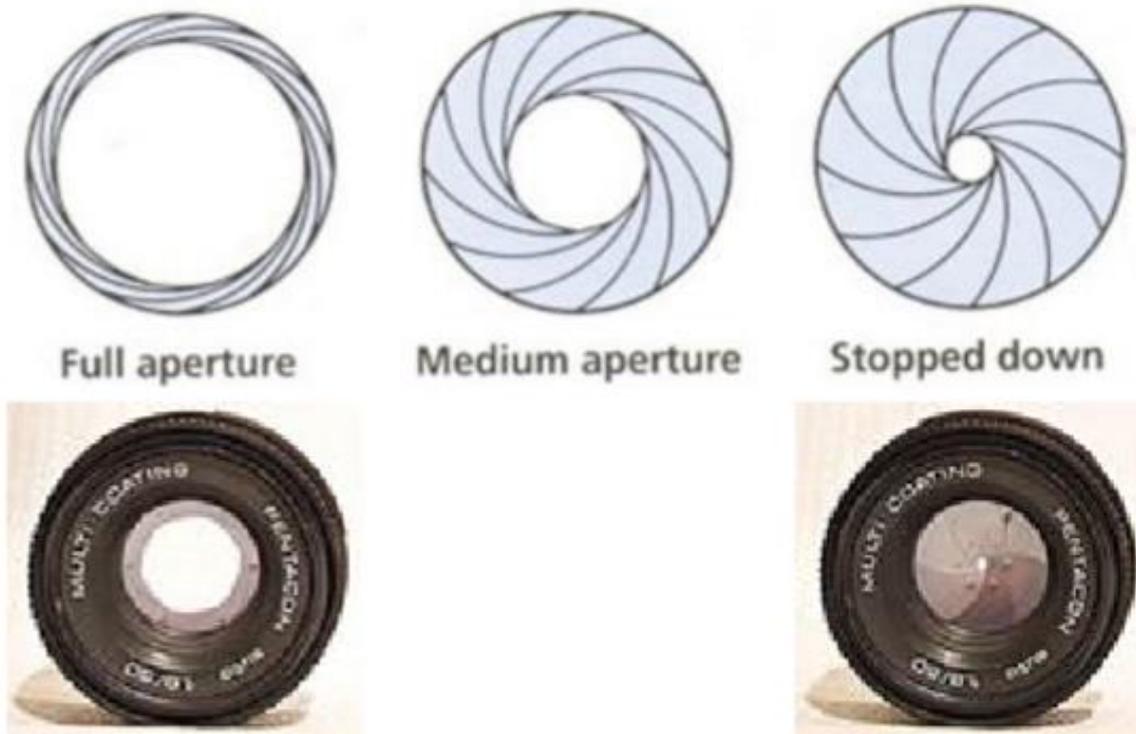
$f/2.0$, $f/2.8$, $f/4$, $f/5.6$, $f/8$, $f/11$, $f/16$, $f/22$, dan $f/32$



Gambar 2.12 Apertur/Bukaan lensa (kiri) dan diafragma (kanan)

Persamaan 2.3

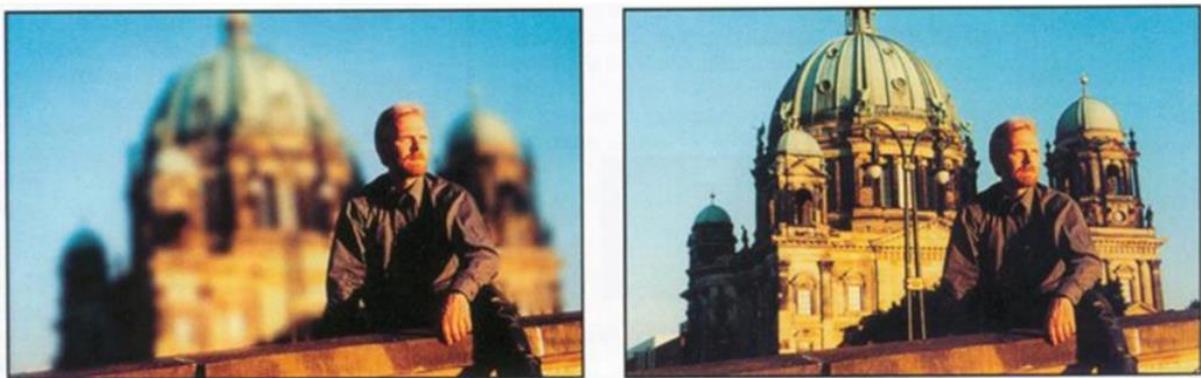
$$N = \frac{f}{D}$$



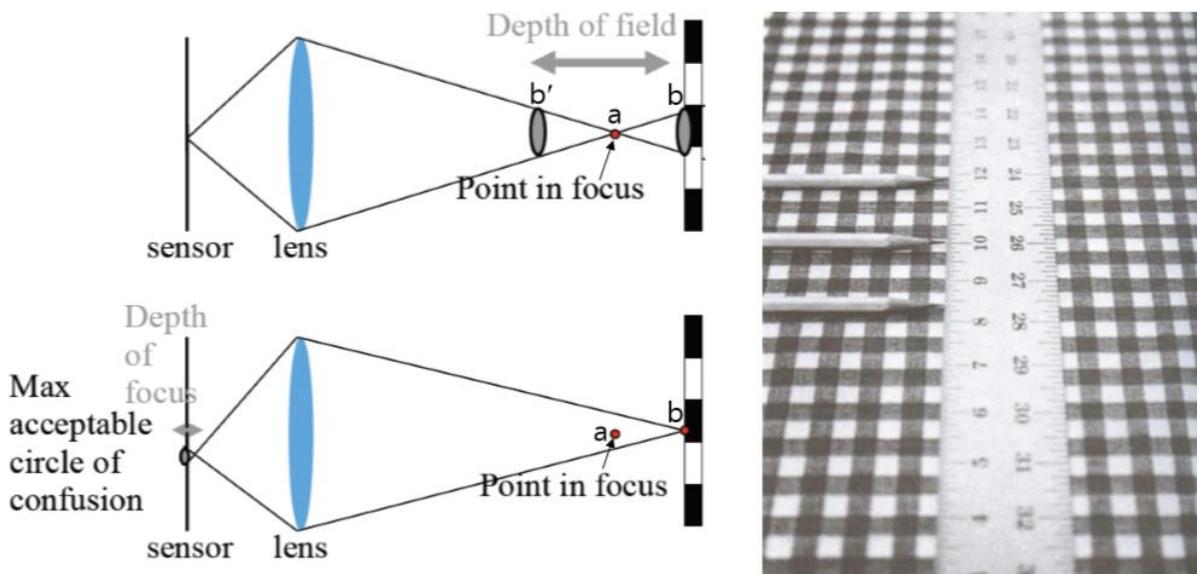
Gambar 2.13 ukuran aperture berbeda yang dikontrol oleh diafragma

Ukuran aperture merupakan faktor penting untuk mengontrol kecerahan foto sebagai waktu eksposur. Namun, ia juga memiliki fungsi penting dalam fotografi, yaitu kontrol DOF (Depth-of-Field). DOF didefinisikan sebagai wilayah tertentu di mana semua objek terfokus dengan

baik. Gambar 2.14 menunjukkan dua foto untuk pemandangan yang sama yang diambil dengan pengaturan DOF berbeda. Foto kiri memiliki DOF yang lebih sempit di mana hanya pria latar depan yang terfokus dengan baik daripada foto kanan di mana pria latar depan dan bangunan latar belakang terfokus dengan baik. Perubahan DOF seperti itu dapat diperoleh dengan menggunakan ukuran aperture yang berbeda. Aperture yang lebih besar digunakan, DOF yang diperoleh semakin sempit. Karenanya, foto kiri pada Gambar 2.14 diambil dengan aperture yang lebih besar daripada foto kanan. Pada gambar kiri Gambar 2.15 yang menampilkan definisi DOF, lokasi 'a' memberikan fokus paling tajam sementara lokasi 'b' dan 'b' melakukan sedikit pengaburan, bukan menciptakan titik melainkan gambar melingkar untuk objek titik di gambar bawah. Gambar melingkar seperti itu disebut sebagai 'Circle of Confusion (COC)' dan jarak terjauh dari lokasi pemfokusan paling tajam, di mana COC dapat diterima secara maksimal sebagai fokus, didefinisikan sebagai DOF. Pada foto kanan Gambar 2.15, pensil atas dan bawah menandai DOF.

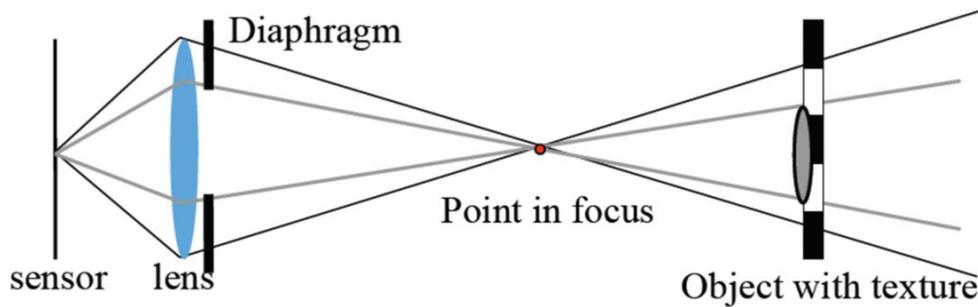


Gambar 2.14 Foto dengan aperture besar (kiri) dan aperture kecil (kanan)
(dari Photography, London et al)

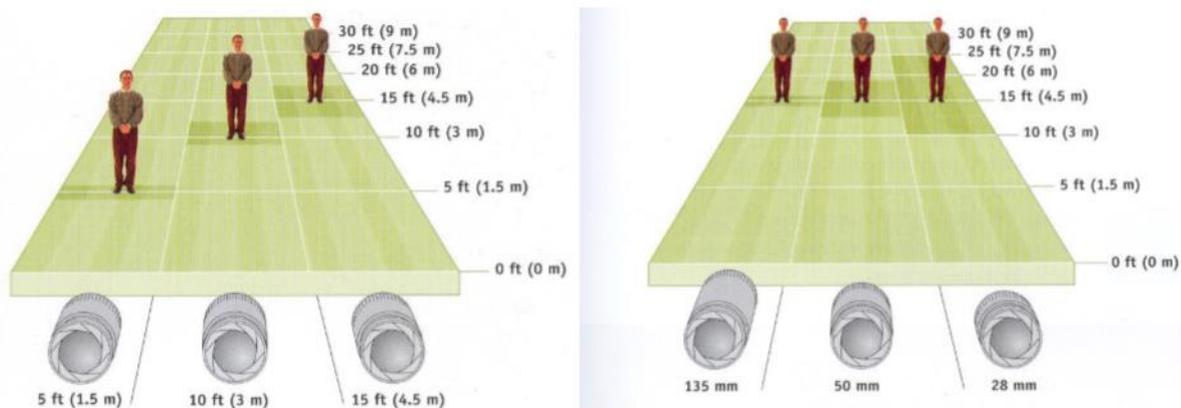


Gambar 2.15 Definisi DOF (kiri) dan foto DOF (kanan) (dari catatan dosen Fredo Durand)

Sekarang Anda telah mempelajari ukuran apertur terkait dengan DOF. Tapi apa hubungan matematisnya? Besarnya perubahan pada satu parameter berbanding terbalik dengan besarnya perubahan pada parameter lainnya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.16. Pada gambar, jika apertur diturunkan dua kali, area pemandangan yang berkontribusi pada COC dikurangi dengan jumlah yang sama dan dengan demikian DOF menjadi dua kali lipat. Gambar 2.17 dan Gambar 2.18 menunjukkan hubungan jarak pemfokusan vs. DOF dan focal length vs. DOF. Jarak pemfokusan dalam hubungan proporsional dengan DOF sedangkan focal length adalah sebaliknya seperti yang ditunjukkan pada gambar.



Gambar 2.16: Ukuran Apertur vs. DOF



Gambar 2.17 Jarak fokus vs. DOF (kiri) dan Focal length vs. DOF (kanan)

Singkatnya, DOF sebanding dengan jarak fokus dan berbanding terbalik dengan ukuran apertur dan focal length dalam Persamaan 2.3.

Persamaan 2.3

$$\text{DOF} \propto \frac{\text{Jarak Fokus}}{\text{Aperture} * \text{Focal Length}}$$

Sampai saat ini, Anda mempelajari parameter penting kamera, istilah dan arti fisik dan hubungannya dengan orang lain. Pada dasarnya Anda memiliki banyak opsi pengaturan untuk parameter tersebut saat memotret kamera Anda dan Anda perlu menetapkan nilai terbaik untuk adegan target Anda. Gambar 2.18 menunjukkan foto yang diambil dengan nilai aperture dan waktu eksposur berbeda. Seperti yang Anda lihat di foto kiri, angka-F besar (ukuran apertur kecil) bagus untuk DOF lebar dan membutuhkan waktu eksposur yang lama untuk mencapai kecerahan yang cukup dalam foto yang menciptakan artefak buram gerakan. Foto yang tepat dengan angka-F kecil (ukuran apertur lebar) dan waktu eksposur yang singkat bagus untuk mengurangi artefak keburaman gerakan tetapi latar belakang tidak fokus karena pengurangan DOF. Foto tengah menunjukkan trade-off antara artefak motion-blur dan DOF.

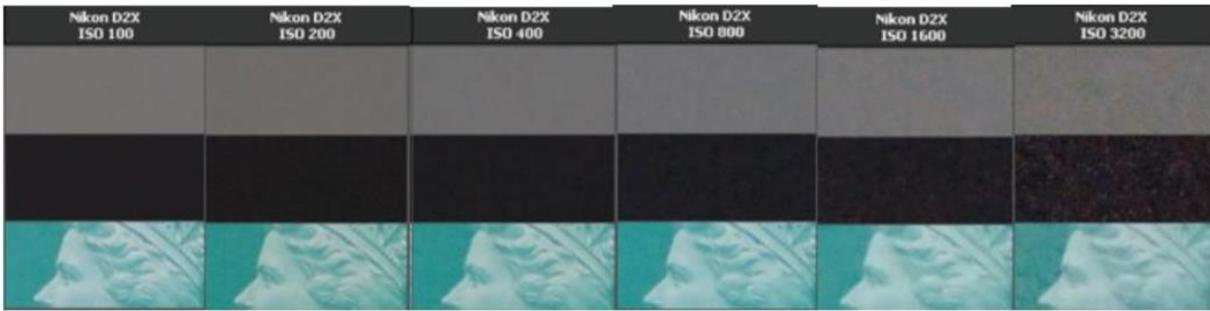


Gambar 2.18 Foto diambil dengan pengaturan aperture dan waktu apertur berbeda
(dari Photography, London et al)

(Nilai pengaturan Kiri ke kanan adalah ($f/16$, $1/8$), ($f/4$, $1/125$), dan ($f/2$, $1/500$) masing-masing untuk F-number dan waktu eksposur.)

2.6.ISO

ISO dapat dianggap sebagai penguatan elektronik untuk sensor kamera digital seperti CCD dan CMOS. Seperti kebanyakan keuntungan elektronik, ini memperkuat sinyal gambar dan tingkat Noisy. Nilai ISO bekerja secara linier untuk kecerahan dan tingkat noisy foto. Pada Gambar 2.19, semakin besar nilai ISO diterapkan, foto yang lebih cerah dan lebih noisy ditangkap.



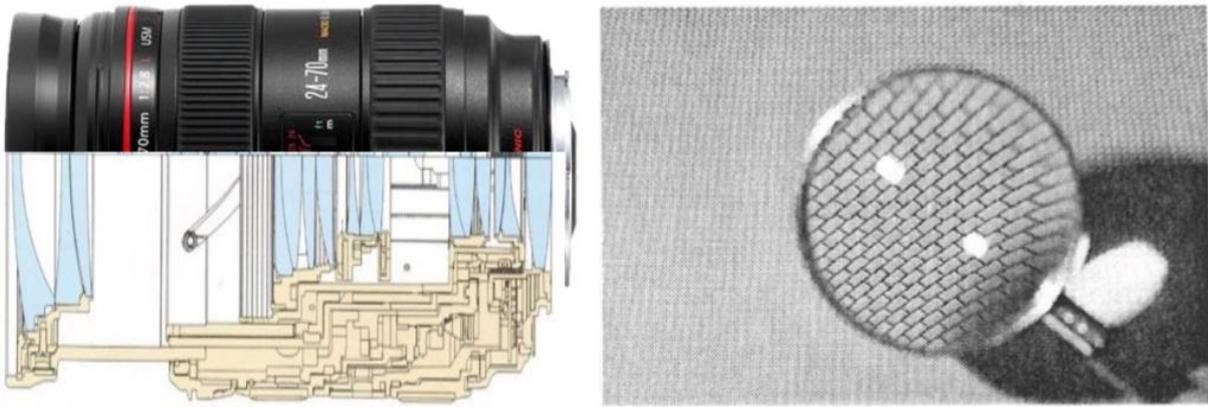
Gambar 2.19 Foto menurut nilai ISO

Jika Anda menggunakan kamera DSLR (Digital Single-lens Reflex), Anda mungkin tahu ada banyak pilihan lensa untuk kamera Anda. Gambar 2.20 menyajikan beberapa contoh lensa untuk kamera DSLR. Mengapa ada begitu banyak jenis lensa? Nama model lensa pertama adalah 'EF 75-300mm f/4.0-5.6' di mana 75-300mm dan f/4.0-5.6 masing-masing berarti kisaran focal length variabel dan ukuran aperture. Keduanya adalah item utama tetapi ada lebih banyak dalam spesifikasi lensa. Anda harus memilih yang tepat tergantung pada adegan pengambilan gambar Anda. Gambar kiri pada Gambar 2.2 menunjukkan bentuk luar dan dalam dari lensa mahal, sekitar \$ 2.000. Anda lihat ada beberapa lensa berwarna biru pada gambar. Anda mungkin penasaran mengapa lensa semahal itu terdiri dari banyak lensa.

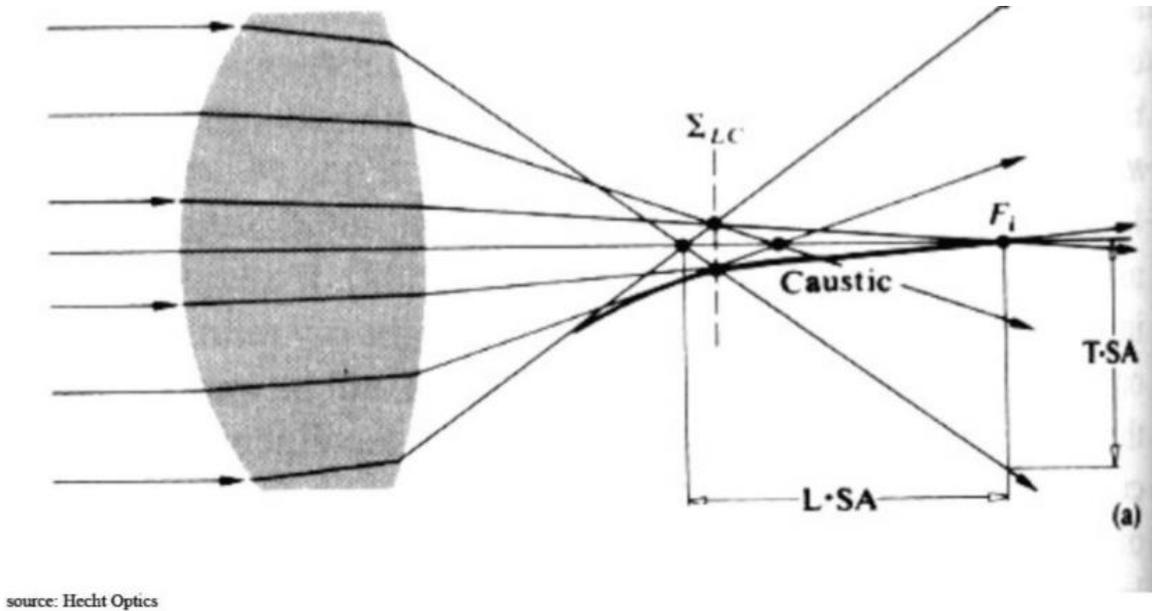


Gambar 2.20 Contoh lensa kompleks

Bagian kanan pada Gambar 2.21 menunjukkan foto lensa bikonveks yang bagian tengahnya jelas tergambar tetapi bagian luarnya terdistorsi. Fenomena seperti itu, disebut aberasi sferis, merupakan ciri umum lensa sferis, yang merupakan jenis lensa paling populer. Gambar 2.22 menunjukkan alasan mengapa penyimpangan bola terjadi. Tidak seperti ekspektasi kami, gambar tersebut mengungkapkan bahwa sinar yang melewati lensa sebenarnya tidak terfokus ke satu titik tetapi beberapa titik. Sinar yang merambat di bagian tengah lensa berkumpul ke titik fokus nominal, F_i , tetapi sinar luar berkumpul ke titik yang jauh dari titik fokus karena kelengkungan bola lensa.



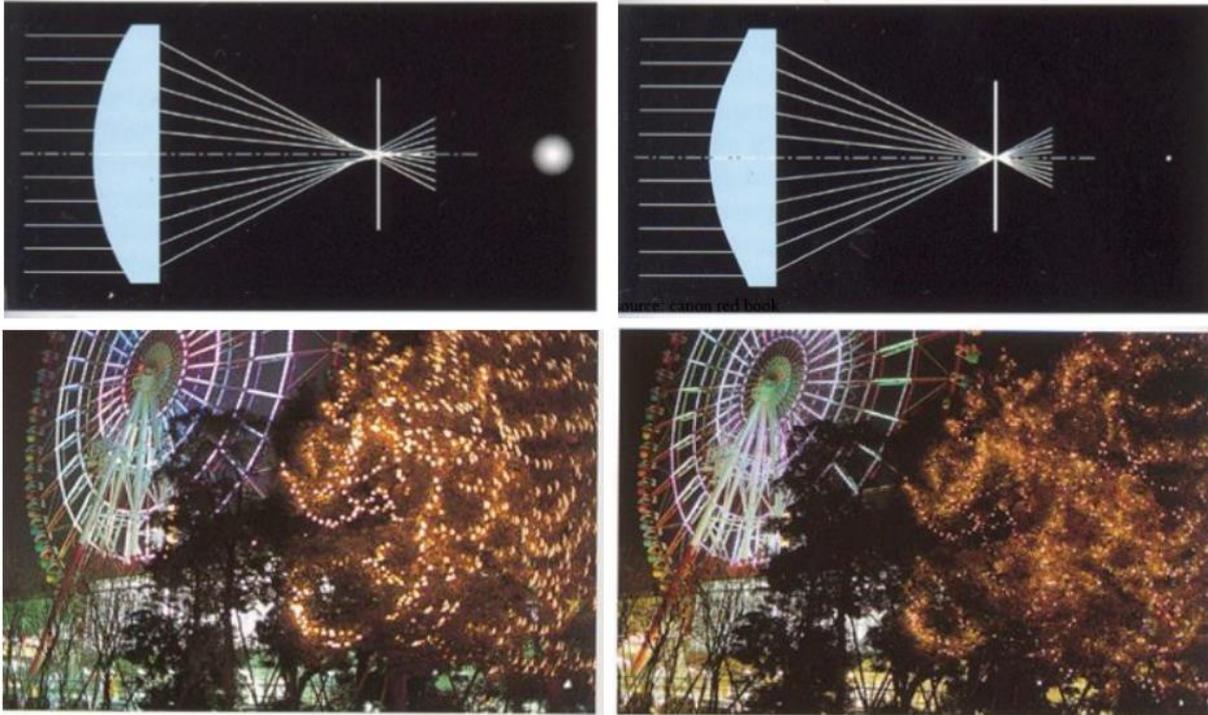
Gambar 2.21 Bentuk luar dan dalam lensa EF 24-70mm f/2.8L USM (kiri). Citra menyimpang dari lensa bikonveks sederhana (kanan, dari Optik Fotografi Terapan Ray) (Dari Optik Fotografi Terapan Ray)



Gambar 2.22 Aberasi sferis

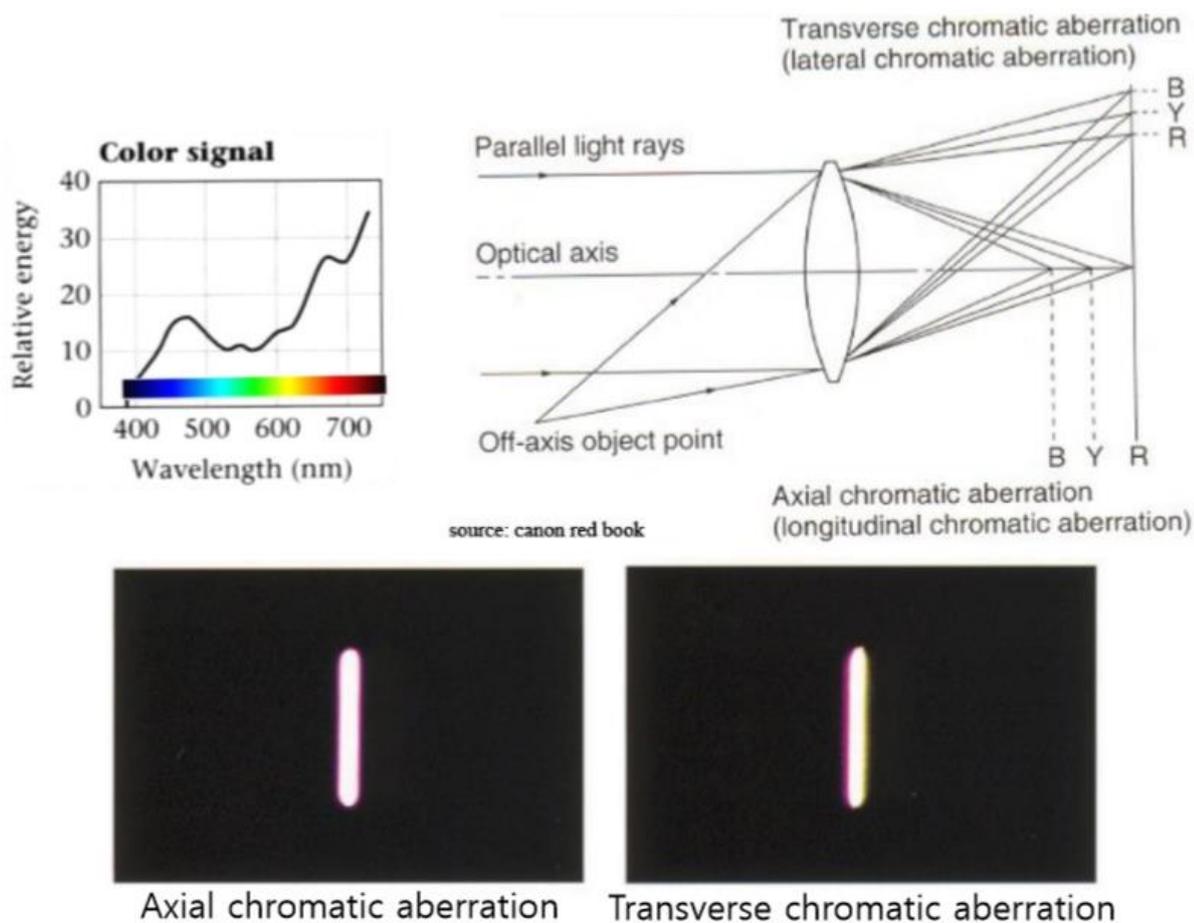
Aberasi sferis dapat diatasi secara alternatif dengan menggunakan lensa asferis seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.23. Di foto kanan atas, semua sinar yang melewati lensa asferis persis terfokus pada titik fokus dan foto yang diambil (kanan bawah) menunjukkan bahwa titik cahaya terfokus dengan baik dibandingkan dengan yang ada di foto kiri bawah. Lalu, mengapa lensa populer tidak mengadopsi saja lensa asferis? Alasannya sulit untuk diproduksi dan mahal. Alternatifnya, lensa yang paling populer dan komersial dibentuk dalam rangkaian lensa sferis untuk mengkompensasi distorsi citra semacam itu, yang disebut sebagai aberasi dalam optik lensa. Terdapat beberapa macam aberasi selain aberasi sferis dan Gambar 2.24 menjelaskan aberasi kromatik yang disebabkan oleh sudut refraksi yang berbeda menurut spektrum panjang gelombang sinar. Umumnya sinar A, bukan laser panjang gelombang tunggal, memiliki spektrum energi sepanjang gelombang seperti yang ditunjukkan pada gambar kiri atas. Masalahnya adalah refraksi diatur oleh Snell's law dalam Persamaan 2.2 dimana indeks bias

bergantung pada panjang gelombang. Meskipun single ray masuk ke lensa di gambar kanan atas Gambar 2.24, sinar itu dibiaskan menjadi sinar terpisah sepanjang panjang gelombang sama seperti prisma. Pada gambar, hanya tiga komponen panjang gelombang, B (Blue), Y (Yellow) dan R (Red), yang digambarkan sebagai contoh.



Gambar 2.23 Bentuk lensa sferis (kiri atas) dan foto penggunaan (kiri bawah). Pembentukan lensa asferis (kanan atas) dan foto yang menggunakannya (kanan bawah)
(dari Canon Red Book)

Sinar B, Y, dan R yang dipisahkan difokuskan pada lokasi berbeda yang bervariasi secara aksial atau transversal sesuai dengan kejadian paralel atau miring sinar asli masing-masing dengan sumbu optik. Foto-foto yang dipengaruhi oleh dua jenis penyimpangan berwarna ditunjukkan di bagian bawah. Di kanan bawah foto, Anda melihat warna bergeser sepanjang arah horizontal. Selain itu kelainan lensa termasuk koma, astigmatisme, kelengkungan bidang, distorsi bentuk dan sebagainya. Berbagai macam penyimpangan lensa inilah yang menjadi alasan mengapa lensa komersial hadir dengan susunan lensa yang kompleks pada Gambar 2.21.



Gambar 2.24 Penyimpangan kromatik (dari Canon Red Book)

Kesimpulan

Dari definisi ini, bisa disimpulkan bahwa cahaya adalah faktor penting dalam proses pemotretan. Maka dari itu, sebagai pemula kita wajib mengenal elemen-elemen yang mengatur pencahayaan atau sering disebut dengan “Segitiga Eksposur”. Segitiga eksposure (*Exposure Triangle*) merupakan tiga elemen atau pengaturan yang bekerjasama untuk membentuk sebuah pencahayaan. Gunawan mengungkapkan, dalam hal ini kita bisa memanfaatkan peran lightmeter yang ada di kamera. Elemen pertama adalah shutter speed. Pada pengaturan ini sebagian besar kamera dinyatakan dalam satuan detik dari 30 detik hingga 1/8000 detik. Kunci dari pengaturan ini adalah semakin tinggi shutter speed-nya maka semakin sedikit cahaya yang diterima oleh sensor dan sebaliknya. Elemen kedua adalah diafragma atau bisa disebut sebagai bukaan lensa (*aperture*). Bukaan lensa merupakan lubang yang dibentuk oleh bilah diafragma lensa. Penulis menganalogikan bukaan lensa dengan mata manusia. “Jika disamakan dengan mata manusia, maka diafragma adalah iris mata dan aperture adalah pupil mata”. Kunci dari pengaturan ini adalah semakin besar lubang aperture maka semakin banyak pula cahaya yang masuk dan diterima oleh sensor atau sebaliknya. Aperture sendiri dinyatakan dalam satuan f/stop. “Misalnya F/1.4 maka kita menyebut aperture 1.4. Semakin besar angka denominator yang

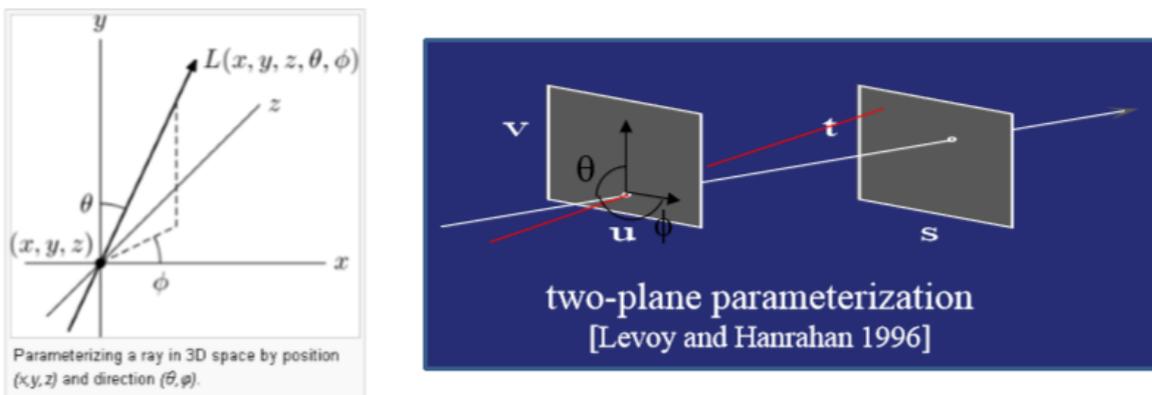
disebutkan maka sebenarnya nilai ukuran lubang aperture-nya semakin kecil”. Elemen ketiga adalah ISO (*International Standard Organization*). ISO sendiri berkaitan dengan standar sensitivitas sensor dalam menerima dan menyerap cahaya. Kunci dari ISO adalah semakin tinggi ISO maka semakin tinggi pula sensitivitas sensor dalam menyerap cahaya. Sehingga cahaya yang dibutuhkan untuk menghasilkan gambar menjadi lebih sedikit. Namun, penggunaan ISO yang tinggi akan mempengaruhi kualitas foto. Jika semakin tinggi ISO Speed-nya akan terlihat semakin kasar foto yang dihasilkan. “Biasanya akan semakin kelihatan bintik-bintik noise-nya”.

BAB 3

3. Light Field Photography

3.1. Definisi Light Field Photography

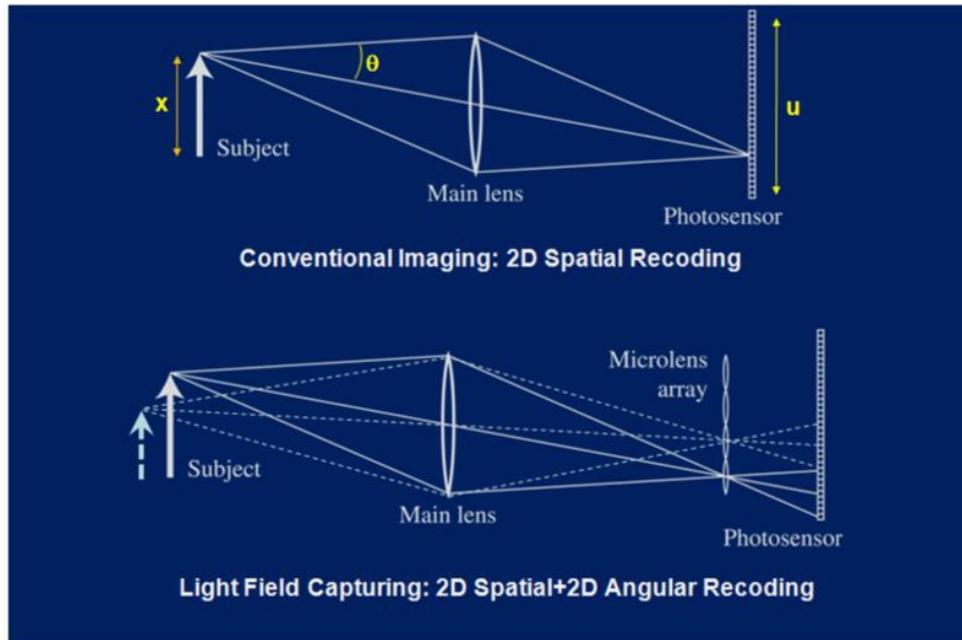
Light field adalah ruang fisik tempat sinar bergerak. Sebuah single ray dapat dijelaskan sebagai Gambar 3.1 dengan lima parameter untuk pergerakan ruang 3D umum (kiri) dan dengan empat parameter untuk pergerakan tertentu antara dua bidang (kanan), yang memodelkan kasus pemotretan foto. Empat parameter light field dalam kasus pemotretan foto dapat dinyatakan sebagai empat parameter spasial, (u, v, t, s) , atau dua parameter spasial dan dua parameter sudut, (θ, ϕ, t, x) . Sekarang, Anda siap untuk memahami konversi antara light field dan foto yang diambil. Gambar 3.2 di atas menunjukkan bagaimana light field 2D, versi sederhana dari light field 4D nyata, diubah menjadi foto dalam fotografi konvensional, di mana informasi sinar 2 dimensi, (x, θ) direkam sebagai informasi satu dimensi, u . Anda mungkin memperhatikan bahwa tiga sinar yang datang dari subjek sama-sama terekam sebagai u .



Gambar 3.1 Parameterisasi light field

Dalam fotografi nyata, informasi light field 4D direduksi menjadi informasi spasial 2D dalam foto yang diambil. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa pemotretan foto merupakan proses kehilangan informasi dimensi yang lebih tinggi dalam light field. Sayangnya, hilangnya informasi tersebut telah menempatkan keterbatasan mendasar dalam sejarah fotografi. Keterbatasan yang mewakili mungkin adalah ketidakmungkinan foto difokuskan ulang. Anda mungkin memiliki banyak pengalaman bahwa subjek target foto Anda salah fokus dan tidak ada cara untuk memulihkan foto yang terfokus dengan baik kecuali memotret ulang. Dalam computer vision, banyak teknik seperti operasi sharpening telah dieksplorasi secara luas tetapi teknik tersebut tidak dapat memberikan hasil yang sebanding dengan foto yang dijepret ulang karena pemulihan informasi dimensi yang lebih tinggi dari informasi yang sudah hilang pada dasarnya merupakan masalah yang tidak diharapkan. Jika batasan berasal dari proses

kehilangan informasi, bagaimana dengan merekam seluruh light field tanpa kehilangan informasi? Gambar 3.2 di bawah gambar persis menjelaskan ide, di mana informasi light field dua dimensi sepenuhnya direkam sebagai informasi spasial 2D di fotosensor dengan bantuan array mikrolens.



Gambar 3.2 Konversi light field menjadi foto

Dengan light field yang dikodekan ulang sepenuhnya, kami dapat mengidentifikasi informasi setiap sinar yang berasal dari subjek yang berbeda dan secara konseptual, foto fokus ulang dapat dihasilkan dengan menggunakan informasi sinar yang dibedakan untuk objek target dan latar belakang. Proses detail untuk menghasilkan foto fokus ulang dibahas di bab berikutnya. Baru-baru ini, banyak peneliti sedang mengerjakan aplikasi yang terkait dengan informasi lapangan cahaya dan beberapa sedang mengerjakan metode pengodean ulang. Aplikasi perwakilan dan metode pengodean ulang dibahas di bagian berikut.

3.2. Generasi pada Refocus Photo menggunakan Light Field Recording

Salah satu aplikasi light field dengan perhatian besar adalah fotografi fokus ulang. Gambar 3.3 menunjukkan hasil teknik dimana setiap foto menunjukkan DOF yang berbeda. Kelima foto tersebut dihasilkan dari satu foto yang diambil dengan hanya komputasi, yang berarti fokus foto dapat disesuaikan setelah pengambilan gambar sesuai dengan keinginan pengguna. Di foto pertama hanya wanita depan yang fokus baik, di foto kedua pria depan kedua, dan seterusnya. Oleh karena itu, meskipun kamera asli Anda DOF melewati subjek target dalam foto yang diambil, Anda dapat menghasilkan foto yang terfokus dengan baik untuk subjek tersebut dengan komputasi dengan menerapkan teknik. Sekarang mari kita cari tahu bagaimana menerapkan teknik ini.



Gambar 3.3 Hasil refocus di sepanjang variasi DOF

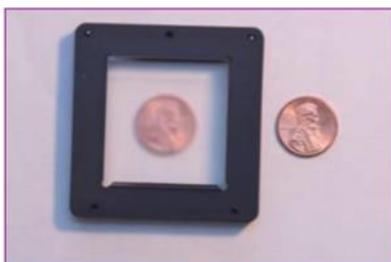
Gambar 3.3 menunjukkan salah satu kamera refokus, Stanford Plenoptic camera¹, yang telah diterapkan oleh kelompok penelitian Marc Levoy. Satu-satunya hal yang Anda perlukan untuk memodifikasi kamera adalah memasukkan rangkaian mikrolensa di depan sensor gambar. Foto teratas menunjukkan kamera yang digunakan untuk eksperimen mereka dan sensor gambar yang diekspos dengan membongkar kamera. Foto kiri bawah mewakili rangkaian mikrolens yang merupakan elemen kunci untuk merekam light field dan di kanan bawah adalah foto zoom-in untuk wilayah kecilnya. Array mikrolensa terdiri dari 292 x 292 lensa kecil dalam bentuk sisi persegi 125 μm . Setiap mikrolens berperan untuk memvariasikan sinar masuk individu ke ruang sensor gambar yang berbeda, seperti yang ditunjukkan pada gambar bawah Gambar 3.2.



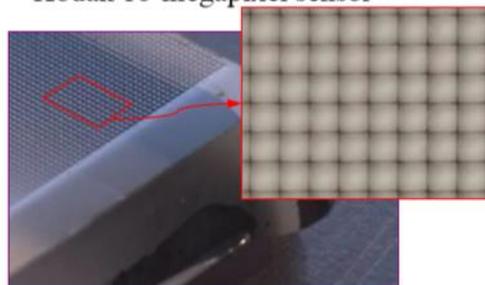
Contax medium format camera



Kodak 16-megapixel sensor



Adaptive Optics microlens array

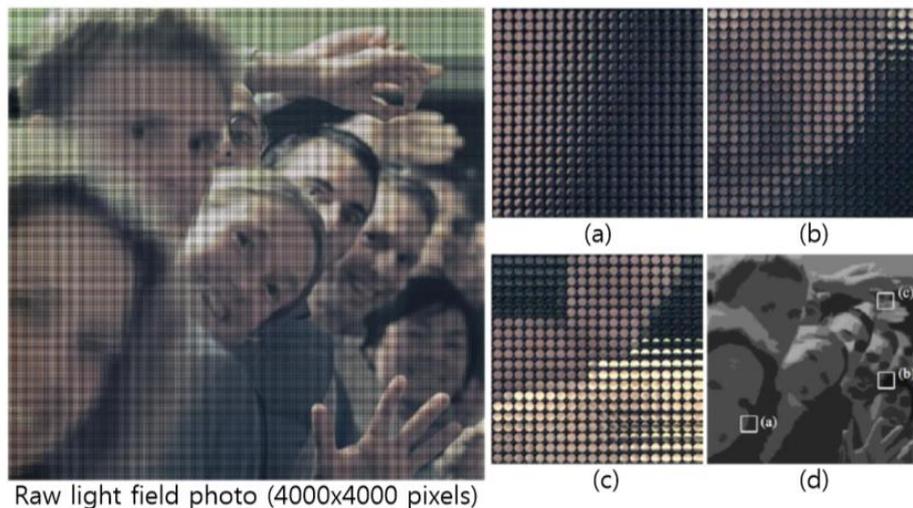


125 μ square-sided microlenses
(292x292 microlenses)

Gambar 3.4 Kamera Stanford Light Field (Plenoptic)
(Gambar dari Stanford Tech Report CTSR 2005-02)

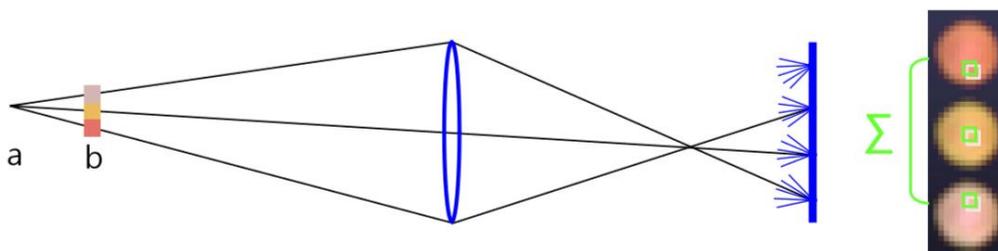
Foto kiri Gambar 3.5 menunjukkan foto mentah yang diambil dengan kamera Stanford Plenoptic ditunjukkan pada Gambar 3.4 dalam resolusi 4000x4000 piksel. (a), (b) dan (c) adalah

foto zoom-in untuk wilayah terkait yang ditandai dalam (d), versi kecil dari foto mentah. Dalam (a), (b) dan (c), Anda melihat daerah lingkaran kecil yang merupakan gambar yang dibentuk oleh lensa mikro. Pada dasarnya foto mentah memberikan informasi spasial 2D dan setiap gambar mikrolensa melakukan informasi sudut 2D tambahan. Dengan demikian, Anda dapat mengasumsikan bahwa foto mentah berisi informasi light field 4D. Karena resolusi foto mentah adalah 4000x4000 dan mencakup gambar 292x292 mikrolensa tanpa celah piksel atau tumpang tindih di antara keduanya, setiap gambar mikrolensa memiliki resolusi 14x14 piksel dengan pembagian sederhana.



Gambar 3.5 Foto mentah yang diambil dengan kamera Stanford Plenoptic
(gambar dari Stanford Tech Report CTSR 2005-02)

Gambar 3.6 menjelaskan cara memproses Light field photograph mentah untuk menghasilkan gambar yang difokuskan ulang secara digital seperti Gambar 3.3. Mari kita asumsikan bahwa posisi 'b' pada gambar adalah bidang fokus bidik kita dalam foto yang difokuskan ulang. Kemudian, kita perlu melacak di mana letak informasi sinar yang terdiri dari bidang 'b' dalam pengambilan foto light field. Menariknya, itu tersebar dalam gambar mikrolensa yang berbeda seperti yang ditunjukkan di sisi kanan gambar. Hasilnya, foto yang difokuskan ulang untuk bidang 'b' dapat dibuat dengan mengambil informasi sinar yang tersebar di wilayah hijau. Foto yang difokuskan ulang untuk bidang fokus yang berbeda dihasilkan oleh logika yang sama.

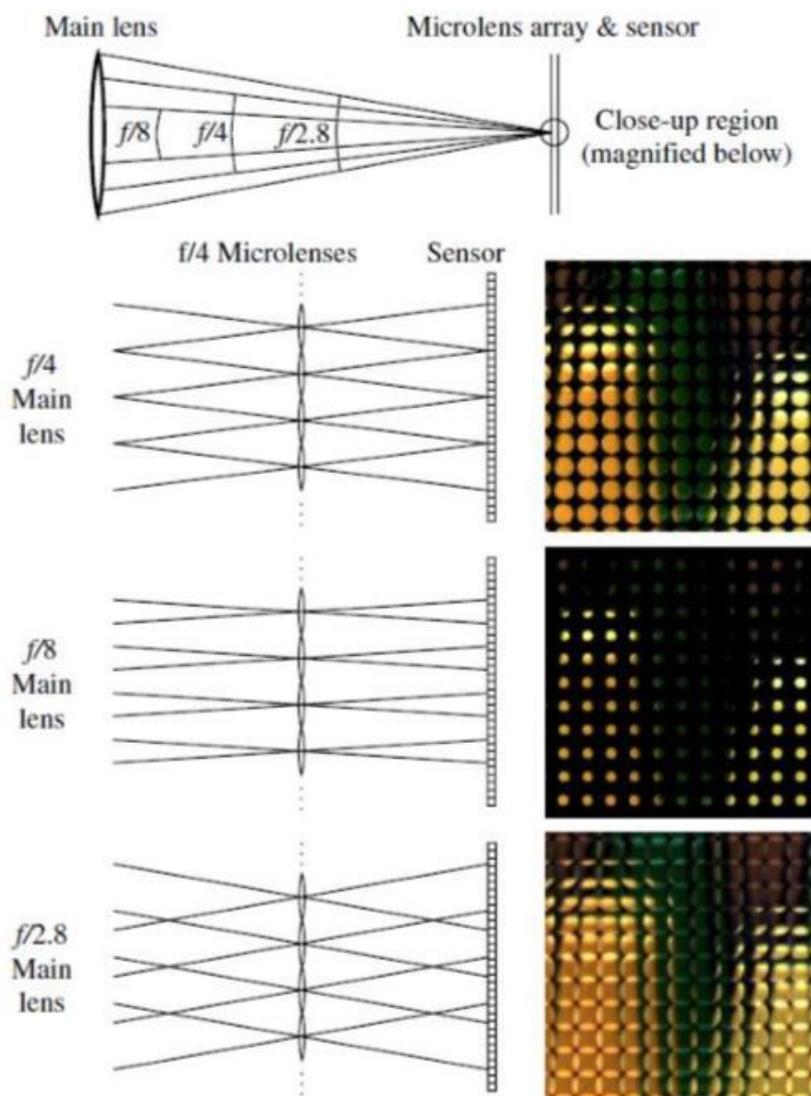


Gambar 3.6 Konsep pemrosesan gambar untuk teknik refokus
Komputasi Fotografi – Hal 24

3.3.Efek Sintetis Lainnya menggunakan Light Field

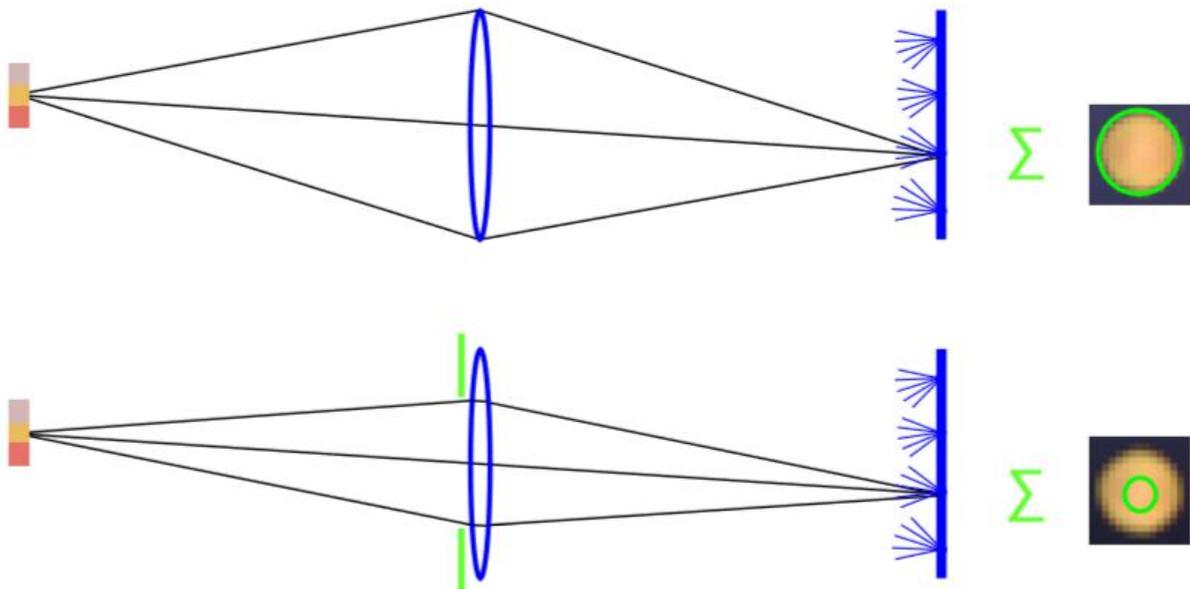
3.3.1. Fotografi Apertur Sintetis

Gambar 3.7 menunjukkan hubungan antara ukuran aperture lensa utama dan gambar mikrolensa. Lensa aperture besar memungkinkan sinar masuk pada sudut lebar meningkatkan dimensi sudut pada gambar mikrolensa. Dengan kata lain, ukuran gambar mikrolensa sebanding dengan ukuran aperture lensa utama seperti yang ditunjukkan pada gambar. Pada dasarnya, informasi yang lebih bersudut diinginkan dalam banyak kasus, namun tumpang tindih antara gambar mikrolensa karena gambar bawah harus dihindari. Sebagai konsep desain dalam menerapkan kamera light field, Anda perlu memilih ukuran apertur optimal untuk lensa utama, yang menghasilkan gambar mikrolensa terbesar tanpa tumpang tindih seperti kotak apertur $f/4$ pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Variasi gambar mikrolensa menurut ukuran aperture lensa utama
(dari Stanford Tech Report CTSR 2005-02)

Bagaimana Anda dapat memanfaatkan hubungan antara ukuran aperture lensa utama dan gambar mikrolensa untuk menerapkan fotografi aperture sintetis? Gambar 3.8 atas mewakili imagine light field dengan aperture penuh lensa utama. Rata-rata setiap gambar mikrolensa menghasilkan foto normal yang diambil dengan lensa utama. Sekarang misi Anda adalah menghasilkan foto sintetis dengan aperture lensa utama yang lebih kecil dengan memproses foto mentah light field seperti yang ditunjukkan pada gambar atas. Anda cukup melakukan pekerjaan ini dengan merata-ratakan piksel wilayah lingkaran kecil, yang ditandai sebagai lingkaran hijau di gambar kanan bawah, di setiap gambar mikrolensa. Ukuran wilayah melingkar sebanding dengan ukuran aperture sintetis Anda. Fotografi aperture sintetis seperti itu memiliki keuntungan besar dalam ekstensi DOF.



Gambar 3.8 Konsep pemrosesan gambar untuk efek penghentian sintetis

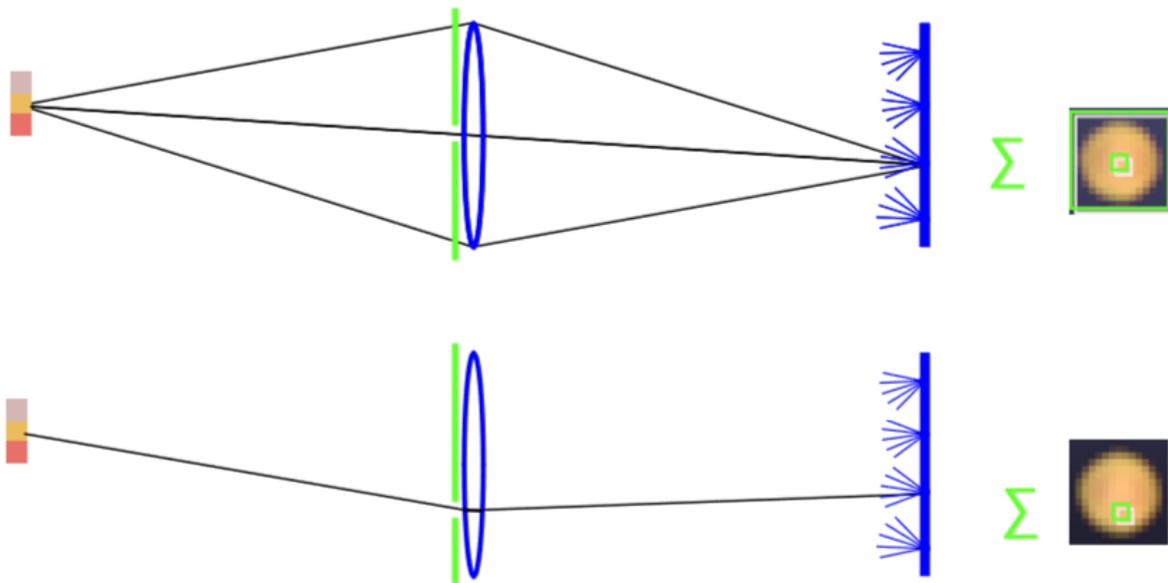
Gambar 3.9 menunjukkan efek serupa yang membandingkan foto aperture konvensional dan sintetis. Pada foto kiri yang diambil dengan lensa $f/4$, wajah wanita dalam kotak merah tidak fokus karena dia berada di luar DOF lensa. Foto tengah menunjukkan wajah wanita yang sama terfokus dengan baik karena DOF diperpanjang dengan lensa $f/22$ tetapi noisy untuk pengurangan jumlah foton. Foto kanan adalah hasil olahan untuk stopping-down sintetis dengan menggunakan Light field photograph. Di foto, seperti yang Anda lihat, wajah wanita itu terfokus dengan baik dan jauh lebih tidak noisy dibandingkan foto tengah. Singkatnya, Anda dapat mencapai perpanjangan DOF serta SNR yang baik dalam foto aperture sintetis



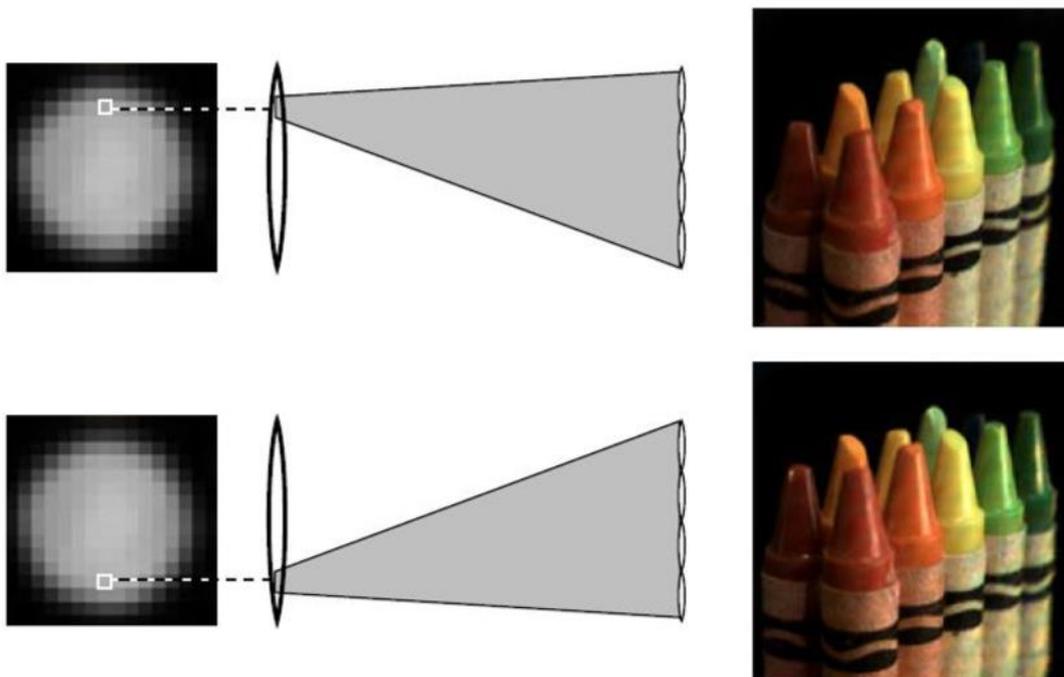
Gambar 3.9 Perpanjangan DOF oleh fotografi lapangan cahaya
(gambar dari Stanford Tech Report CTSR 2005-02)

3.3.2. View Fotografi Sintetis

Foto konvensional hanya berisi informasi tampilan tunggal dan kami tidak dapat memperoleh informasi tampilan yang berbeda darinya. Bagaimana jika ada foto yang dengannya kita dapat melihat pemandangan subjek yang berbeda? Foto seperti itu akan jauh lebih informatif dan berguna daripada foto konvensional. Kamera light field dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan foto yang begitu ajaib. Mengumpulkan piksel rata-rata dari wilayah tengah setiap gambar mikrolensa menghasilkan foto tampilan referensi yang secara sintesis sama dengan foto konvensional. (Gambar 3.10 atas) Jika kita mengumpulkan piksel rata-rata dari wilayah bawah setiap gambar mikrolensa (Gambar 3.10 kanan bawah), foto tampak bawah sintesis dihasilkan. Demikian pula, foto tampilan sewenang-wenang dapat diperoleh dari Light field photograph. Gambar 3.11 menunjukkan foto tampilan atas dan bawah sintesis di mana paralaks vertikal diamati dengan jelas.



Gambar 3.10 Konsep pemrosesan gambar untuk efek tampilan sintetis

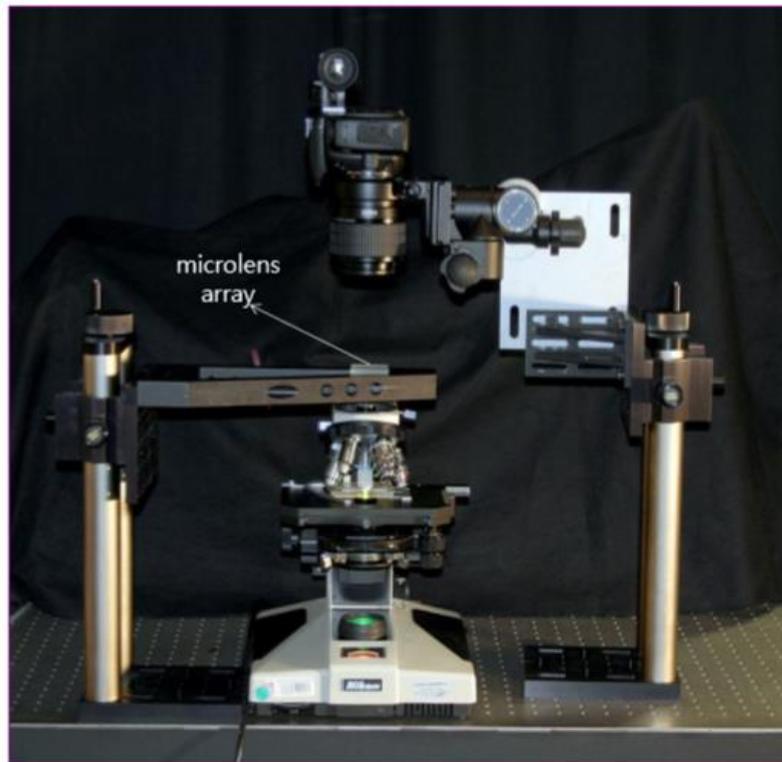


Gambar 3.11 Gambar tampilan atas dan bawah sintetis yang dibuat dari Light field photograph

3.4. Mikroskop Light Field

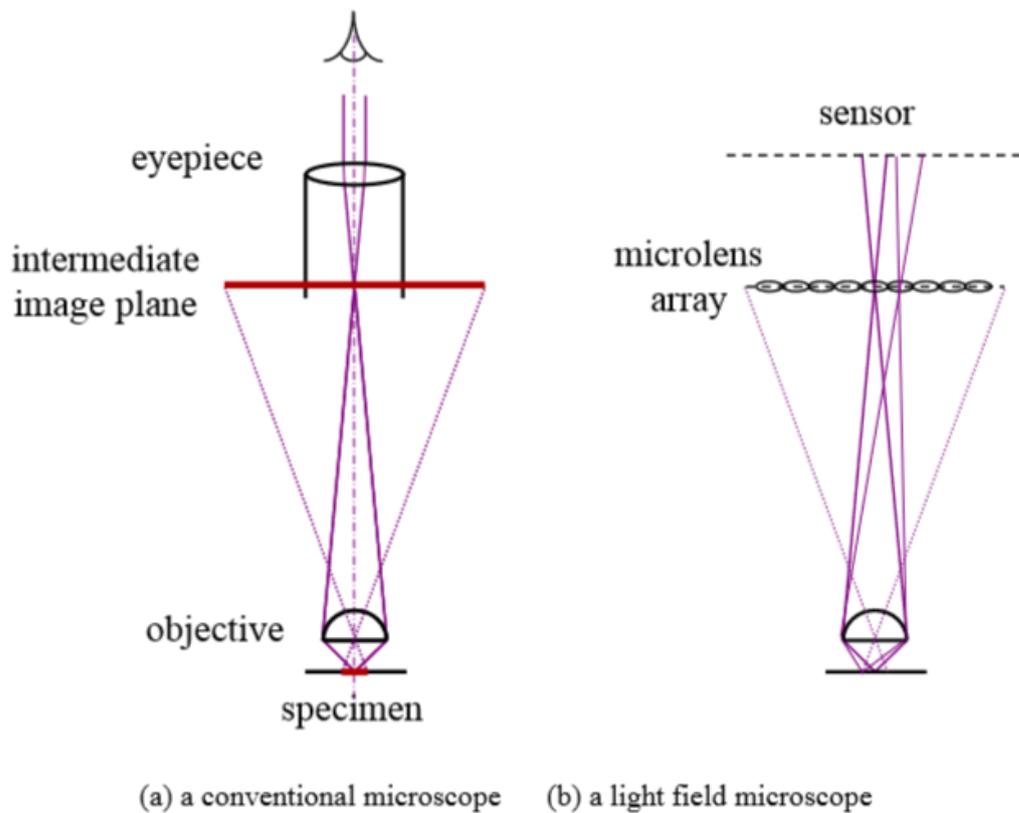
Kelompok Marc Levoy di Stanford mempresentasikan sistem mikroskop Light Field² pada tahun 2006. Mereka menerapkan sistem dengan memasang rangkaian mikrolensa dan kamera digital ke mikroskop konvensional seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.12. Anda dapat

membandingkan perbedaan antara mikroskop konvensional dan mikroskop light field pada Gambar 3.13 di mana sensor image pengganti mata manusia dan lensa okuler diganti dengan rangkaian mikrolens. Skema keseluruhan serupa dengan kamera Stanford Plenoptic yang dibahas di bagian sebelumnya. Sinar yang dipantulkan dari spesimen difokuskan ke bidang gambar perantara di mana array mikrolens mengalokasikan sinar datang ke dalam piksel sensor.

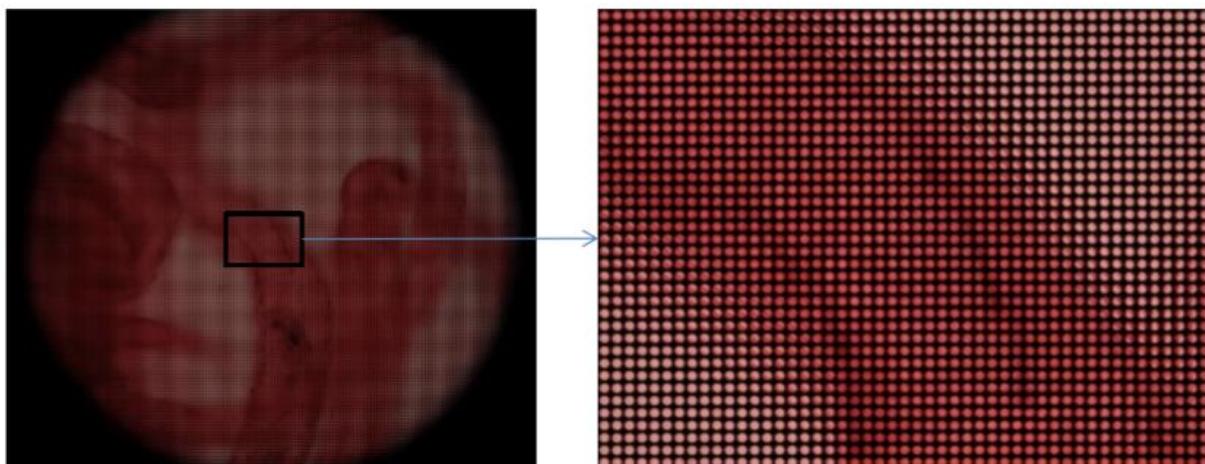


Gambar 3.12 Sistem mikroskop light field kelompok Marc Levoy (gambar dari LEVOY, M., NG, R., ADAMS, A., FOOTER, M., AND HOROWITZ, M. 2006. Mikroskop light field. ACM Trans. Grafik. 22, 2)

Gambar 3.14 menunjukkan foto yang diambil untuk spesimen biologis dengan mikroskop light field. Pada foto close-up kanan, gambar mikrolensa yang berisi informasi light field 4 dimensi dalam bentuk melingkar ditampilkan dengan jelas dan informasi tersebut dapat digunakan untuk memberikan berbagai efek visualisasi.



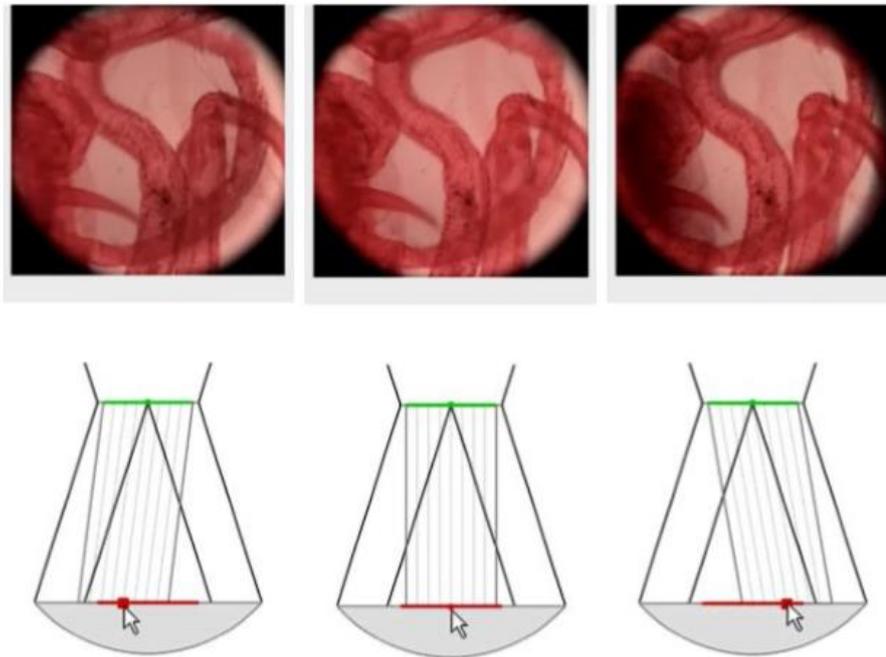
Gambar 3.13 Perbandingan antara mikroskop konvensional dan mikroskop light field



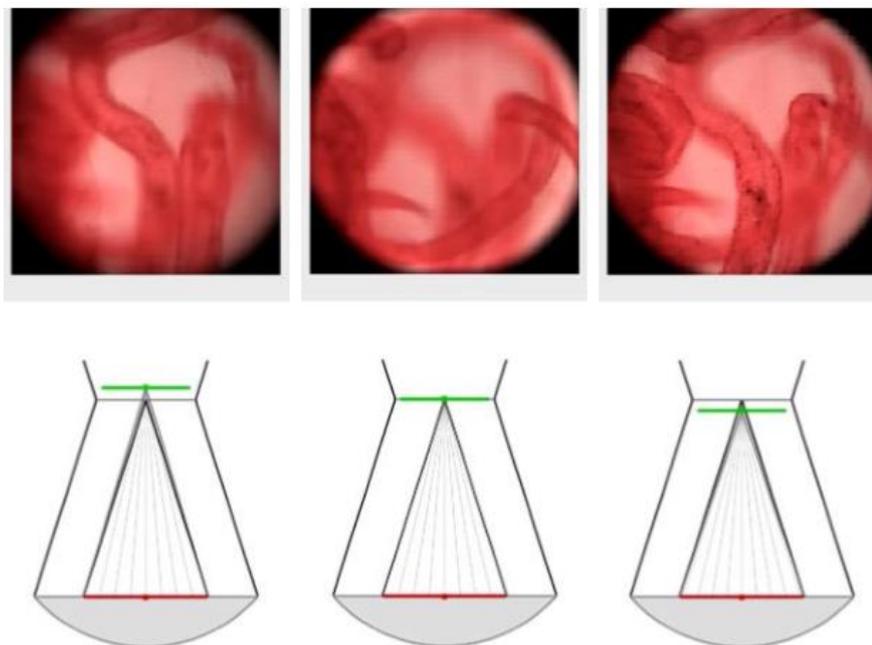
Gambar 3.14 Foto mikroskop light field (kiri) dan foto close-upnya (kanan) (gambar dari LEVOY, M., NG, R., ADAMS, A., FOOTER, M., AND HOROWITZ, M.2006. Mikroskop Light field. ACM Trans. Grafik. 22, 2)

Gambar 3.15 menunjukkan bahwa mikroskop light field membuat berbagai gambar tampilan untuk spesimen melalui interaksi pengguna dari satu foto yang diambil. Ini adalah fungsi yang sangat berguna dalam mikroskop karena sangat merepotkan untuk mengubah pose spesimen dan mengatur ulang kondisi mikroskops seperti pemfokusan lensa untuk mengamati berbagai pandangan spesimen. Plus, mikroskop light field dapat menghasilkan foto yang difokuskan pada bidang fokus sembarang seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.16. Pada gambar,

bidang kedalaman spesifik spesimen difokuskan dan rencana lain tidak fokus, yang dapat dicapai dengan pemrosesan serupa dengan teknik refokus di bagian sebelumnya.



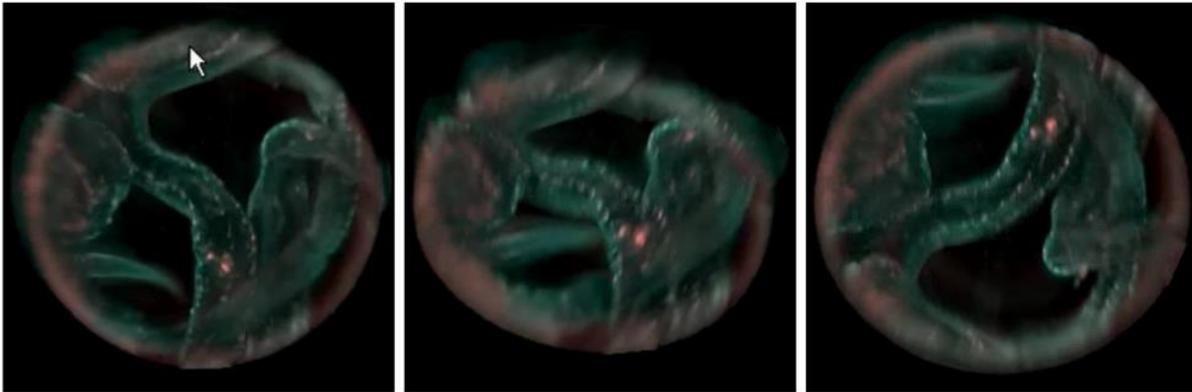
Gambar 3.15 Tampilan spesimen berubah dengan interaksi pengguna (dari tampilan kiri ke kanan, kiri, depan dan kanan)



Gambar 3.16 Perubahan bidang fokus spesimen (dari tampilan kiri ke kanan, kiri, depan dan kanan)

Memiliki informasi tampilan 2D yang berubah-ubah tentang suatu objek berarti bahwa rekonstruksi 3D untuk bentuk objek tersebut mungkin tercapai. Gambar 3.17 menunjukkan

hasil rekonstruksi 3D yang dirender menggunakan citra tampilan sintetik yang disajikan pada Gambar 3.15. Itu adalah fitur mikroskop light field yang sangat kuat dengan memberikan informasi bentuk 3D untuk spesimen dari satu foto. Singkatnya, pengguna dapat memperoleh manfaat dalam memahami bentuk 3D spesimen dan pengamatan rinci untuk bagian tertentu dengan menggunakan mikroskop light field.



Gambar 3.17 Hasil rekonstruksi 3D suatu spesimen menggunakan mikroskop light field

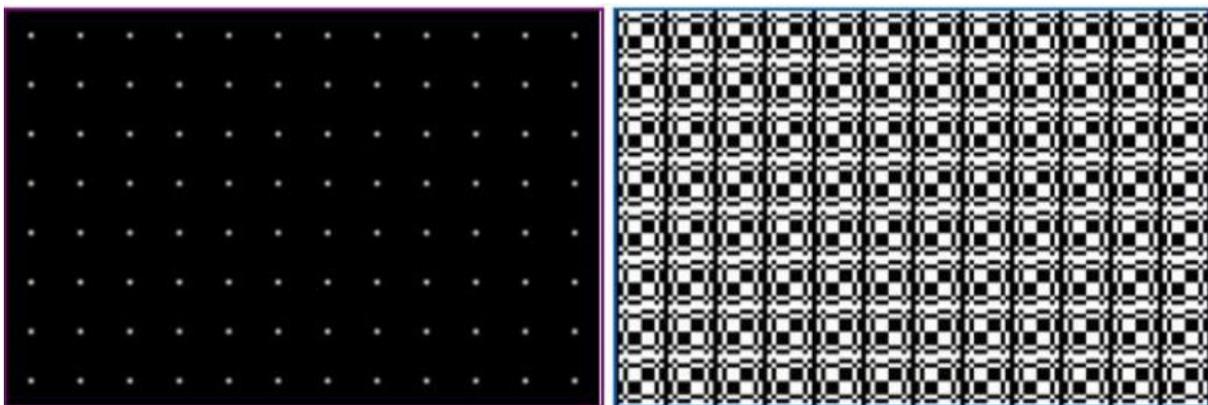
3.5. Kamera Light Field berbasis mask

Bagian 3.3 menjelaskan kamera Stanford Plenoptic yang merekam informasi light field 4D menggunakan rangkaian mikrolensa. Tak perlu dikatakan, rangkaian mikrolensa adalah komponen yang efektif untuk menangkap light field, tetapi harganya tidak murah. Rangkaian mikrolensa Stanford berharga ribuan dolar AS untuk model utama dan ratusan dolar AS untuk salinannya. Oleh karena itu, beberapa peneliti mengusulkan kamera light field berbasis mask³ dengan biaya murah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.18. Di kamera, mask dengan pola pelemahan diadopsi sebagai pengganti rangkaian mikrolensa di kamera Stanford Plenoptic.

Mask memainkan peran yang persis sama, mentransmisikan informasi sudut 2D, dengan susunan mikrolensa di tempat yang sama di dekat sensor gambar. Di Bagian 2.2, kita mempelajari bahwa peran pinhole dalam pembentukan gambar sama dengan lensa. Pada dasarnya masker pinhole pada Gambar 3.19 kiri dapat digunakan untuk rangkaian mikrolens. Namun, keterbatasan pinhole, melemahkan foton yang masuk, masih berlaku. Sebagai alternatif, cosinus (Gambar 3.18 kiri bawah) atau mask MURA berubin (Gambar 3.19 kanan) dapat digunakan untuk mengimplementasikan kamera light field berbasis mask.



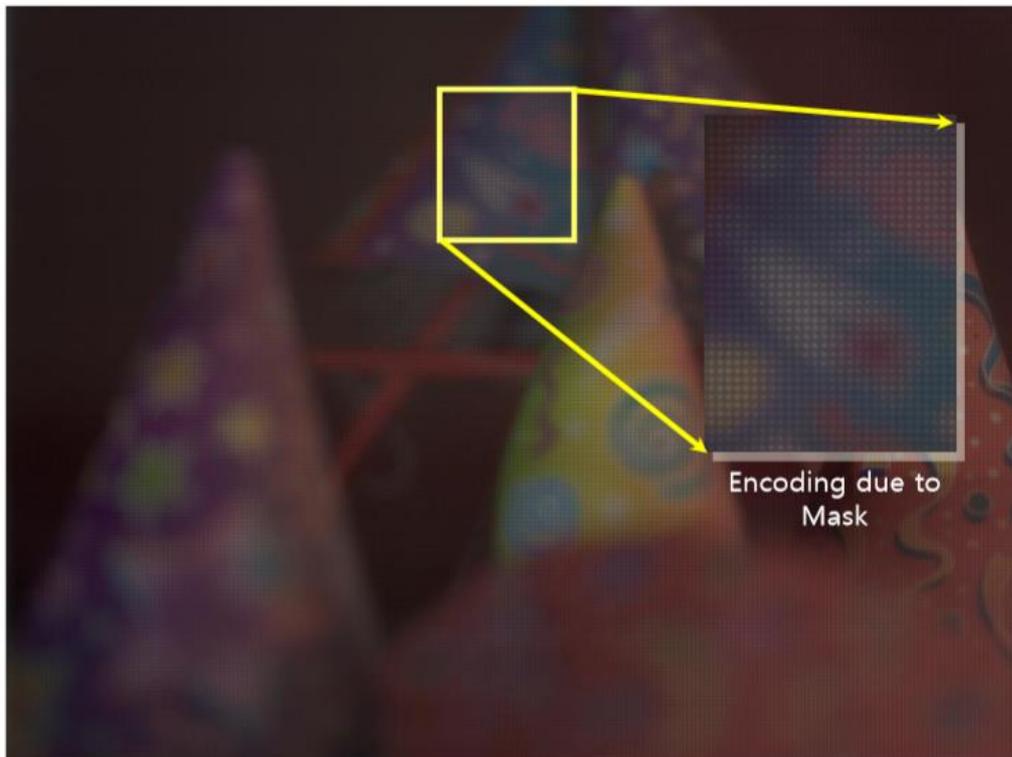
Gambar 3.18 Kamera light field berbasis mask



Gambar 3.19 Pinhole and tiled-MURA mask

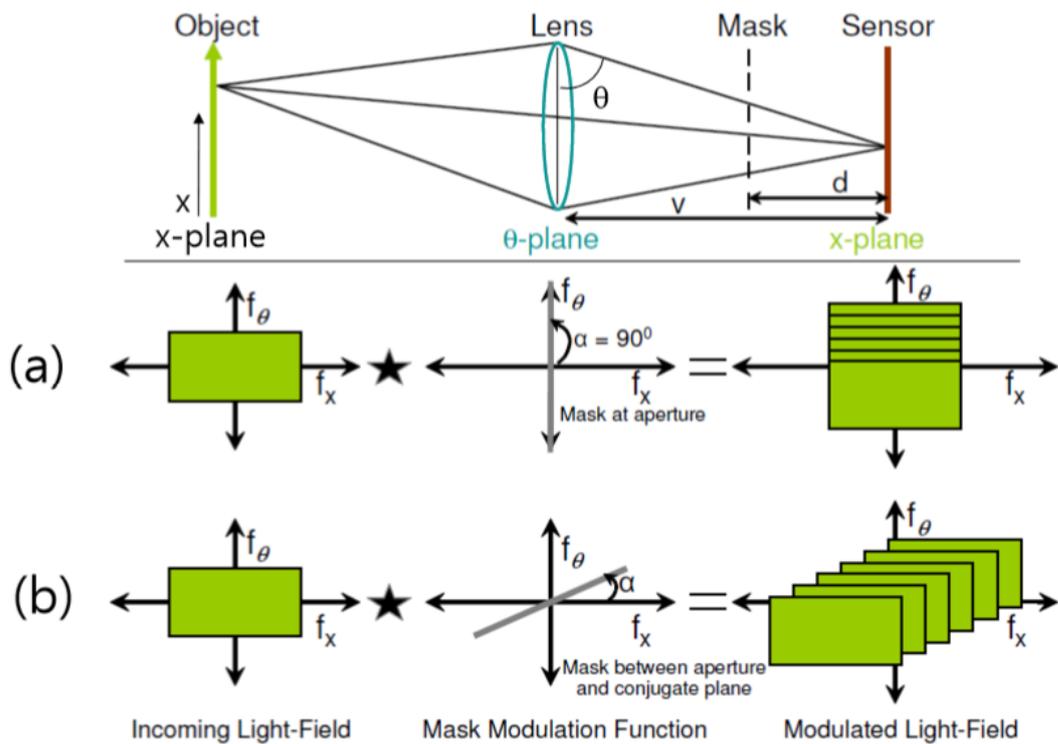
Kedua mask terdiri dari pola berulang dan setiap wilayah pola dapat dianggap sebagai satu mikrolens. Namun, mereka memiliki fitur berbeda dalam proses untuk mengirimkan sinar yang masuk dibandingkan dengan rangkaian mikrolensa. Sementara array mikrolens secara spasial mengalokasikan light field 4D ke dalam sensor gambar, mask cosinus atau MURA ubin dilakukan dalam domain frekuensi. Foto yang diambil dengan cosine mask pada Gambar 3.20 terlihat mirip dengan foto kamera Stanford Plenoptic pada Gambar 3.5 namun informasi light field 4D tidak dapat diekstraksi dengan operasi berbasis piksel tetapi operasi domain frekuensi. Gambar 3.21 menunjukkan bagaimana informasi light field ditransmisikan oleh mask semacam itu. Pada gambar, light field terdiri dari parameter 2 dimensi, x dan 000 untuk informasi spasial dan sudut. Gambar (a) menjelaskan bahwa light field dalam domain frekuensi dimodulasi secara vertikal sepanjang θ sumbu ketika mask ditempatkan pada bidang aperture. Sedangkan pada saat mask berada di antara aperture dan bidang sensor pada Gambar (b), light field

dimodulasi sepanjang garis miring pada sudut α dari sumbu horizontal. α diberikan oleh rasio 'd', jarak antara mask dan bidang sensor, dan 'v', jarak antara aperture dan bidang sensor.

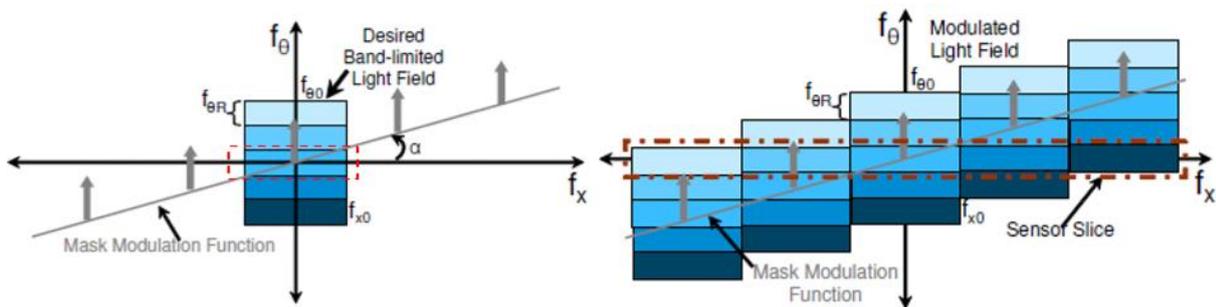


Gambar 3.20 Foto yang diambil dengan cosine mask

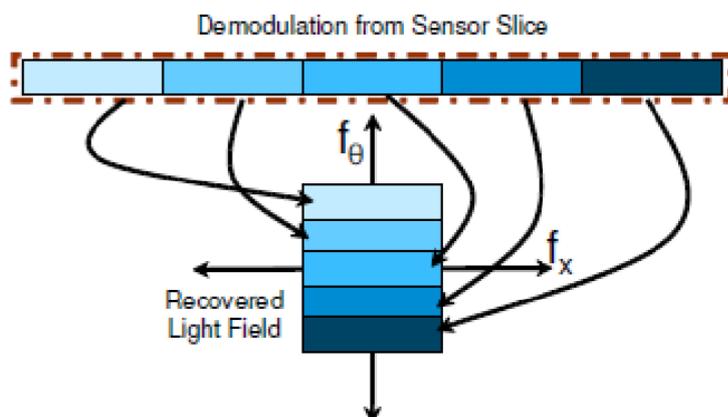
Modulasi tersebut merupakan proses kunci untuk mentransmisikan light field ke sensor citra dalam domain frekuensi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.22. Gambar (a) mewakili proses imajinasi normal tanpa mask. Light field asli dalam domain frekuensi, f_x dan f_θ , ditangkap hanya dengan merekam informasi f_x yang ditandai sebagai persegi panjang titik merah. Gambar (b) mewakili kasus light field dimodulasi oleh mask. Dengan cara yang sama, sensor gambar hanya merekam informasi f_x yang dikelilingi oleh persegi panjang titik merah tetapi sebenarnya ini menyertakan replika informasi f_θ . Lima kotak kecil pada persegi panjang red-dot cocok dengan kotak original light field, yang berarti light field dapat terekam dalam domain f_x tanpa kehilangan.



Gambar 3.21 Modulasi light field oleh cosine mask. (a) saat mask pada posisi aperture (b) saat mask antara aperture dan sensor

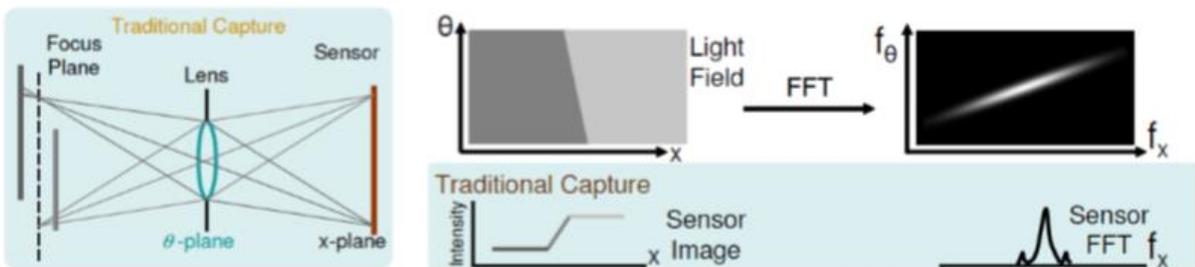


Gambar 3.22 Pengambilan gambar sensor untuk light field (a) Perekaman light field yang hilang tanpa mask (b) Perekaman light field penuh dengan modulasi mask

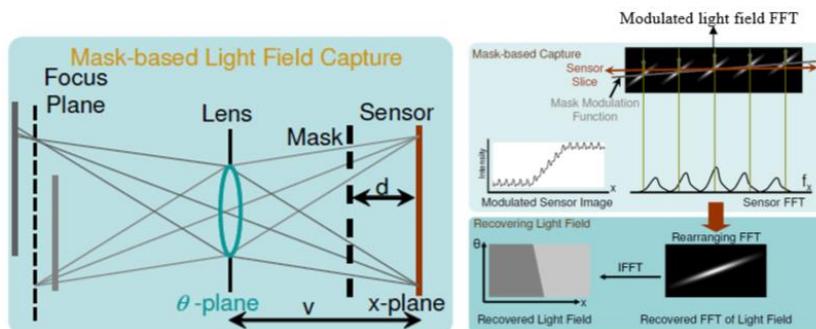


Gambar 3.23 Light field recovering melalui proses demodulasi

Gambar 3.24 menunjukkan kasus penangkapan tradisional untuk dua objek bidang. Light field 2D dari objek dan gambar FFT-nya masing-masing ditampilkan dalam ruang $x-\theta$ dan $f_x-f\theta$. Itu adalah informasi target kami untuk menangkap, tetapi sayangnya sensor kami hanya menangkap informasi dimensi x di gambar kanan bawah. Dalam pengambilan light field berbasis mask, gambar sensor dan gambar FFT-nya untuk objek yang sama ditunjukkan di kanan atas Gambar 3.25. Perhatikan sinyal riak pada gambar sensor yang merepresentasikan sinyal termodulasi oleh sebuah mask. FFT light field termodulasi dengan jelas menunjukkan replika light field di sepanjang garis miring dan FFT sensor mewakili sinyal 1D-nya di sepanjang potongan sensor sejajar dengan sumbu x .

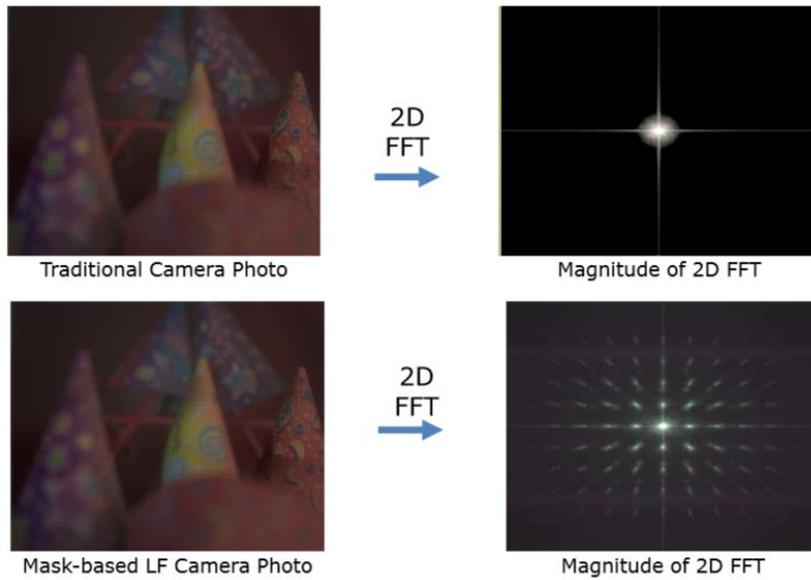


Gambar 3.24 Dalam pengambilan tradisional, contoh gambar sensor dan gambar transformasi Fourier



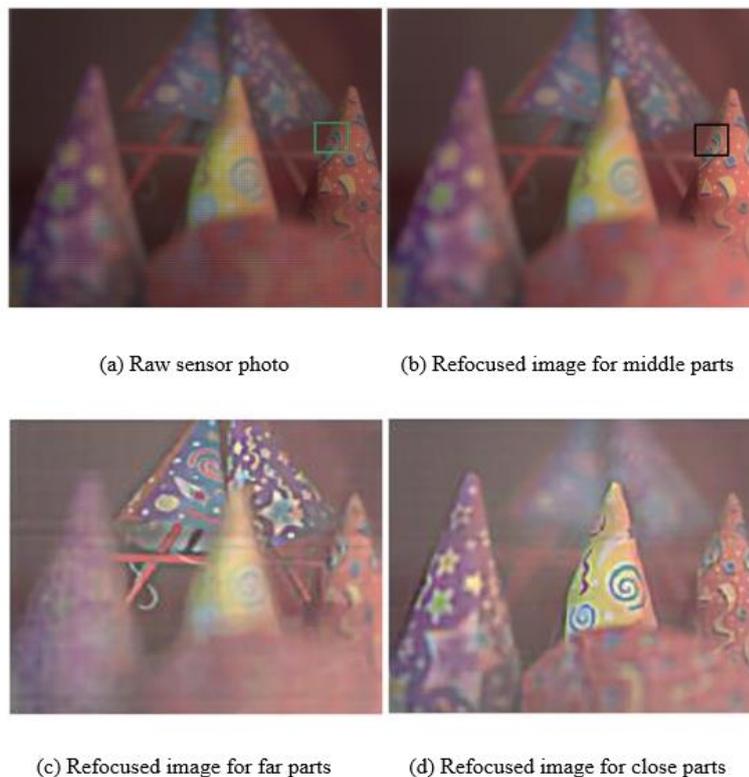
Gambar 3.25 Dalam pengambilan light field berbasis mask, contoh untuk memulihkan light field dari gambar sensor termodulasi

Karena gambar FFT sensor mencakup irisan dari light field asli, mengaturnya kembali dalam domain FFT memberikan sinyal FFT dari light field dan pada gilirannya light field dalam domain spasial dengan transformasi Fourier terbalik. Gambar 3.26 membandingkan foto tradisional dan gambar FFT-nya dengan foto kamera light field berbasis mask dan gambar FFT-nya. Gambar FFT foto kamera light field berisi irisan light field asli di gambar kanan bawah. Sinyal FFT light field dapat direkonstruksi dengan menyusunnya kembali dalam domain frekuensi 4D dan light field asli dalam domain spasial diperoleh dengan transformasi Fourier invers 4D.



Gambar 3.26 Foto tradisional dan gambar FFT-nya (atas) vs. foto kamera light field berbasis mask dan gambar FFT-nya (bawah)

Gambar 3.27 membandingkan foto konvensional dengan gambar fokus ulang yang diperoleh dengan kamera light field berbasis mask. Foto asli (a) memiliki DOF untuk bagian tengah, serupa dengan gambar fokus ulang untuk bagian tengah pada gambar (b). Secara kontras, gambar yang difokuskan ulang di (c) dan (d) menunjukkan gambar dengan fokus yang lebih baik daripada foto asli untuk bagian yang jauh dan dekat.



Gambar 3.27 Foto mentah vs. gambar yang difokuskan ulang yang diperoleh dengan kamera light field berbasis mask

Kesimpulan

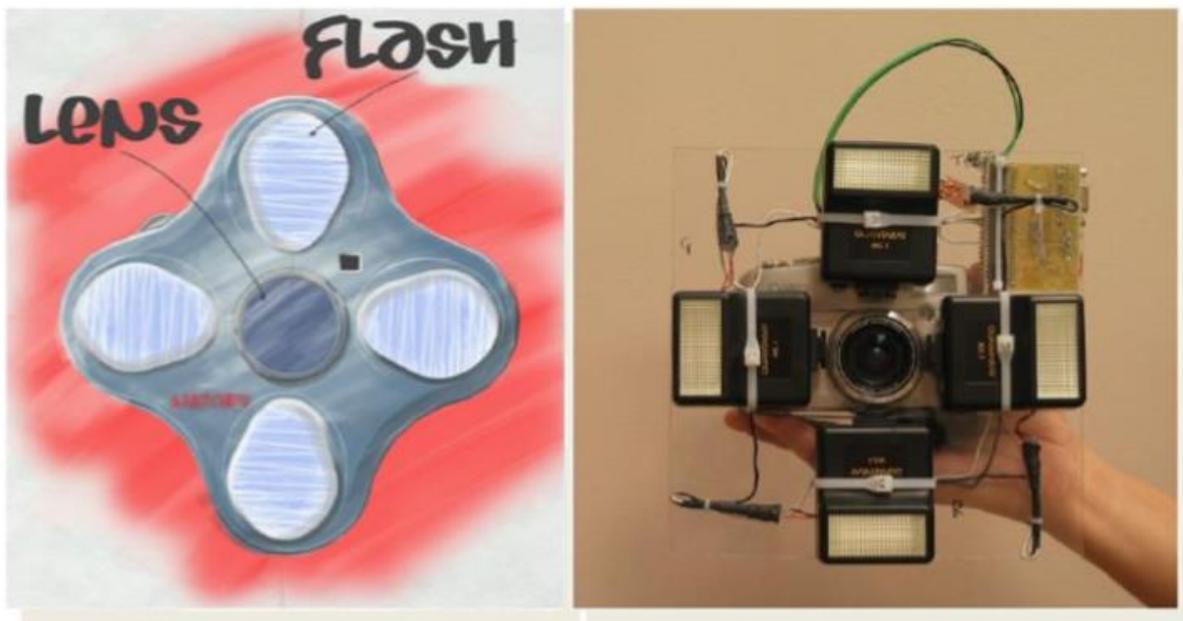
Bidang cahaya adalah fungsi vektor yang menggambarkan jumlah cahaya yang mengalir ke segala arah melalui setiap titik dalam ruang. Ruang dari semua sinar cahaya yang mungkin diberikan oleh fungsi pleno lima dimensi, dan besarnya setiap sinar ditentukan oleh pancaran.

Pancaran cahaya di sepanjang semua sinar tersebut di wilayah ruang tiga dimensi yang diterangi oleh pengaturan cahaya yang tidak berubah disebut fungsi plenoptik. dalam visi komputer dan grafik komputer untuk mengekspresikan gambar pemandangan dari posisi menonton yang memungkinkan pada sudut pandang mana pun dan kapan pun. Arah vektor pada setiap titik di lapangan dapat diartikan sebagai orientasi seseorang akan menghadapi permukaan datar yang ditempatkan pada titik itu untuk menerangi paling terang.

Bidang cahaya adalah representasi fundamental untuk cahaya. Dengan demikian, ada banyak cara untuk membuat bidang cahaya karena ada program komputer yang mampu membuat gambar atau instrumen yang mampu menangkapnya. Dalam grafik komputer, bidang cahaya biasanya diproduksi baik oleh render sebuah 3D model atau memotret adegan nyata. Dalam kedua kasus tersebut, untuk menghasilkan pandangan bidang cahaya harus diperoleh untuk kumpulan besar sudut pandang. Bergantung pada parameterisasi yang digunakan, koleksi ini biasanya akan menjangkau beberapa bagian dari garis, lingkaran, bidang, bola, atau bentuk lain, meskipun koleksi sudut pandang yang tidak terstruktur juga dimungkinkan. Pencitraan komputasi mengacu pada metode pembentukan gambar apa pun yang melibatkan komputer digital. Banyak dari metode ini beroperasi pada panjang gelombang tampak, dan banyak di antaranya menghasilkan medan cahaya. Akibatnya, mendaftar semua aplikasi bidang cahaya akan membutuhkan survei semua penggunaan pencitraan komputasi dalam seni, sains, teknik, dan kedokteran. Dalam grafik komputer.

4.1. Camera Multi-flash

Kamera konvensional hanya memiliki satu flash untuk membuat pemandangan foto menjadi cerah. Sedangkan Raskar dkk mempresentasikan kamera empat flash seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2 yang disebut Multi-flash camera⁴. Sekarang, mari kita mulai dengan latar belakang penemuan kamera. Lihat foto pada Gambar 4.3. Apa perasaan pertama Anda tentang mereka? Anda merasa objek dalam foto sangat rumit sehingga sulit untuk mengenali bagian mana pun. Itu mungkin alasan mengapa manual mobil menggunakan gambar seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.4 daripada foto asli pada Gambar 4.3. Terkadang foto mentah membuat pengamat menjadi rumit dan kurang efektif untuk menyampaikan informasi bentuk. Akan tetapi, gambar pada Gambar 4.4 lebih mahal daripada foto karena seharusnya dibuat oleh seniman. Bagaimana jika ada kamera ajaib untuk menghasilkan gambar seperti itu? Kamera multi-flash pada Gambar 4.2 dimaksudkan untuk tujuan tersebut.

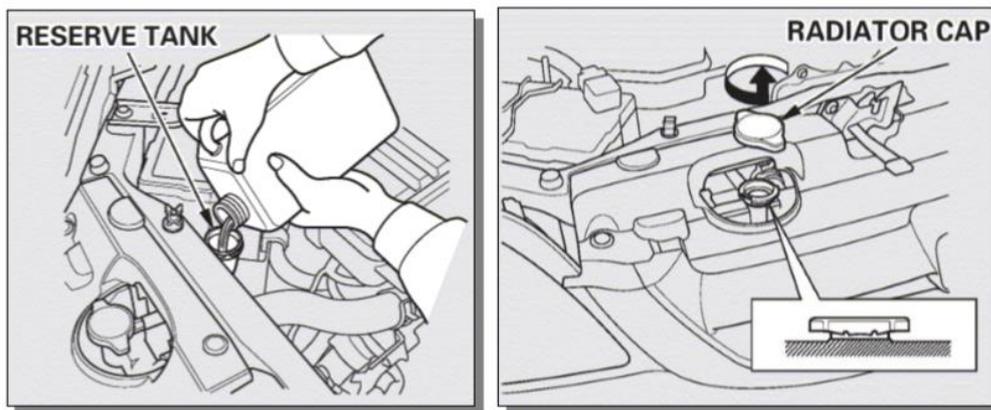


Gambar 4.2 Sistem Multi-flash camera

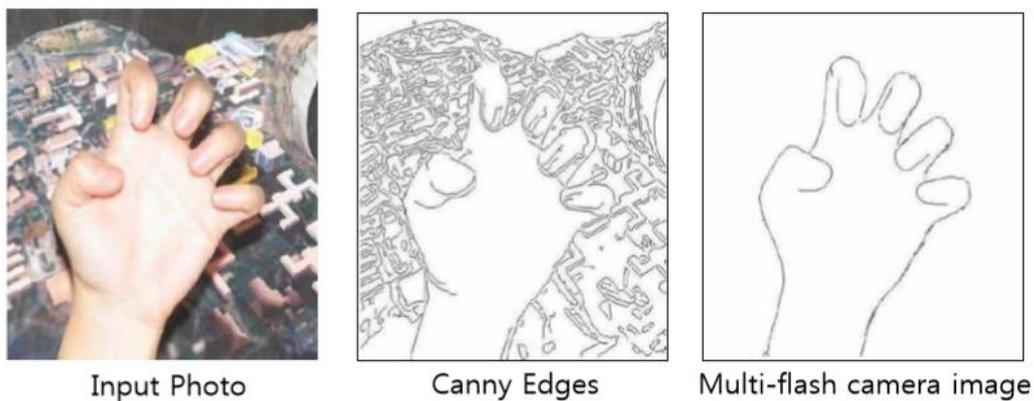


Gambar 4.3 Foto pemandangan yang rumit

Gambar 4.5 membandingkan foto mentah dan canny edge dengan gambar kamera Multi-flash. Gambar tersebut menunjukkan fitur unik kamera Multi-flash yang dibedakan dari tepi umum seperti canny edge yang ditunjukkan pada gambar tengah, yang merupakan ekstraksi Depth edge untuk objek depan. Pada foto input, sebuah tangan terletak di depan objek bertekstur rumit. Algoritme deteksi tepi umum mendeteksi piksel yang intensitasnya berubah dengan cepat.

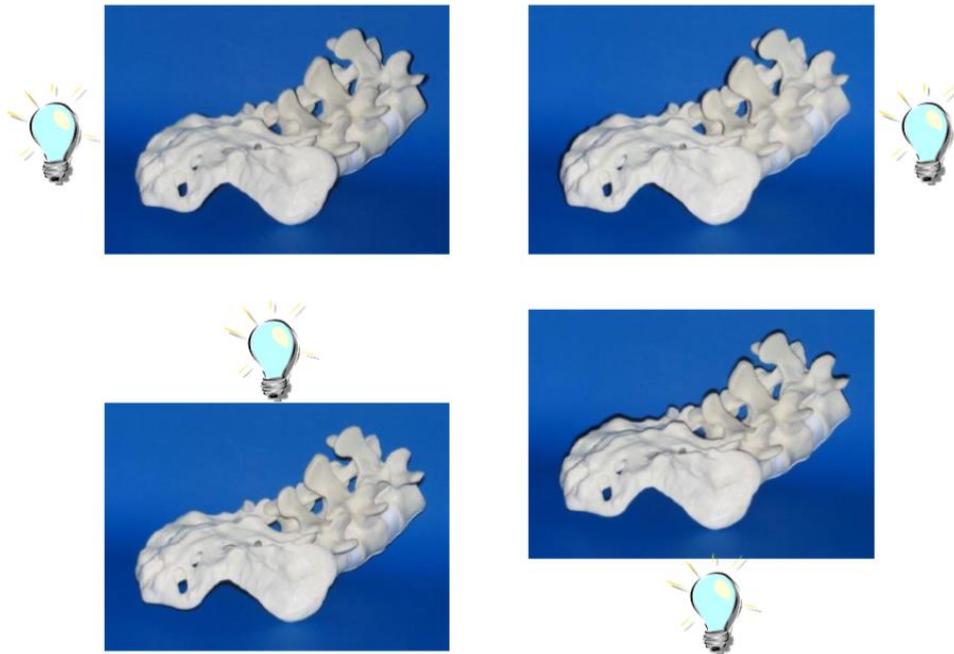


Gambar 4.4 Gambar manual mobil



Gambar 4.5 Foto input vs. Canny edge vs. gambar kamera multi-flash

Karenanya, hasil canny edge di tengah mencerminkan semua tepi rumit di tekstur latar belakang. Sementara, kamera Multi-flash mendeteksi piksel di mana posisi kedalaman objek berubah dengan cepat, yang merupakan definisi Depth edge. Bagaimana kamera Multi-flash mendeteksi Depth edge dengan sensor gambar 2D biasa? Empat lampu kilat di kamera Multi-flash adalah bagian penting untuk fungsi tersebut.



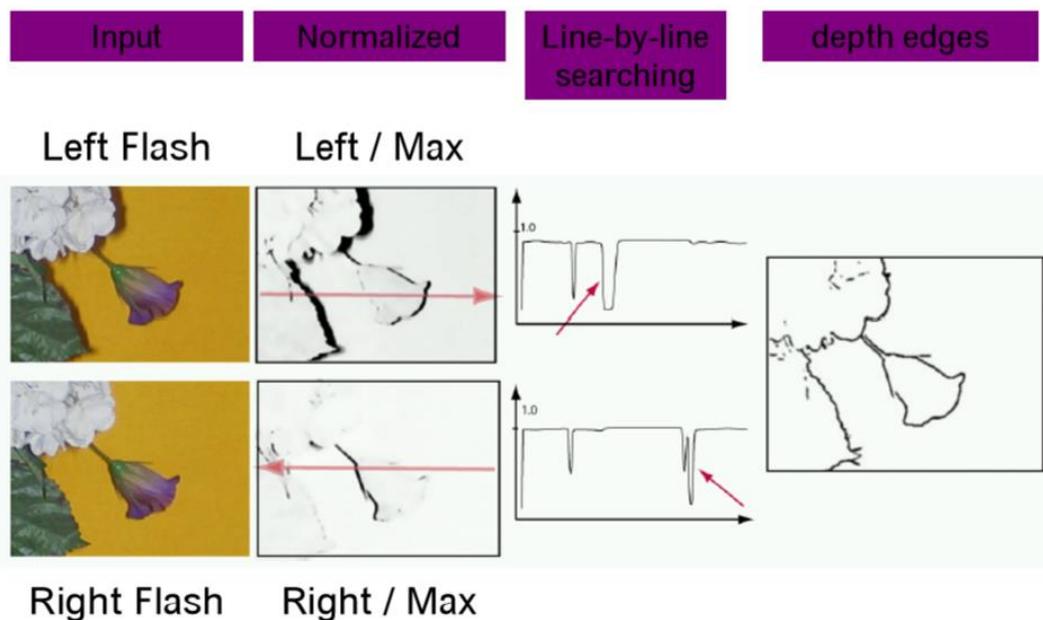
Gambar 4.6 Foto diambil dengan empat flash dalam kamera Multi-flash



Gambar 4.7 Depth edge dari kamera Multi-flash

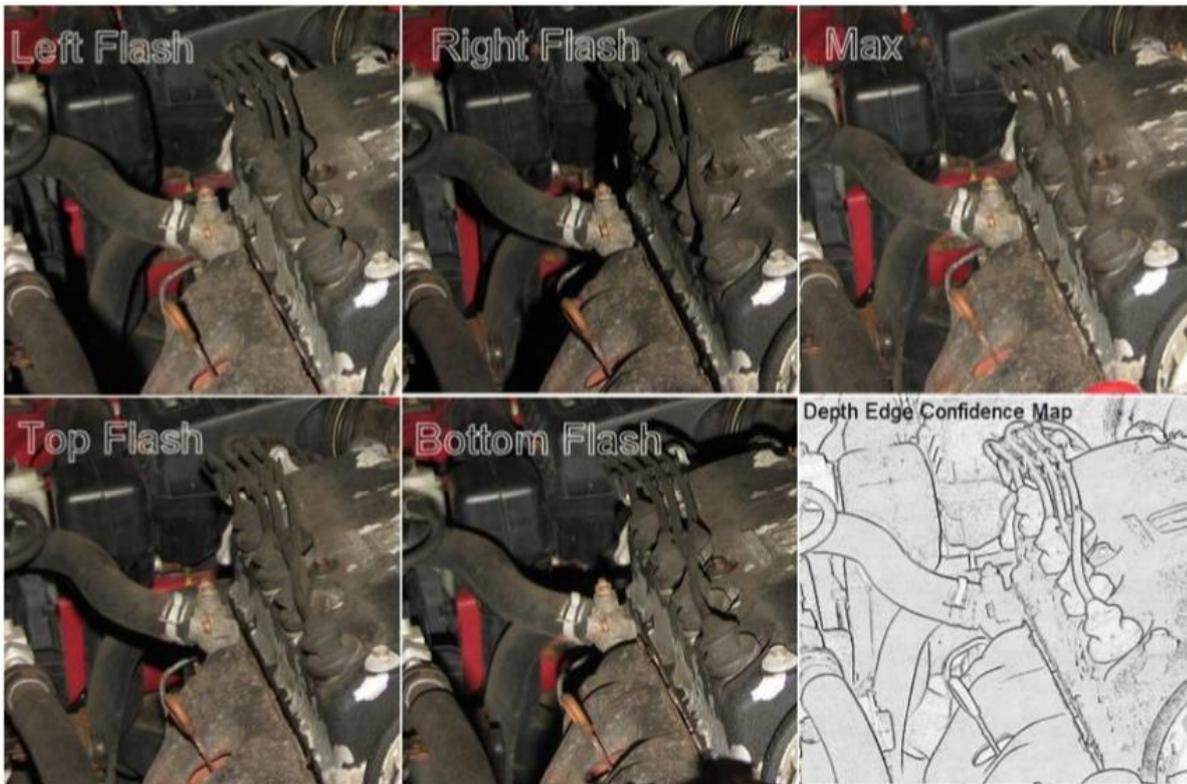
Gambar 4.6 menunjukkan empat foto yang diambil dengan satu dari empat flash dalam kamera Multi-flash. Karena empat kilatan menyala di arah kiri, kanan, atas dan bawah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2, Gambar 4.6, foto ditangkap dengan lampu arah yang sesuai. Kiri

atas pada Gambar 4.6 ditangkap dengan iluminasi kiri sehingga bayangan tercipta di arah kanan. Begitu juga foto dengan iluminasi kanan, atas dan bawah mengandung bayangan pada arah yang berlawanan dengan iluminasi. Dari keempat foto, kami memiliki bayangan full-directional untuk objek dan Depth edge yang terletak di titik potong antara objek dan bayangannya. Langkah-langkah pemrosesan pada Gambar 4.8 benar-benar dimaksudkan untuk mendeteksi titik-titik tersebut. Pemrosesan dimulai dengan menangkap gambar bayangan empat arah dengan kamera Multi-flash. Langkah selanjutnya adalah menghasilkan citra Max yang pikselnya memiliki nilai intensitas yang sama dengan piksel maksimum di antara empat citra masukan pada setiap posisi piksel. Gambar Max mewakili gambar bebas bayangan. Keempat gambar input dibagi dengan gambar Max, yang disebut proses normalisasi. Gambar yang dinormalisasi memiliki sinyal bayangan yang ditingkatkan dalam nilai piksel rendah seperti yang ditunjukkan pada kolom kedua dari Gambar 4.8 karena wilayah bukan bayangan menjadi mendekati 1 berdasarkan pembagian.



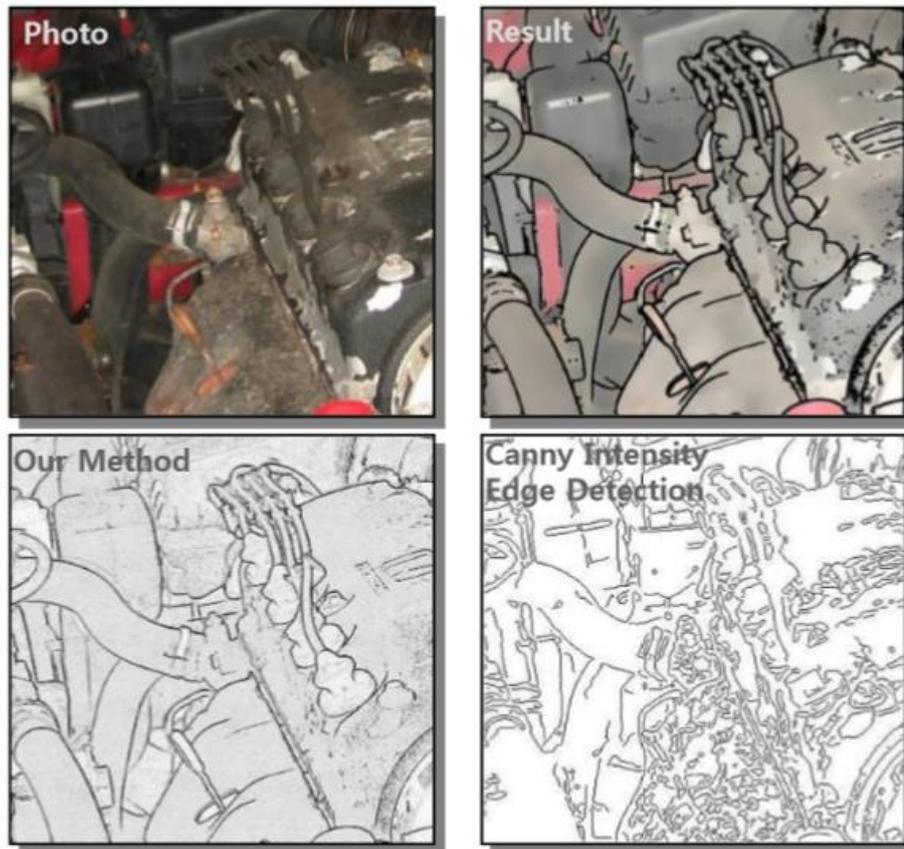
Gambar 4.8 Langkah pemrosesan dalam deteksi Depth edge

Langkah selanjutnya adalah mendeteksi piksel Depth edge dengan pencarian baris demi baris seperti yang ditunjukkan pada kolom ketiga. Perhatikan bahwa arah pencarian tergantung pada arah bayangan. Misalnya, dalam gambar flash kiri, bayangan dibuat di sisi kanan objek dan arah pencarian dari kiri ke kanan di gambar baris atas Gambar 4.8. Dalam logika yang sama, gambar flash kanan di baris bawah diproses dengan pencarian kanan-ke-kiri. Depth edge terletak di titik transisi negatif pada pencarian baris demi baris (kolom ketiga). Citra Depth edge akhir dihasilkan dengan mengumpulkan semua piksel Depth edge dari empat citra masukan yang diberikan di kolom keempat. Gambar 4.9 menunjukkan hasil Depth edge untuk bagian mekanis yang rumit dengan empat foto flash input dan gambar Max



Gambar 4.9 Gambar Depth edge dari empat foto flash

Gambar 4.10 membandingkan gambar Depth edge dengan kamera Multi-flash dengan gambar canny edge konvensional. Gambar Depth edge jauh lebih efektif dalam menyampaikan informasi bentuk objek yang kompleks daripada gambar canny edge. Selain itu gambar Depth edge dapat dikombinasikan dengan warna semu untuk memberikan visibilitas yang lebih baik seperti yang ditunjukkan di kanan atas Gambar 4.10. Informasi warna semu diambil sampelnya dari informasi warna foto asli.



Gambar 4.10 Gambar Depth edge vs. Gambar canny edge

Gambar Depth edge dengan kamera Multi-flash bekerja dengan baik untuk berbagai jenis objek kompleks termasuk bunga dan bahkan rambut pada Gambar 4.11.

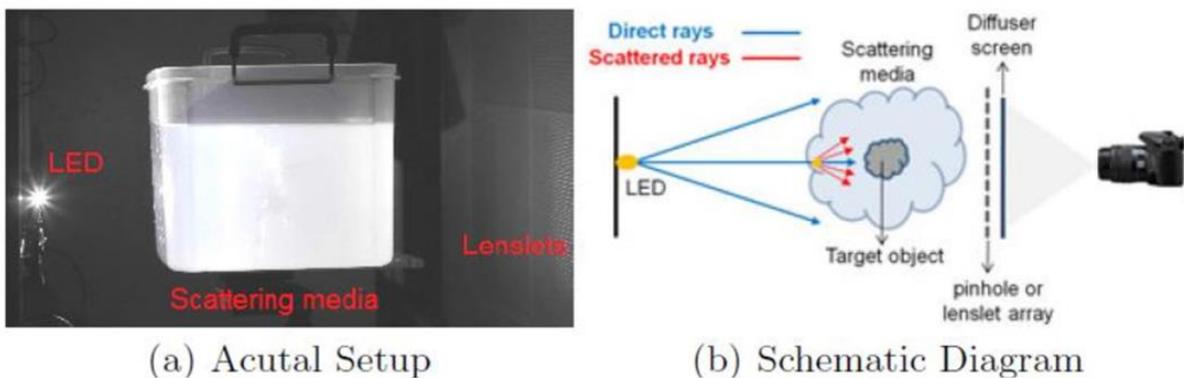


Gambar 4.11 Hasil Depth edge untuk objek kompleks

4.2. Teknik Descattering menggunakan Iluminasi

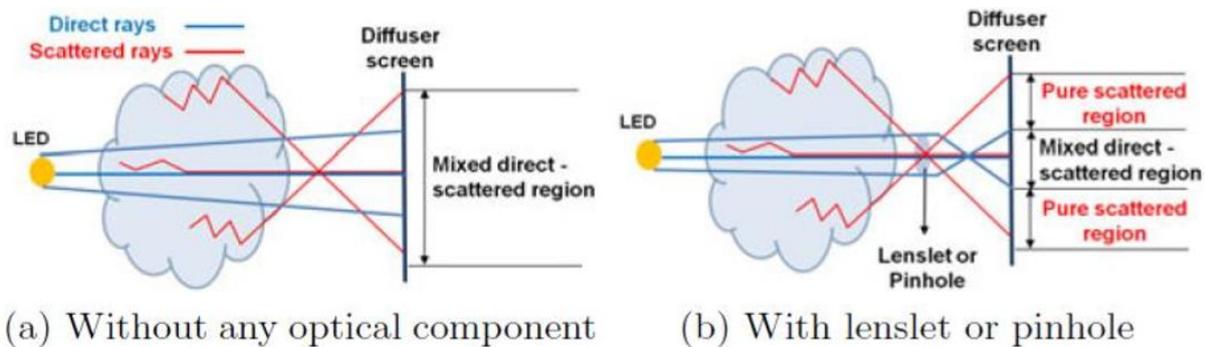
Di lingkungan kita, berbagai macam refleksi terjadi setiap saat. Sebenarnya, melihat benda berarti benda itu memantulkan cahaya. Dalam visi komputer dan bidang grafik, refleksi semacam itu sering dikategorikan menjadi dua kelompok, refleksi langsung dan global. Para peneliti telah mencoba memisahkan keduanya dalam sinyal cahaya indera mereka karena mereka memiliki karakteristik dan informasi yang berbeda. Namun, pemisahan komponen langsung dan global dari cahaya insiden telah menjadi topik yang menantang karena perilaku refleksi yang kompleks termasuk antar-refleksi, hamburan bawah permukaan, refleksi volumetrik, difusi, dan sebagainya. Karakteristik kompleks ini adalah salah satu faktor utama yang menghambat solusi analitis untuk pemisahan refleksi global langsung. Untuk alasan ini, metode pengkodean aktif telah diusulkan oleh Nayar et al⁵. Mereka memproyeksikan pola frekuensi tinggi ke pemandangan reflektif untuk mencapai pemisahan yang akurat dan kuat. Narasimhan et al⁶. menggunakan cahaya terstruktur untuk memperkirakan bentuk objek 3-D di media hamburan, termasuk suspensi yang diencerkan. Atcheson et al⁷. memperkirakan bentuk 3-D dari aliran gas non-stasioner. Dalam banyak pendekatan sebelumnya, pemandangan hamburan yang terdiri dari bahan dengan kepadatan rendah (misalnya asap, cairan, dan bubuk) telah dieksplorasi di mana mode hamburan tunggal dominan. Namun, pemandangan umum tidak dimodelkan hanya dengan hamburan tunggal tetapi hamburan ganda. Pendekatan fotografi komputasi untuk mengatasi masalah dalam beberapa kasus hamburan diperkenalkan oleh Jaewon Kim et al⁸. berdasarkan penyaringan sudut dengan rangkaian mikrolensa. Gambar 4.12 menyajikan konfigurasi optik dan diagram skematiknya. Pada gambar (a), ditempatkan beberapa media hamburan yang terdiri dari air susu dan objek target di antara lampu LED dan kamera. Air susu semacam itu menciptakan beberapa hamburan sehingga objek target di dalam tangki air susu hampir tidak dapat dikenali. Gambar (b) menunjukkan proses untuk membuat beberapa hamburan di media yang berpartisipasi seperti air susu. Sinar yang dipancarkan dari LED dalam warna buram bergerak melalui media di mana partikel menyebarkan sinar ke arah yang tidak beraturan dalam warna merah. Sinar yang tersebar terus dihamburkan lagi oleh partikel lain, yang menciptakan beberapa hamburan. Penelitian ini mencoba memisahkan sinar asli, sinar langsung berwarna biru, yang dipancarkan dari LED dari sinar merah yang tersebar menggunakan pinhole atau rangkaian mikrolens yang ditempatkan di depan kamera. Gambar

4.13 menjelaskan bagaimana pinhole atau susunan mikrolens dapat digunakan untuk memisahkan sinar langsung dan sinar yang tersebar. Pada gambar (a), sinar langsung hanya dicampur dalam foto yang diambil tanpa komponen optik tersebut sementara terdapat dua daerah dalam imajinasi pinhole atau susunan mikrolens seperti yang ditunjukkan pada gambar (b). Salah satunya adalah wilayah 'tersebar murni' dan yang lainnya adalah wilayah 'tersebar langsung'. Penciptaan dua wilayah tersebut berawal dari perbedaan sudut datang sinar. Sinar langsung yang dipancarkan dari LED memiliki sudut datang yang terbatas pada imajinasi melalui pinhole atau mikrolensa. Pada gambar (b), kisaran sudut datang sinar langsung dibatasi oleh daerah hamburan langsung campuran. Sedangkan sinar hamburan memiliki jangkauan sudut datang yang jauh lebih luas daripada sinar langsung sehingga mencakup daerah hamburan murni serta daerah hamburan langsung campuran. Fakta penting adalah bahwa kontribusi imajinasi sinar hamburan dapat diperkirakan dari daerah hamburan murni.

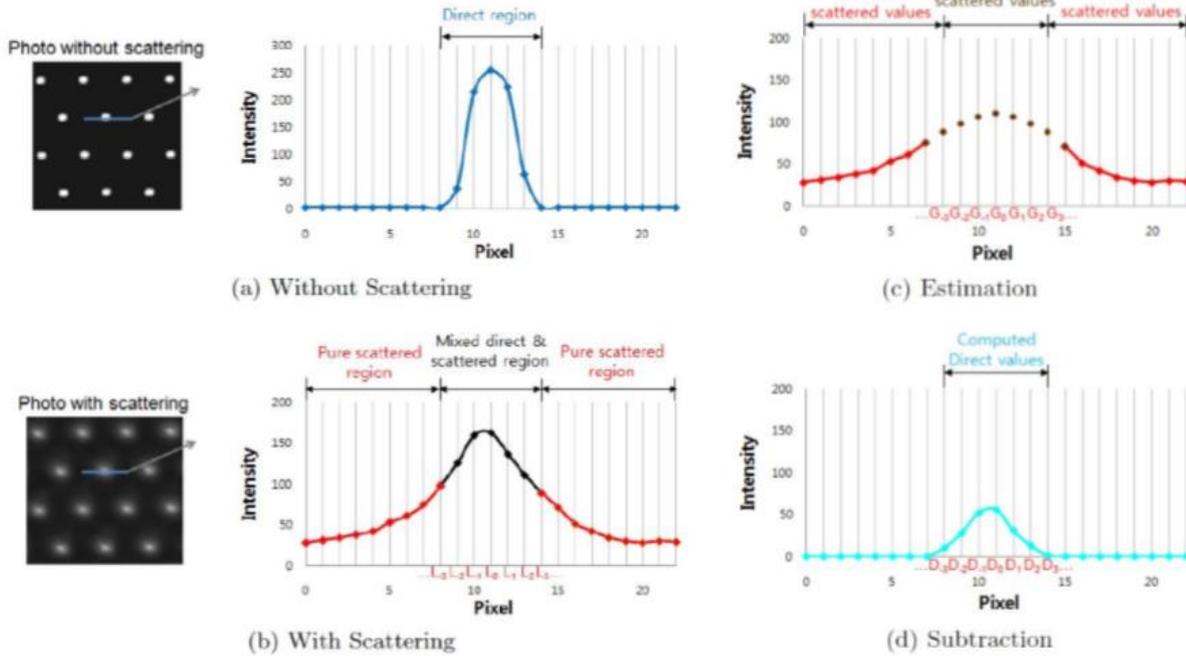


Gambar 4.12 Pengaturan optik untuk descattering berdasarkan filter sudut

Setelah nilai sinar tersebar diperoleh, nilai sinar langsung dapat dihitung dengan mengurangi nilai sinar tersebar dari campuran nilai tersebar langsung. Gambar 4.14 menunjukkan proses komputasi seperti itu.

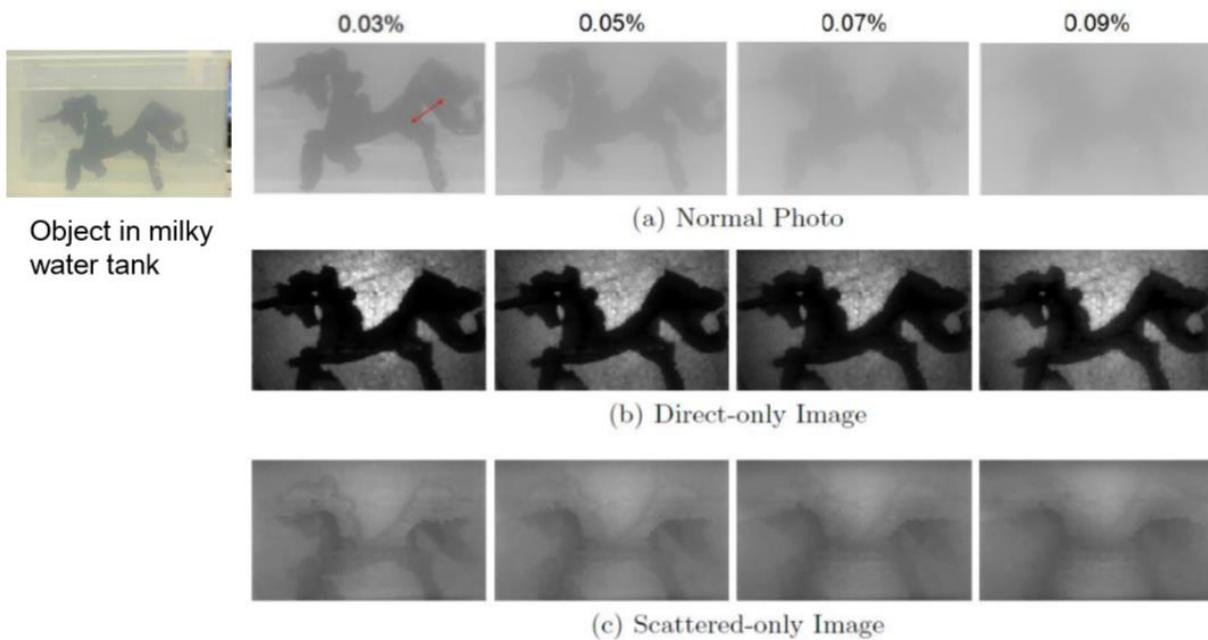


Gambar 4.13 Imajinasi beberapa adegan hamburan tanpa (a) dan dengan (b) mikrolens atau array pinhole



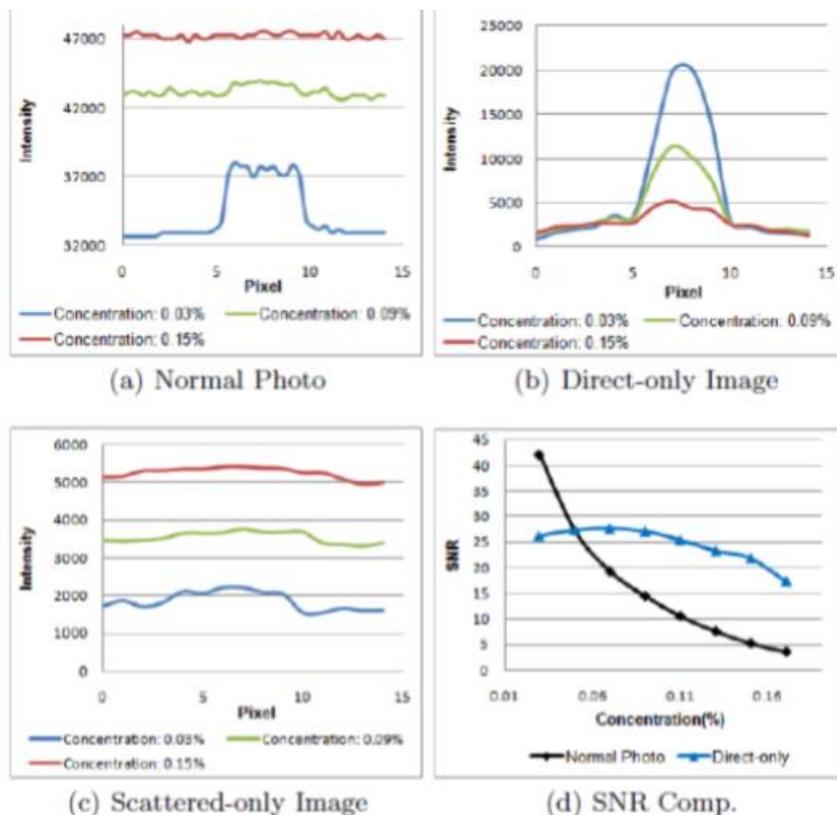
Gambar 4.14 Strategi komputasi untuk pemisahan nilai langsung dan tersebar

Gambar (a) adalah profil intensitas satu dimensi dalam gambar pinhole atau mikrolensa tanpa hamburan. Profil menunjukkan puncak tajam yang disumbangkan oleh sinar langsung murni sedangkan profil pada gambar (b) menunjukkan perubahan intensitas secara bertahap karena kontribusi sinar tersebar. Perhatikan bahwa kontribusi sinar langsung masih terbatas pada 'wilayah langsung' yang sama dari gambar (a), yang menjadi 'wilayah campuran langsung & tersebar' pada gambar (b). Pada gambar (c), nilai sebaran yang tidak diketahui untuk 'campuran langsung & wilayah tersebar' diperkirakan dari nilai tersebar yang diketahui di 'wilayah tersebar murni' dan kemudian nilai langsung untuk 'wilayah campuran langsung & tersebar' dihitung dengan mengurangkan nilai perkiraan tersebar dari nilai asli 'campuran langsung & wilayah tersebar'. Dengan mengulangi proses ini untuk semua gambar pinhole atau mikrolensa, gambar hanya tersebar dan hanya langsung dihasilkan pada Gambar 4.15. Dari kolom kiri ke kanan, konsentrasi air susu meningkat sehingga semakin banyak hamburan. Meskipun objek berbentuk kuda di tangki air susu terlihat tidak jelas dengan peningkatan konsentrasi, gambar langsung saja memberikan informasi bentuk yang jelas untuk objek tersebut karena kontribusi sinar yang tersebar untuk membuat objek menjadi tidak jelas dihilangkan.



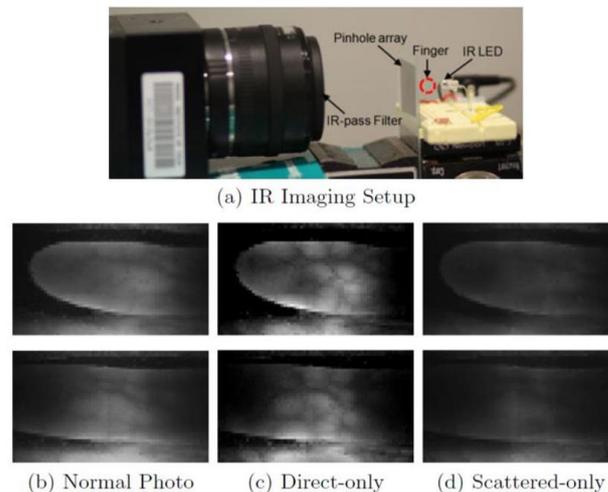
Gambar 4.15 Gambar hanya-langsung dan hanya-tersebar

Gambar 4.16 menunjukkan perbandingan SNR (Signal to Noise Ratio) untuk garis merah di kiri atas Gambar 4.15. Dalam foto normal, sinyal tidak dapat dibedakan untuk kasus konsentrasi tinggi (Gambar 4.16 (a)) sedangkan pada gambar langsung (b). Seperti yang ditunjukkan pada grafik (d), SNR sinyal dengan cepat berkurang dengan dupa konsentrasi air susu sementara itu perlahan menurun pada gambar langsung saja



Gambar 4.16 Perbandingan SNR dalam foto normal vs. gambar langsung saja

Penelitian ini dapat diterapkan pada berbagai media termasuk bagian tubuh manusia yang dangkal seperti jari tangan. Gambar 4.17 menunjukkan pengaturan imajin inframerah-dekat untuk memvisualisasikan urat jari manusia. Inframerah dekat banyak digunakan untuk visualisasi vena karena hemoglobin dalam vena menyerap cahaya sehingga vena menjadi gelap dalam gambar infra merah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.17 (b). Untuk menangkap gambar inframerah, mereka memasang filter IR-pass ke kamera dengan menghapus filter potongan IR di dalam kamera pada Gambar 4.17 (a). Cahaya infra merah yang dipancarkan dari IR LED memungkinkan menembus jari vena jari ke kamera gambar ke dalam gambar (b). Namun, bentuk vena pada gambar masih samar. Jadi, gambar hanya langsung dapat diterapkan untuk memberikan visibilitas yang lebih baik untuk urat jari seperti yang ditunjukkan pada gambar (c).



Gambar 4.17 Gambar pemisahan tersebar langsung untuk jari manusia menggunakan pengaturan imajin inframerah

Bentuk urat jari dapat dimanfaatkan untuk identifikasi pribadi atau otentikasi sebagai sidik jari karena setiap orang memiliki bentuk urat jari yang berbeda. Produk komersial yang menggunakan urat jari untuk identifikasi pribadi telah disajikan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.18. Pembuluh darah jari dianggap sebagai biometrik yang lebih aman daripada sidik jari sehingga ada upaya untuk menggunakan identifikasi berbasis pembuluh darah jari untuk layanan perbankan. Teknik pemisahan hamburan langsung dapat diterapkan ke perangkat tersebut untuk meningkatkan akurasi dengan menawarkan gambar vena jari yang lebih jelas.



Gambar 4.18 Contoh perangkat otentikasi vena jari

4.3. Highlighted Depth-of-Field (DOF) Photography

Salah satu teknik Highlight yang populer dalam Fotografi adalah menggunakan depth of field (DOF) untuk membingkai objek yang difokuskan sambil membuat pemandangan lainnya menjadi buram. Fotografer sering menggunakan lensa aperture besar dan mahal untuk mendapatkan efek blur ini dalam foto mereka seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.19. Dapatkah Anda membayangkan cara yang lebih baik untuk menekankan subjek target dalam foto Anda selain metode ini? Lihat Gambar 4.20 foto. Dapatkah Anda dengan mudah mengenali subjek target dan merasa subjek tersebut ditekan secara efektif dalam foto? Bagaimana dengan Gambar 4.21 foto? Pada gambar, subjek target (dewasa dan anak laki-laki) lebih cerah daripada yang lain membuat mereka disorot. Jika kamera kami menyediakan foto seperti itu, bisa menarik bagi fotografer karena ini adalah jenis foto baru. Namun, tidak mudah untuk menghasilkan foto seperti itu dengan teknik pemrosesan gambar yang naif karena batas subjek mengalami diskontinuitas seperti yang ditunjukkan pada foto zoom-in pada Gambar 4.21. Di bidang Fotografi Komputasi, masalah ini telah ditangani oleh Jaewon Kim et al⁹. dalam metode Highlighted DOF Photography dimana proyektor digunakan sebagai lampu kilat komputasi untuk estimasi kedalaman.



Gambar 4.19 Efek DOF sempit untuk memfokuskan subjek target (dua anak) sekaligus membuat pemandangan lainnya menjadi buram

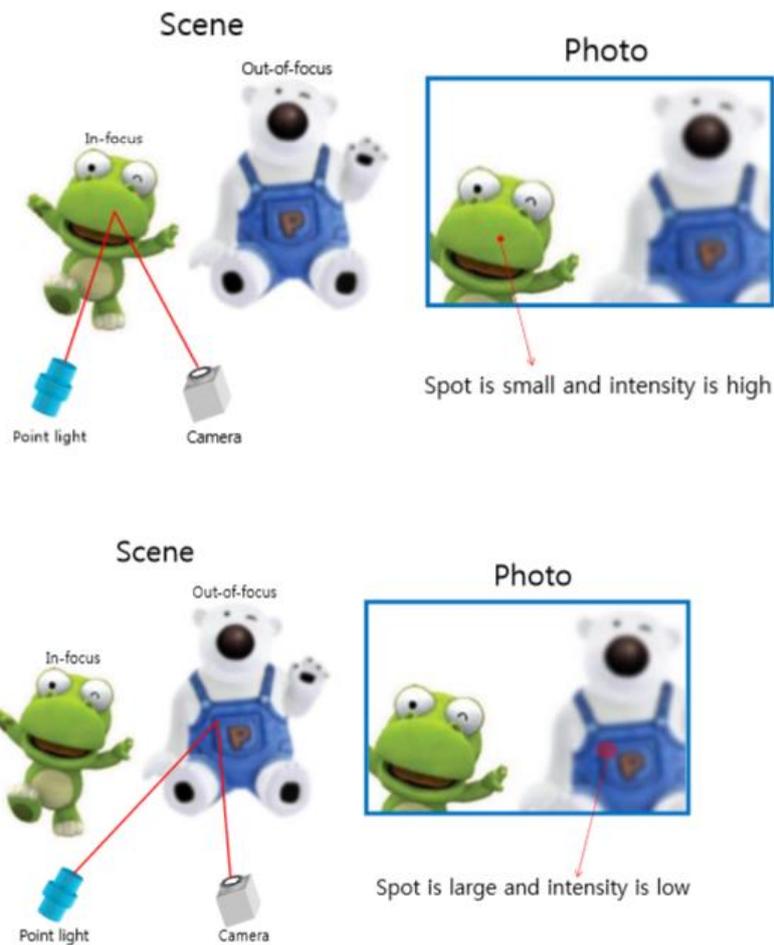


Gambar 4.20 Ketidak efektifan fotografi defocus-based highlighting



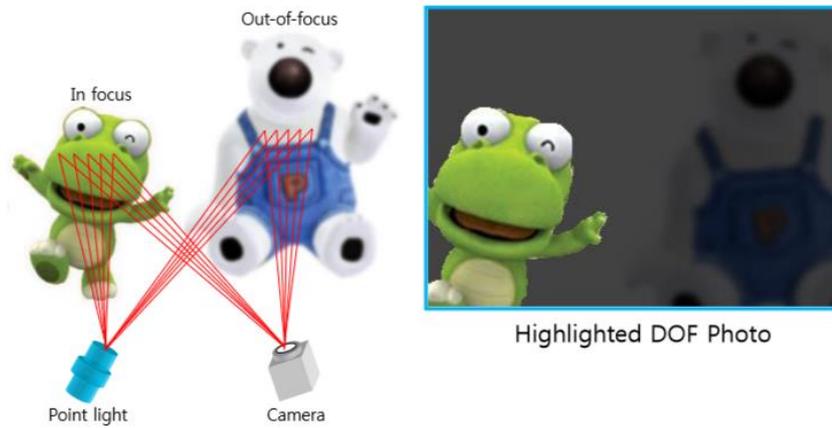
Gambar 4.21 Fotografi Brightness-based highlighting

Gambar 4.22 menunjukkan ide dasar untuk metode mereka menggunakan penurunan intensitas cahaya yang dipantulkan dari objek di luar fokus. Saat sumber lampu sorot menyinari objek yang difokuskan, kecerahan tempat itu tinggi dan ukurannya kecil dalam foto yang diambil di bagian atas Gambar 4.22. Sementara, dalam kasus sumber lampu sorot menyinari objek di luar fokus, kecerahan titik tersebut rendah karena energi cahaya tersebar di area yang luas seperti yang ditunjukkan di bagian bawah Gambar 4.22.

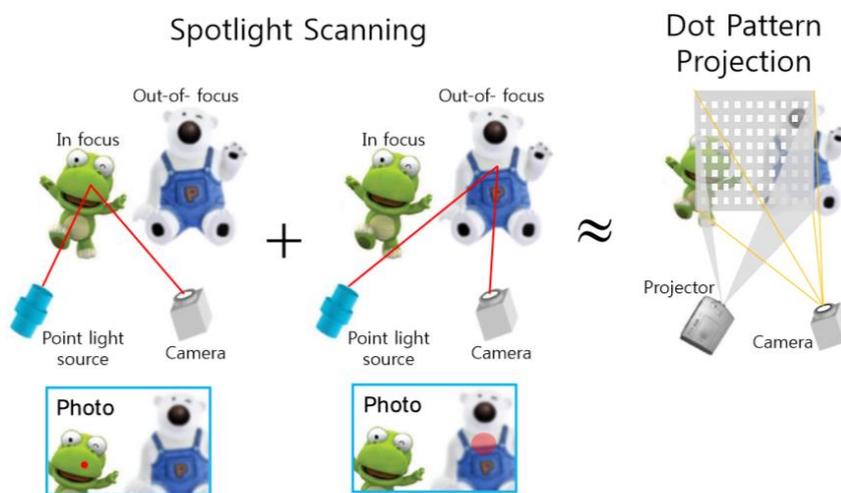


Gambar 4.22 Konsep dasar untuk fotografi DOF yang disorot. Cahaya yang dipantulkan dari objek fokus memiliki intensitas tinggi (atas) sedangkan cahaya yang dipantulkan dari objek yang tidak fokus memiliki intensitas rendah (bawah)

Oleh karena itu, foto DOF yang disorot dapat dibuat dengan mudah dengan memindai lampu sorot, mengambil foto pada setiap posisi lampu sorot, dan mengumpulkan piksel titik dalam foto yang diambil pada Gambar 4.23. Namun, metode seperti itu membutuhkan banyak waktu dan membutuhkan pengambilan foto dalam jumlah besar. Sebagai alternatif, metode proyeksi pola titik telah disajikan pada Gambar 4.24. Pemindaian spotlight dan pengambilan beberapa foto dapat diganti dengan proyeksi pola titik dan pengambilan bidikan tunggal seperti yang ditunjukkan gambar tersebut

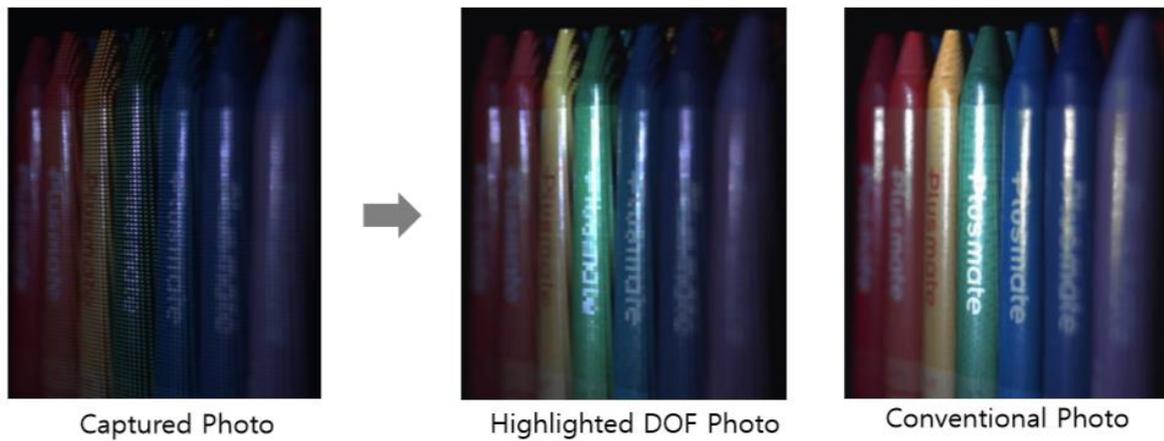


Gambar 4.23 Pembuatan foto DOF yang disorot dengan pemindaian spotlight

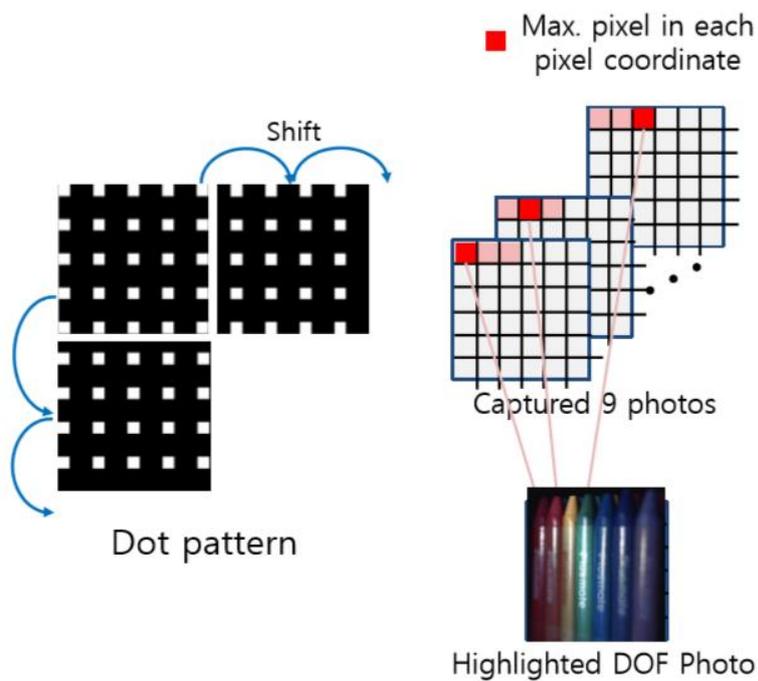


Gambar 4.24 Pembuatan foto DOF yang disorot dengan proyeksi pola titik

Daerah terang dalam pola titik dianggap sebagai lampu sorot sehingga dalam langkah pemrosesan piksel untuk daerah terang dikumpulkan untuk membuat foto DOF yang disorot seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.25. Anda melihat daerah terang dalam pengambilan foto (sisi kiri) dan gambar tengah adalah foto DOF sorotan yang diproses di mana krayon hijau terfokus terlihat lebih cerah daripada yang lain dibandingkan dengan foto konvensional (sisi kanan). Namun, metode ini memiliki kelemahan dalam pengurangan resolusi seperti yang ditunjukkan pada karakter foto DOF yang disorot.



Gambar 4.25 Foto DOF yang disorot vs. foto konvensional



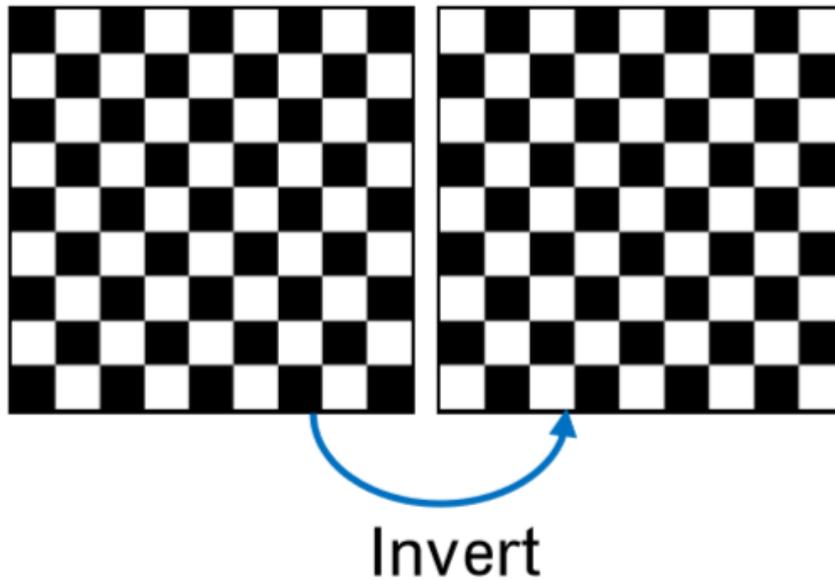
Gambar 4.26 Pergeseran pola titik dan metode pengambilan beberapa bidikan

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, mereka mengusulkan metode kedua, yang disebut metode multishot, dengan menggeser pola titik dan mengambil banyak foto pada setiap shift pada Gambar 4.26. Dalam langkah pemrosesan, nilai piksel maksimum pada posisi yang sama di antara foto yang diambil dikumpulkan untuk menghasilkan foto DOF yang disorot dalam resolusi penuh pada Gambar 4.27. Gambar hasil memiliki resolusi yang sama dengan foto konvensional serta efek highlight untuk krayon hijau.

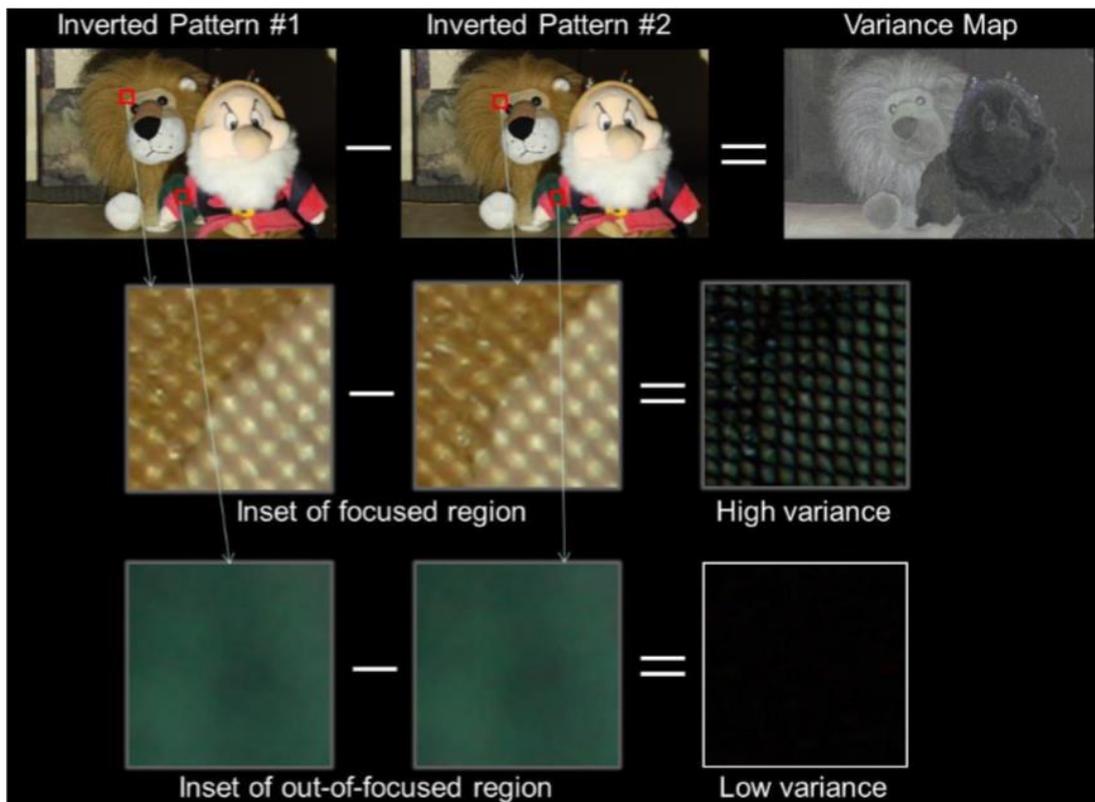


Gambar 4.27 Foto DOF yang disorot vs. foto konvensional dalam resolusi penuh

Metode pemotretan ganda memiliki keuntungan dalam mencapai hasil resolusi penuh tetapi juga kekurangan dalam menangkap terlalu banyak pemotretan, biasanya 9. Untuk memberikan foto HDOF resolusi penuh dengan beberapa pemotretan, mereka menyajikan metode ketiga yang disebut Metode Dua Pemotretan. Saat pemandangan difoto dengan memproyeksikan dua pola terbalik pada Gambar 4.28, wilayah terfokus dan defokus ditampilkan secara berbeda. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.29, pola yang diproyeksikan ditangkap dengan jelas di kawasan fokus sementara pola tersebut diburamkan di kawasan yang tidak fokus. Dengan demikian, pengurangan dari foto yang diambil memberikan intensitas tinggi dan rendah di masing-masing wilayah fokus dan defokus. Berdasarkan proses pengurangan ini, didapatkan peta varians yang membedakan daerah fokus dan tidak fokus berdasarkan perbedaan intensitas seperti yang ditunjukkan pada gambar kanan atas Gambar 4.29. Dengan mengalikan peta varians menjadi gambar MAX, yang terdiri dari piksel maksimum dari dua foto tangkap pada posisi piksel yang sama, foto HDOF dihasilkan dalam resolusi penuh (Gambar 4.28).



Gambar 4.28 Pola terbalik untuk Metode Dua Pemotretan



Gambar 4.29 Close-up dari foto yang diambil dengan pola terbalik

Pada gambar, sementara wajah wanita yang terfokus mempertahankan kecerahan yang sama, boneka yang difokuskan direndupkan dalam foto HDOF. Gambar 4.29 menunjukkan betapa mulusnya metode mereka menghasilkan HDOF di mana bahkan sehelai rambut pun terawat dengan baik tanpa jahitan apa pun. Gambar 4.30 membandingkan foto konvensional dan HDOF jika pemfokusannya berlawanan. Karenanya, boneka latar belakang saat pemfokusan

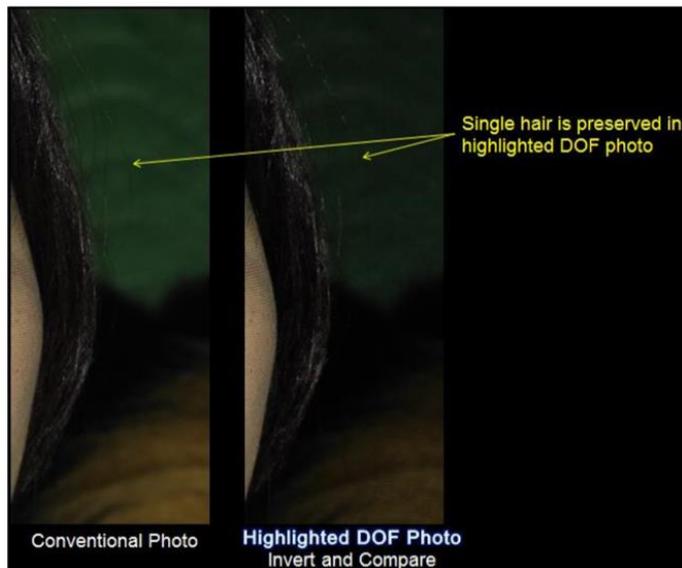
menunjukkan kecerahan yang sama di kedua foto, sedangkan wajah wanita yang tidak fokus diredupkan di foto HDOF.



(a) Conventional Photo

(b) HDOF photo

Gambar 4.30 Foto HDOF vs. foto konvensional dalam resolusi penuh saat wajah wanita latar depan difokuskan



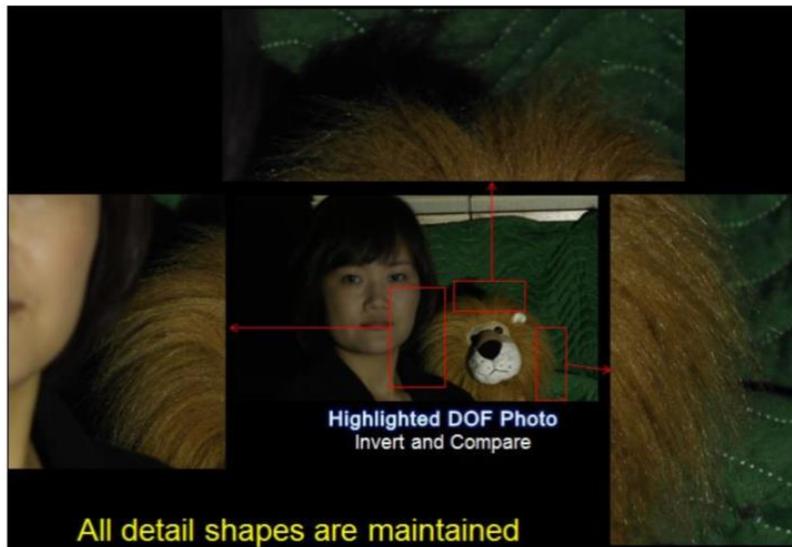
Gambar 4.31 Foto HDOF vs. foto konvensional dalam resolusi penuh



(a) Conventional Photo

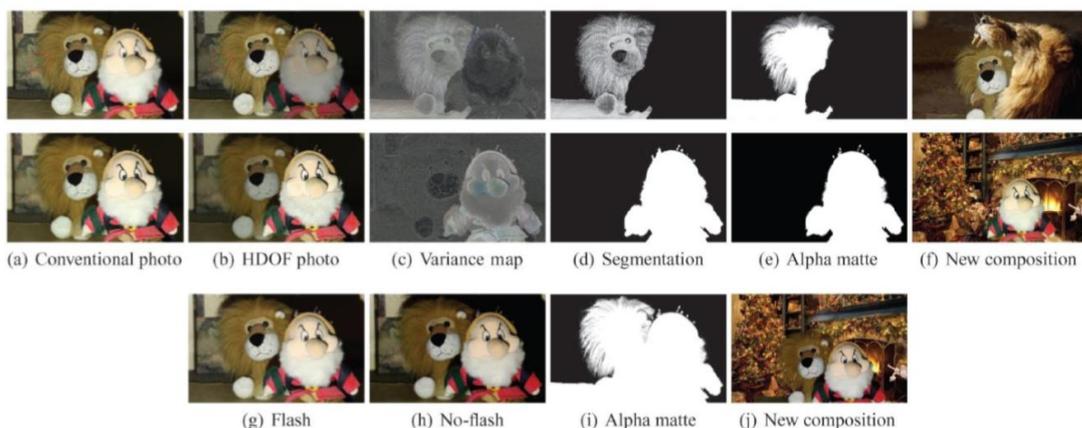
(b) HDOF photo

Gambar 4.32 Foto HDOF vs. foto konvensional dalam resolusi penuh saat boneka latar difokuskan

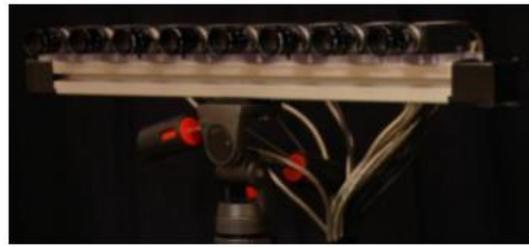


Gambar 4.33 Close-up foto HDOF pada Gambar 4.30 mempertahankan detail bentuk rambut boneka

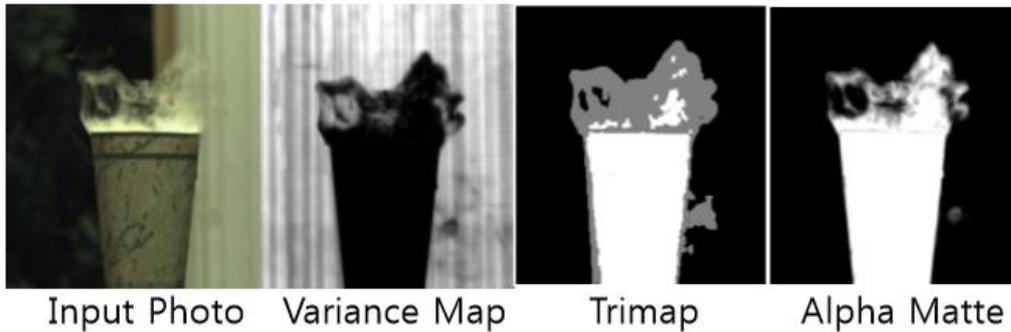
Bentuk detail rambut boneka disimpan secara akurat dalam foto HDOF (Gambar 4.31). Teknik Highlighted Depth of Field memiliki berbagai aplikasi dan salah satunya adalah anyaman pemandangan alam otomatis. Gambar alfa matte (Gambar 4.34 (e)) untuk objek fokus secara otomatis dihasilkan dengan membagi objek target dalam peta varians (Gambar 4.34 (c)) dan menghitung nilai alfa. Gambar Gambar 4.34 (f) menunjukkan hasil komposisi baru dengan menggunakan gambar alpha matte. Metode matting flash (Gambar 4.34 (g) - (j)) yang diperkenalkan di SIGGRAPH 2006 adalah perbandingan yang baik dengan metode HDOF. Keduanya adalah metode iluminasi aktif dan menggunakan dua gambar yang sama. Juga, kualitas anyamannya serupa. Namun, satu perbedaan besar adalah metode kami dapat membuat matte objek apapun pada bidang fokus yang berbeda sementara flash matting hanya bekerja untuk objek latar depan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.34 (j). Ini adalah fitur yang sangat berguna untuk aplikasi praktis yang memungkinkan selektivitas untuk objek anyaman hanya dengan mengubah fokus kamera.



Gambar 4.34 Proses matting alpha otomatis dengan foto HDOF



System of Natural Video Matting



Gambar 4.35 Sistem dan hasil alfa matte untuk metode Natural Video Matting

Teknik anyaman video natural pada Gambar 4.35 juga dapat dibandingkan dengan metode HDOF. Mereka menghasilkan peta varian yang serupa dengan Metode Dua Tembakan. Mereka menggunakan peta untuk secara otomatis menghasilkan gambar trimap dan alfa matte. Langkah pemrosesan mereka mirip dengan metode HDOF tetapi sistem mereka yang menggunakan 8 kamera terlalu besar daripada penyiapan proyektor dan kamera tunggal metode HDOF. Selain itu, metode mereka tidak dapat berfungsi untuk latar belakang yang seragam. Metode HDOF dapat dengan mudah diterapkan pada produk komersial seperti kamera Nikon S1000 (Gambar 4.36 kiri), kamera digital dengan proyektor kecil. Selain itu, proyektor laser Microvision (Gambar 4.36 kanan) dengan metode HDOF manfaat DOF yang sangat panjang.



Nikon Projector Camera S1000



Microvision Laser Projector

Gambar 4.36 Kamera proyektor Nikon (kiri) dan proyektor laser (kanan)

Kesimpulan

Light Field Photography merupakan Sebuah kamera bidang cahaya, juga dikenal sebagai kamera plenoptic , menangkap informasi tentang bidang cahaya yang memancar dari sebuah adegan; yaitu intensitas cahaya dalam suatu pemandangan, dan juga arah lintasan sinar cahaya dalam ruang. Ini kontras dengan kamera konvensional, yang hanya merekam intensitas cahaya. Untuk mencapai hal ini, serangkaian lensa mikro ditempatkan pada bidang fokus lensa utama kamera. Sensor gambar diposisikan sedikit di belakang microlenses. Dengan menggunakan gambar seperti itu, perpindahan bagian gambar yang tidak fokus dapat dianalisis dan informasi kedalaman dapat diekstraksi.

Kamera plenoptik standar adalah model matematika standar yang digunakan oleh para peneliti untuk membandingkan berbagai jenis kamera plenoptik (atau bidang cahaya). Menurut definisi, "kamera plenoptik standar" memiliki lensa mikro yang ditempatkan satu panjang fokus dari bidang gambar sensor. jenis kamera plenoptik di mana rangkaian mikrolens dapat ditempatkan sebelum atau di belakang bidang fokus lensa utama. Modifikasi ini mengambil sampel bidang cahaya dengan cara menukar resolusi sudut untuk resolusi spasial yang lebih tinggi . Dengan desain ini, gambar dapat difokuskan pada pos dengan resolusi spasial yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan gambar dari kamera plenoptik standar. Namun, resolusi sudut yang lebih rendah dapat menyebabkan beberapa artefak aliasing yang tidak diinginkan. Kamera plenoptik bagus untuk pencitraan objek yang bergerak cepat di mana fokus otomatis mungkin tidak berfungsi dengan baik, dan untuk pencitraan objek di mana fokus otomatis tidak terjangkau atau tidak dapat digunakan seperti dengan kamera keamanan.

BAB 5

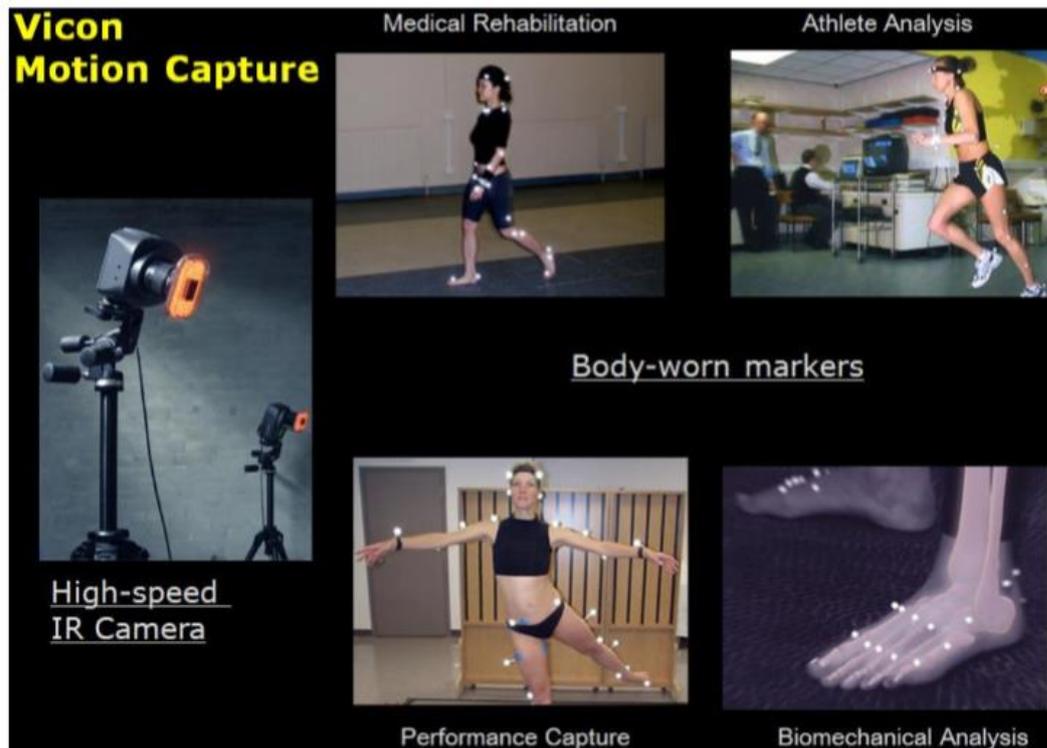
5. Kamera untuk HCI

Fotografi komputasi dapat diterapkan secara luas pada teknik HCI (Human-computer Interaction) karena visi komputer terkait erat dengannya. Perbedaan yang jelas antara kedua pendekatan tersebut mungkin ada dalam cara merasakan informasi visual. Teknik HCI berbasis fotografi komputasi mengadopsi kondisi imajinasi khusus seperti imajinasi dengan pengkodean cahaya spasiotemporal atau beberapa lensa sementara pendekatan berbasis penglihatan biasanya dibatasi dengan kondisi imajinasi umum. Kondisi imajinasi yang spesifik atau dioptimalkan sering kali menjadi petunjuk solusi untuk mengatasi keterbatasan dalam teknik HCI tradisional dan beberapa contoh tercakup dalam bab ini.

5.1. Motion Capture

5.1.1. Teknik Konvensional

Penangkapan gerak adalah salah satu topik penelitian tradisional di HCI. Teknik penangkapan gerak konvensional mencakup pendekatan berbasis penglihatan dan Gambar 5.1 menunjukkan sistem penangkapan gerak Vicon terkenal yang beroperasi berdasarkan beberapa kamera IR berkecepatan tinggi. Pada dasarnya, kamera memberikan gambar tampilan yang berbeda untuk marker, reflektor IR, dalam waktu sekejap dan gambar diproses untuk mendapatkan posisi 3D marker berdasarkan metode penglihatan stereo. Karenanya, kecepatan kamera dan resolusi piksel secara langsung berkaitan dengan kinerja penangkapan gerak. Seorang pengguna memakai beberapa penanda, yang ditampilkan sebagai titik putih pada gambar, pada posisi pemasangan dan seluruh atau sebagian gerakan tubuh ditangkap dalam 3D oleh posisi penanda. Informasi gerak seperti itu dapat digunakan secara luas untuk rehabilitasi medis, analisis atlet, penangkapan kinerja, analisis biomekanik, dan sebagainya. Plus, interaksi gerakan tangan dengan perangkat tampilan, seperti yang diperkenalkan dalam film Hollywood "Minority Report" (Gambar 5.2), adalah salah satu aplikasi populer dengan motion capture



Gambar 5.1 Sistem penangkapan gerak berbasis visi konvensional
(Gambar dari catatan dosen Ramesh Raskar)



Gambar 5.2 Sistem interaksi gerakan tangan dalam film "Minority Report"

Teknik mutakhir dalam interaksi isyarat tangan adalah G-Speak perusahaan Oblong pada Gambar 5.3. Ini mengenali gerakan tangan yang canggih dalam 3D dengan beberapa kamera IR dan menggunakannya sebagai perintah interaksi untuk tampilan lebar atau layar yang diproyeksikan. Ia memiliki kekuatan dalam interaksi yang alami dan akurat. Namun harga sistem sangat tinggi dan pengaturan sistem membutuhkan kerja keras. Banyak teknik interaksi gerakan tangan telah dikembangkan dan dirangkum dalam Tabel 1 dan 2. Dalam fotografi

komputasi, metode penangkapan gerakan baru, yang disebut Prakash, telah disajikan di SIGGRAPH 2007 dan bagian berikut memperkenalkan metode tersebut.



Gambar 5.3 Sistem G-Speak Oblong (gambar dari <http://oblong.com/what-we-do/g-speak>)

Teknik/Item	G Speak (Oblong, 2008)	Bidi-screen (SIGGRAPH ASIA 2009)	Sixthsense (MIT, 2009)	Kinect (MS, 2010)
Sistem	 Multiple IR Camera	 Satu kamera + pola mask	 Satu kamera + satu proyektor	 Satu kamera + satu IR Camera
Fiitur Utama	Jenis penanda, Menggunakan beberapa kamera IR kinerja tinggi, mendeteksi posisi 3D Reflektor IR	Metode penginderaan 3D tanpa penanda menggunakan Lightfield Camera. Memerlukan	Jenis penanda, Mengenali bidal warna ganda, penginderaan 2D, Cocok untuk	Tanpa penanda, Cocok untuk pengenalan 3D lingkungan gerakan tubuh, bermanfaat untuk

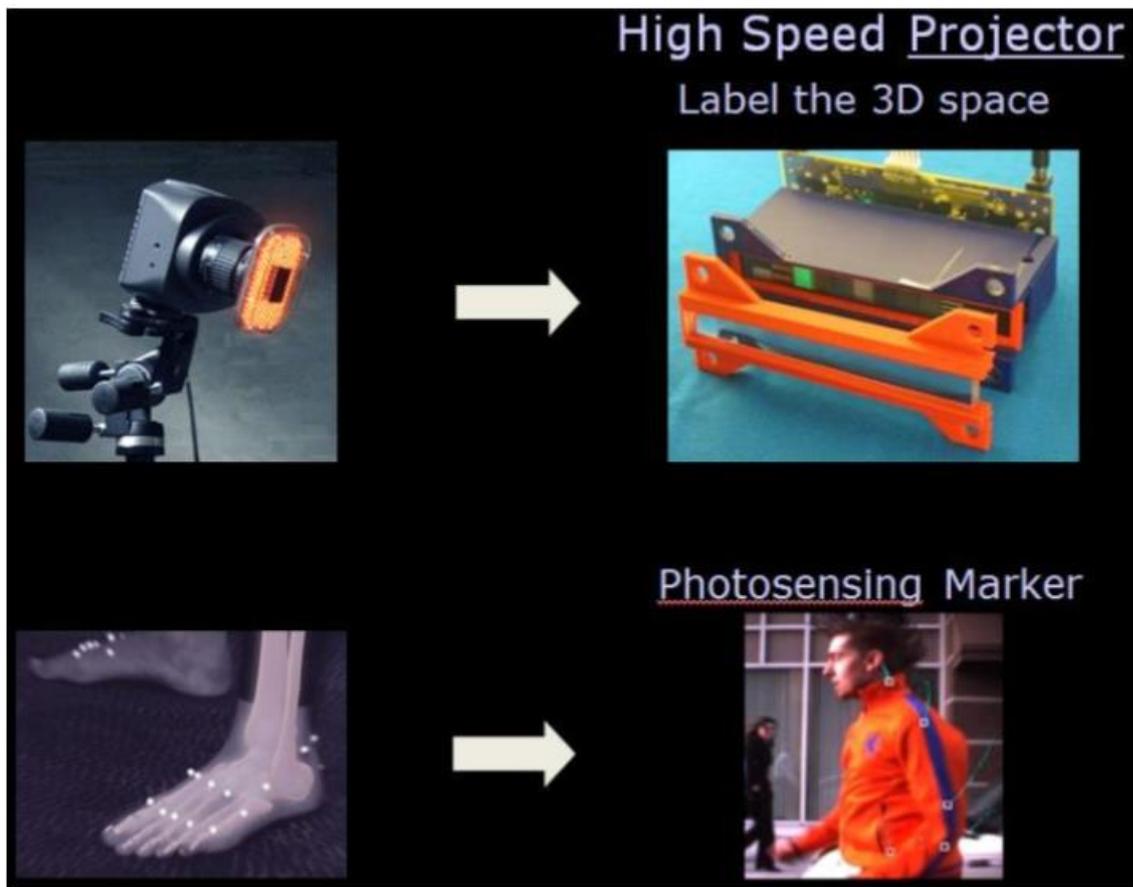
	Sarung Tangan dengan sangat cepat dan akurat	perubahan tampilan dan beroperasi dengan lambat	lingkungan di mana-mana	pengenalan gerakan besar dan tidak cocok untuk mengenali gerakan halus seperti gerakan tangan
Algoritma	Kenali posisi penanda yang bersinar dari gambar IR dan deteksi posisi menggunakan metode Stereo Vision	Kenali posisi 3D seluruh tangan dengan Lightfield Sensing	Mendeteksi posisi bidal warna tertentu dengan Segmentasi Warna	Algoritma
Tingkat pengenalan gerakan tangan	Tinggi, Mengenali posisi 3D dari jari yang terpisah	Rendah, Kenali gerakan 3D seluruh tangan	Sedang, Pengenalan posisi 2D dari setiap jari yang terpisah	Pengenalan posisi 3D menggunakan model Skeletal dan point cloud
Kecepatan	Cepat	Pelan	Cepat	Sedang, rentan terhadap gangguan jari satu sama lain
Sensitifitas	Sangat Baik	Buruk (Tidak dapat mengenali objek yang berbeda)	Sedang (Dapat dipengaruhi oleh warna sekitar)	Baik
Biaya	Sangat Mahal	Medium	Medium	Medium
User-Friendly	Tipe penanda, penyiapan sulit (Rendah)	Tanpa penanda, Penyiapan mudah (Tinggi)	Tipe penanda, Penyiapan mudah (Sedang)	Tanpa penanda, Penyiapan mudah (Tinggi)
Area Aplikasi	Layar besar (TV) dan antarmuka gerakan tangan	Layar ukuran sedang (PC) dan	Antarmuka Gerakan Tangan di tempat yang	Tampilan besar dan pergerakan seluruh tubuh

		Antarmuka Gerakan Tangan	sewenang- wenang (di mana-mana)	
Jarak yang dirasakan	1m - 3m	0.5m - 1.5m	0.2m - 0.7m	0.5m - 1m
Evaluasi keseluruhan dalam arti antarmuka gerakan tangan layar besar	Performa tinggi tapi terlalu mahal	Jarak penginderaan pendek dan akurasi pengenalan posisi rendah. Masalah tampilan itu harus diubah	Valuable sebagai sistem portabel tetapi memiliki kinerja rendah untuk sistem tetap seperti gerakan tangan	Baik dalam mendeteksi gerakan besar seperti pengenalan tubuh, tetapi akurasi posisi atau pergerakan benda kecil seperti jari itu buruk

Tabel 1. Perbandingan teknik perwakilan HCI

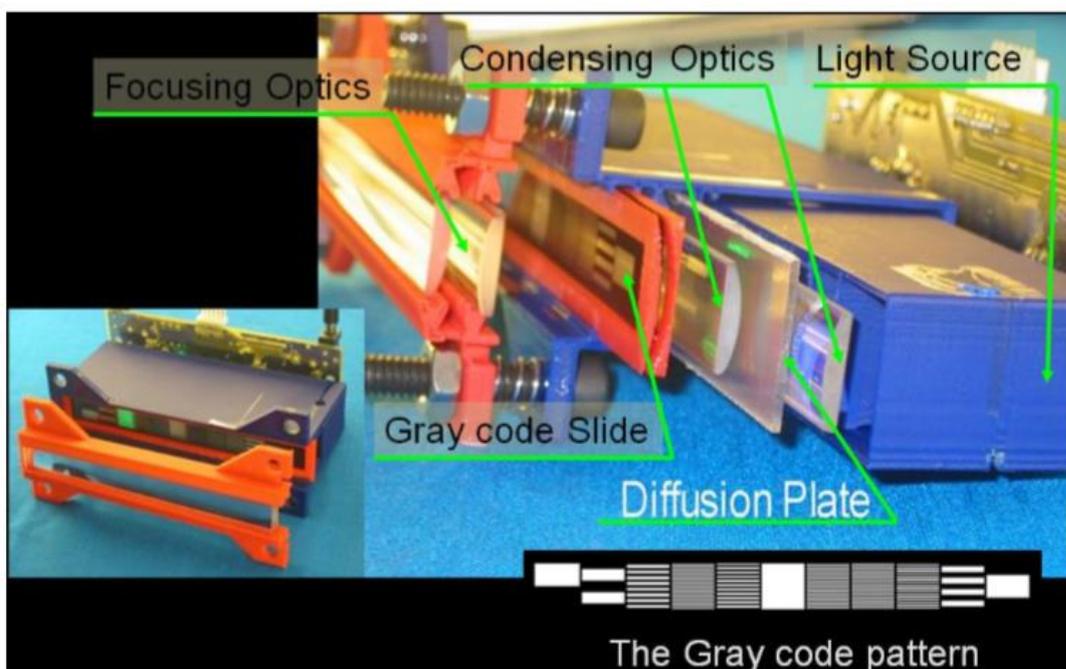
5.1.2. Prakash: Lighting-Aware Motion Capture

Prakash menyajikan konsep baru sistem pelacakan gerak. Metode sebelumnya dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok, pendekatan berbasis penglihatan dan berbasis sensor mekanis. Sementara, Prakash mengadopsi teknik pengukuran 3D yang unik berdasarkan pengkodean spasiotemporal. Gambar 5.4 membandingkan sistem berbasis visi yang khas dengan Prakash. Alih-alih kamera IR yang mahal, Prakash menggunakan proyektor berkecepatan tinggi yang secara spasial menerangi pola biner dalam panjang gelombang IR. Penanda pasif dalam sistem berbasis visi diganti dengan penanda aktif, fotosensor, di Prakash. Proyektor Prakash memainkan peran penting untuk mengukur posisi 3D penanda dan terdiri dari komponen optik pada Gambar 5.5 dan LED IR pada Gambar 5.6. Lensa silinder digunakan untuk optik pemfokusan dan kondensasi dan slide kode abu-abu dibuat dengan pola pencetakan pada film transparan. Oleh karena itu, proyektor ini dapat diproduksi dengan biaya rendah, sekitar \$ 600, yang merupakan salah satu keunggulan Prakash.



Gambar 5.4 Tangkapan gerak berbasis visi vs. Prakash

LED pada Gambar 5.6 dinyalakan secara berurutan sekali dalam waktu instan, 30us, dan satu siklus untuk semua LED membutuhkan 1000us termasuk waktu penyelesaian, pemrosesan, dan transmisi data.

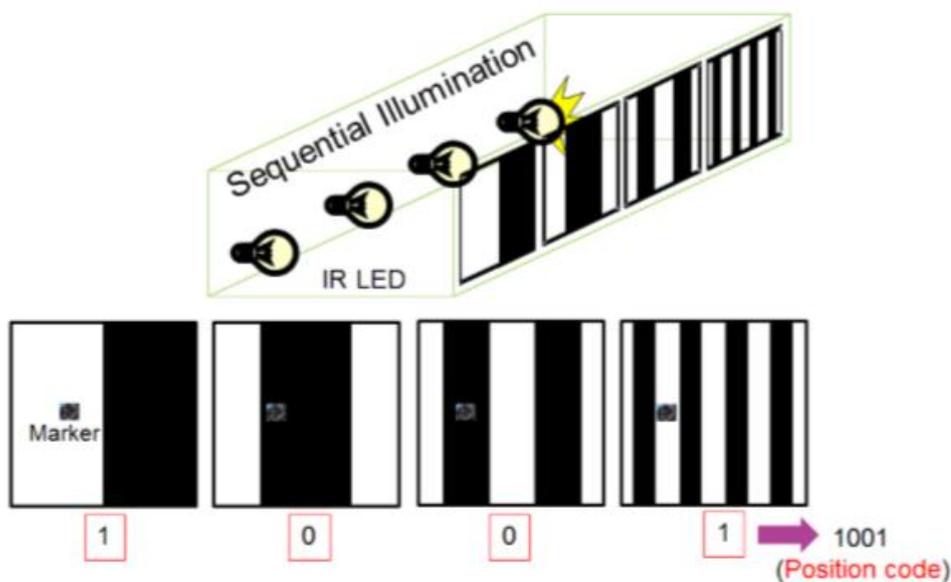


Gambar 5.5 Penangkapan gerak berbasis visi vs. Prakash



Gambar 5.6 LED IR yang digunakan dalam proyektor Prakash

Gambar 5.7 mengilustrasikan cara mengukur posisi 1D penanda dengan proyektor Prakash. Saat empat LED secara berurutan menerangi setiap pola sekali pada satu waktu, penanda menerima 0 atau 1 sesuai dengan pola. Pada gambar, secara berurutan menerima 1, 0, 0, 1 yang merupakan kode unik untuk posisi tersebut. Dengan cara ini, ruang 1D dikodekan secara spasiotemporal oleh sinyal optik biner. Jika penanda sedikit bergerak, maka kode yang diterima akan menjadi 1,0,0,0 dan demikian pula semua posisi 1D memiliki kode biner yang unik. Mencocokkan kode biner dengan nilai posisi sebenarnya, posisi 1D penanda dapat diukur. Sekarang, kita tahu bahwa satu proyektor pada Gambar 5.5 memberikan nilai posisi 1D. Untuk mendapatkan nilai posisi 2D dan 3D, diperlukan dua dan empat proyektor dalam konfigurasi Gambar 5.8.

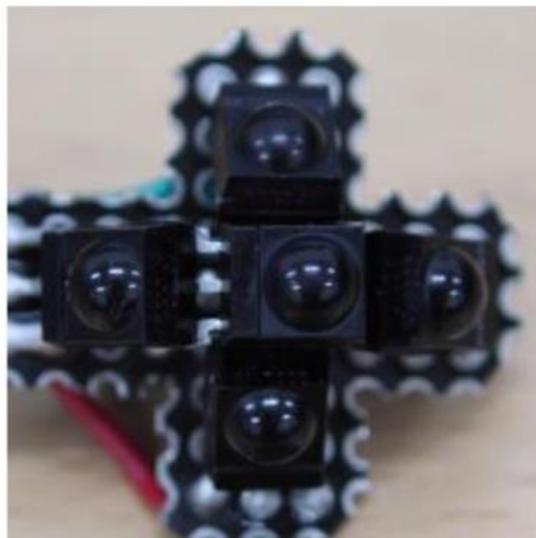


Gambar 5.7 Metode akuisisi posisi 1D marker



Gambar 5.8 Konfigurasi proyektor untuk 2D (kiri) dan 3D (kanan)

Semakin banyak proyektor berarti bertambahnya waktu siklus sehingga kecepatan pelacakan 2D dan 3D diberikan masing-masing pada 500Hz dan 250Hz. Gambar 5.9 menunjukkan marker yang terdiri dari 5 fotosensor untuk Prakash. Setiap fotosensor memiliki FOV (Field of View) sempit sekitar 60 derajat sehingga beberapa fotosensor dapat digunakan dalam perakitan untuk meningkatkan FOV seperti gambar



Gambar 5.9 Marker berbasis fotosensor untuk sistem Prakash

5.2. Bokode: Future Barcode

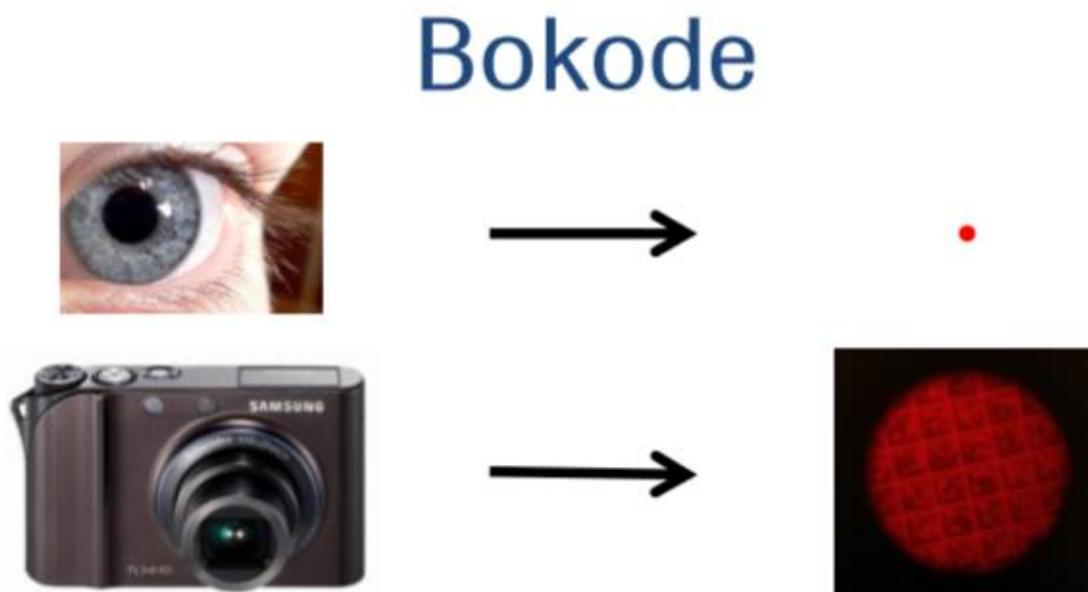
Gambar 5.10 membandingkan barcode konvensional dan Bokode¹⁰, barcode jenis baru. Kekuatan Bokode adalah mengode ulang lebih banyak informasi di wilayah yang jauh lebih kecil daripada kode batang konvensional. Sebenarnya Bokode pada gambar hanya berdiameter 3mm tetapi dapat memiliki informasi lebih banyak dari yang lain. Namun, Anda mungkin penasaran di mana informasinya karena hanya ada lampu merah di Bokode. Fitur Bokode yang menarik adalah informasinya yang hanya dikenali oleh gambar, bukan mata telanjang. Gambar

5.11 mengilustrasikan karakteristik Bokode di mana ia muncul sebagai titik kecil oleh mata manusia tetapi barcode berubin oleh kamera.



Gambar 5.10 Barcode konvensional vs. Bokode

Gambar 5.12 menjelaskan alasan mengapa Bokode tidak dikenali oleh mata manusia. Sementara barcode konvensional menyandikan informasi dalam domain spasial, Bokode melakukannya dalam domain sudut. Jadi, meskipun informasi keluar secara bersudut dari Bokode kecil, hampir berupa titik, mata manusia hanya dapat melihat titik itu sendiri, bukan kode sudut. Kode sebenarnya dapat dilihat oleh foto kamera saat fokus pada tak terhingga seperti di bagian bawah Gambar 5.11.

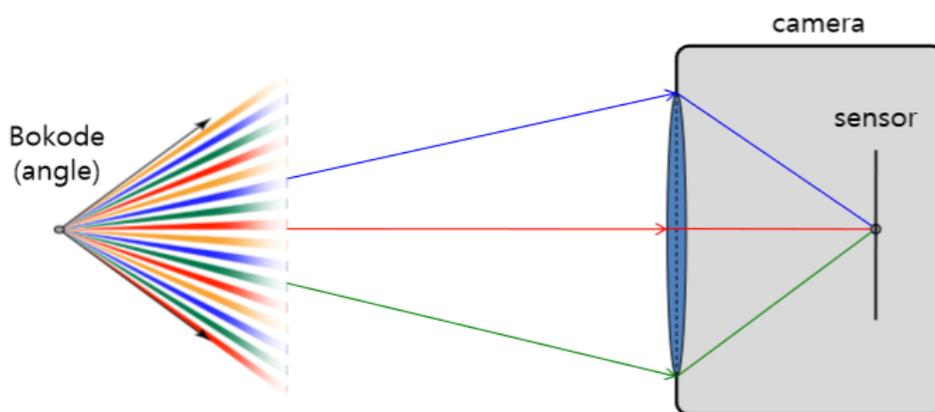


Gambar 5.11 Visibilitas Bokode oleh mata dan kamera

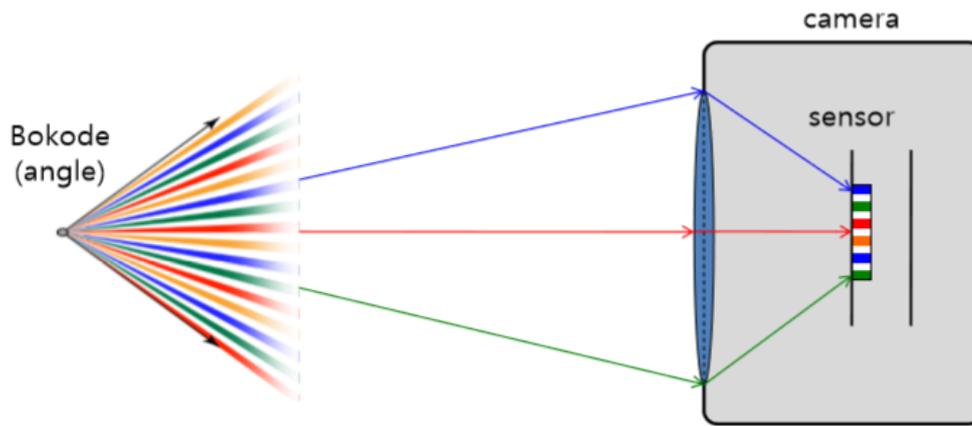


Gambar 5.12 Metode pengkodean barcode konvensional (kiri) dan Bokode (kanan)

Gambar 5.13 dan 5.14 menunjukkan gambar Bokode oleh kamera dengan fokus tajam dan tak terbatas. Saat kamera memfokuskan secara tajam pada Bokode, kamera dicitrakan sebagai titik pada sensor (Gambar 5.13) dan informasi di dalamnya tidak dapat dibaca. Saat kamera memfokus pada tak terhingga, Bokode dicitrakan sebagai area melingkar dengan pengaburan pengaburan dan informasinya dapat dibaca (Gambar 5.14). Itulah prinsip dasar Bokode. Namun demikian, menulis informasi di suatu tempat sulit sehingga mereka menerapkan Bokode dengan lenslet pada Gambar 5.15.

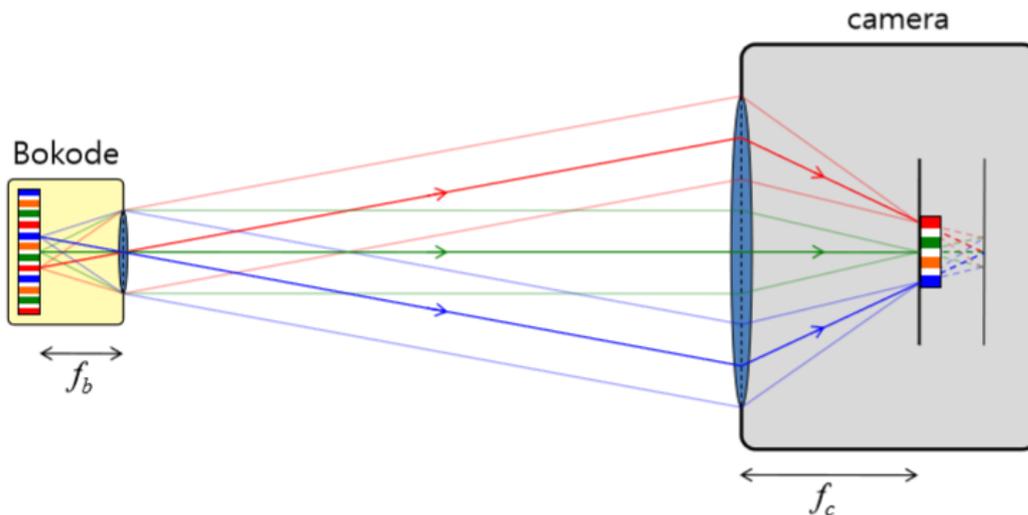


Gambar 5.13 Imagine Bokode dengan kamera pada fokus yang tajam

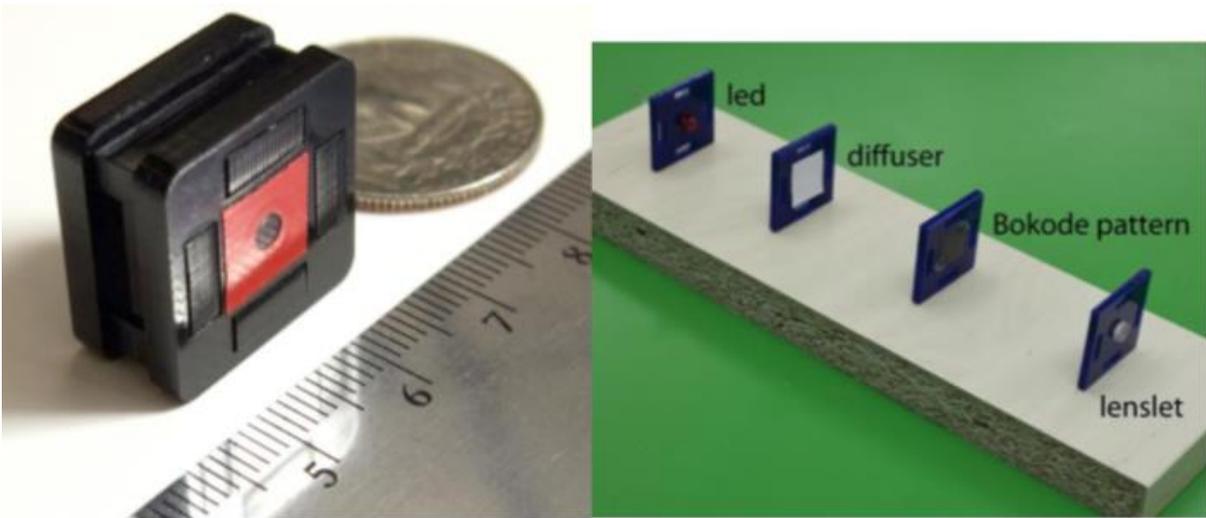


Gambar 5.14 Imagine bokeh oleh kamera pada fokus tak terbatas

Pola Bokode yang dicetak pada film ditempatkan pada focal length lenslet untuk membiaskan sinar dari suatu titik secara paralel. Kemudian, sinar dari suatu titik dikonvergensi ke titik pada bidang sensor oleh lensa kamera saat fokus berada pada tak terhingga seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.15. Gambar 5.16 menunjukkan Bokode dan komponennya yang sebenarnya. Perhatikan bahwa ini termasuk LED untuk memancarkan sinyal Bokode secara bersudut, yang merupakan kelemahan dari prototipe Bokode karena juga membutuhkan baterai. Barcode konvensional bersifat pasif dan diproduksi hanya dengan pola pencetakan.

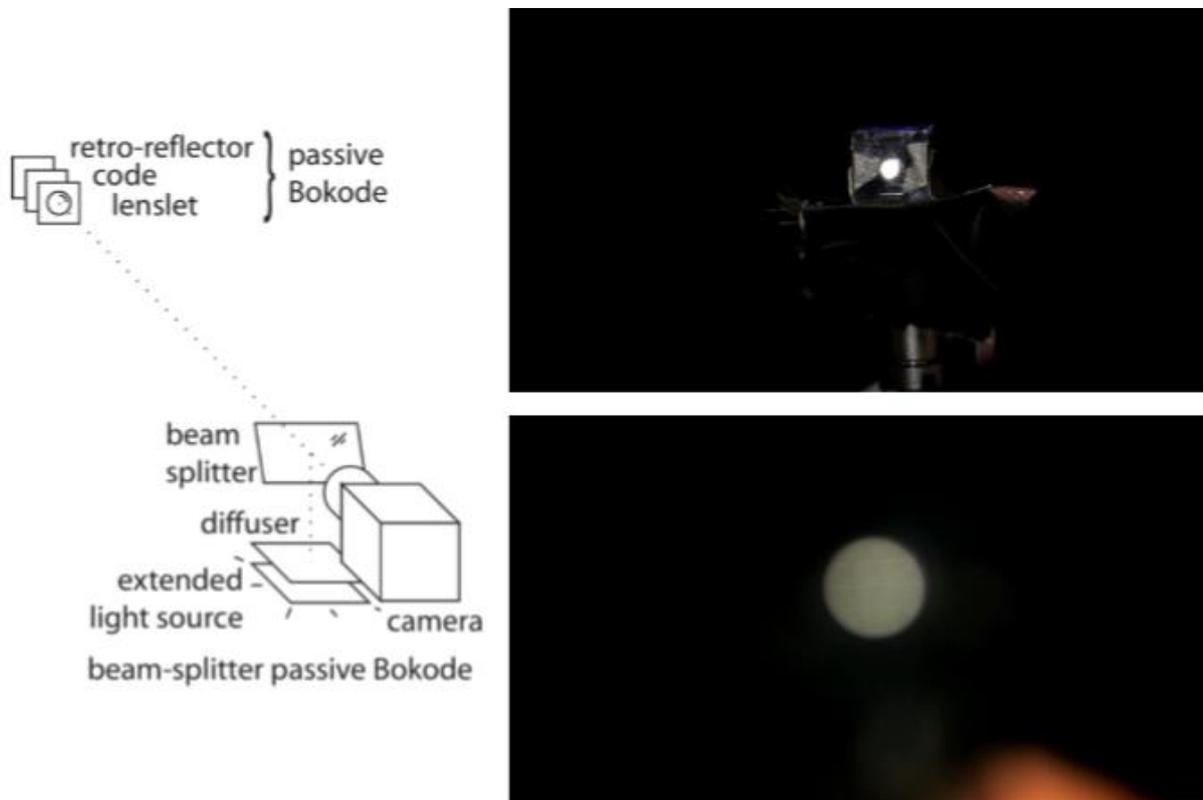


Gambar 5.15 Bokode praktis dan imajinerenya dengan kamera



Gambar 5.16 Foto Bokode sebenarnya (kiri) dan komponennya (kanan)

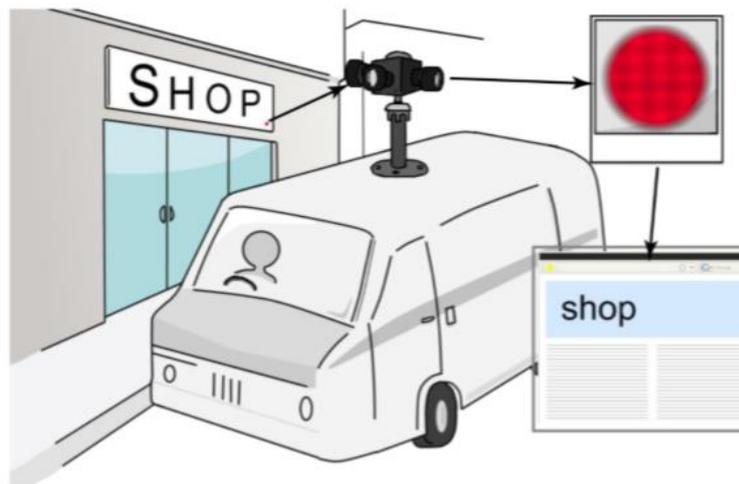
Untuk mengatasi sifat aktif prototipe Bokode saat ini, mereka mengusulkan prototipe Bokode pasif dengan menggunakan retroreflektor, yaitu elemen optik untuk selalu memantulkan cahaya ke arah sumber cahaya, pada Gambar 5.17. Sebuah kamera harus ditempatkan pada jalur cahaya yang sama dengan cahaya yang dipantulkan sehingga mereka menempatkan pemecah sinar di depan kamera pada gambar.



Gambar 5.17 Bokode Pasif dengan retoreflektor

Bokode memungkinkan penulisan informasi yang sangat besar di wilayah kecil seperti suatu tempat sehingga banyak aplikasi yang dapat dibayangkan. Salah satunya adalah penandaan

street view oleh Bokode yang ditempelkan pada tanda pasar atau bangunan pada Gambar 5.18. Saat ini, layanan imagine untuk lingkungan nyata seperti jalanan sedang populer. Saat menangkap pemandangan jalan dengan sistem beberapa kamera, jika menangkap rambu-rambu pasar pada fokus tak terhingga pada saat yang sama, informasi berguna tentang gedung dapat dengan mudah diperoleh dari Bokode dan diberikan kepada pengguna dalam jenis layanan informasi yang baru atau lebih baik.



Gambar 5.18 Aplikasi penandaan street-view dengan Bokode

Kesimpulan

human computer interaction adalah sebuah gabungan dari beberapa studi. Fokus studi ini persis seperti namanya. Membahas soal interaksi di antara komputer dan manusia sebagai penggunaannya. Sejatinya, inti awal dari HCI adalah komputer. Seiring berjalannya waktu, ranah desain dan teknologi informasi masuk ke dalamnya. Salah satu penelitian tradisional di HCI adalah tentang penangkapan gerak seperti halnya dalam permodelan foto seperti diantaranya merupakan motion capture.

motion capture berarti merekam aksi manusia / model untuk menganimasi karakter digital ke model animasi komputer dua dimensi atau tiga dimensi, termasuk wajah dan jari-jari atau penangkapan ekspresi yang halus, kegiatan ini biasa dikatakan sebagai performance capture. Motion capture, motion tracking, atau mocap adalah terminologi yang digunakan untuk mendeskripsikan proses dari perekaman gerakan dan pengertian gerakan tersebut menjadi model digital. Ide dari sistem ini adalah menanamkan banyak titik pada benda yang bergerak misal manusia, lalu merekam titik itu berkali-kali dengan berbagai macam pergerakan manusia, hingga didapat seluruh gerakan yang diinginkan. Rekaman hanya menghasilkan titik-titik dan gerakan bukan penampilan visual dari benda yang bergerak.

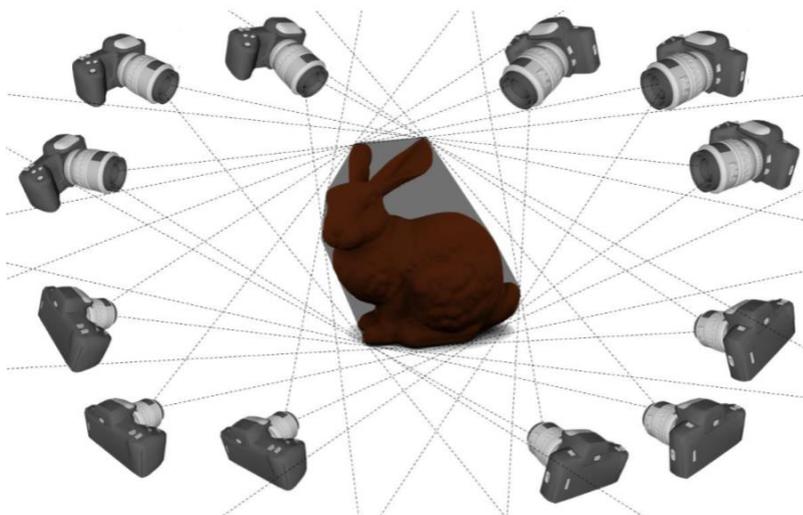
BAB 6

6. Teknik Rekonstruksi

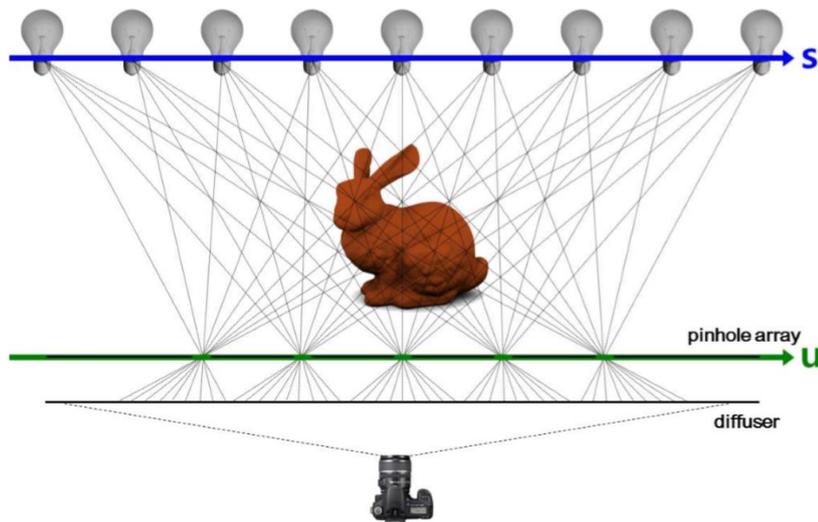
Rekonstruksi 3D dari suatu objek atau lingkungan adalah salah satu topik tradisional dalam visi dan grafik komputer. Pendekatan computer vision konvensional termasuk metode Visual Hull untuk merekonstruksi bentuk 3D dari suatu objek dengan beberapa kamera pada sudut pandang yang berbeda. Apakah mungkin untuk menangkap bentuk 3D dengan satu foto kamera? Umumnya, hal itu tidak mungkin karena kamera hanya menangkap informasi visual 2D dalam sebuah foto. Namun dalam bidang fotografi komputasi, dimungkinkan dengan teknik light field yang menangkap informasi visual 4D. Bagian berikut akan membahas cara merekonstruksi bentuk 3D suatu objek dengan satu foto jepretan.

6.1.Shield Fields

Gambar 6.1 mengilustrasikan ide dasar metode Visual Hull yang memperkirakan bentuk 3D suatu objek dalam volume proyeksi yang tumpang tindih yang dibuat dari beberapa foto yang diambil pada sudut pandang berbeda. Untuk mendapatkan beberapa foto seperti itu, diperlukan beberapa kamera atau pemindaian kamera di sekitar objek target, yang membuat sistem menjadi besar dan rumit. Metode Shield Fields¹¹ telah dihadirkan untuk mengatasi keterbatasan tersebut dalam metode Visual Hull. Alih-alih menggunakan beberapa kamera, array pinhole dapat digunakan pada Gambar 6.2. Setiap pinhole memainkan peran yang sama dengan satu kamera sehingga beberapa tampilan objek target dapat ditangkap dengan satu foto jepretan.

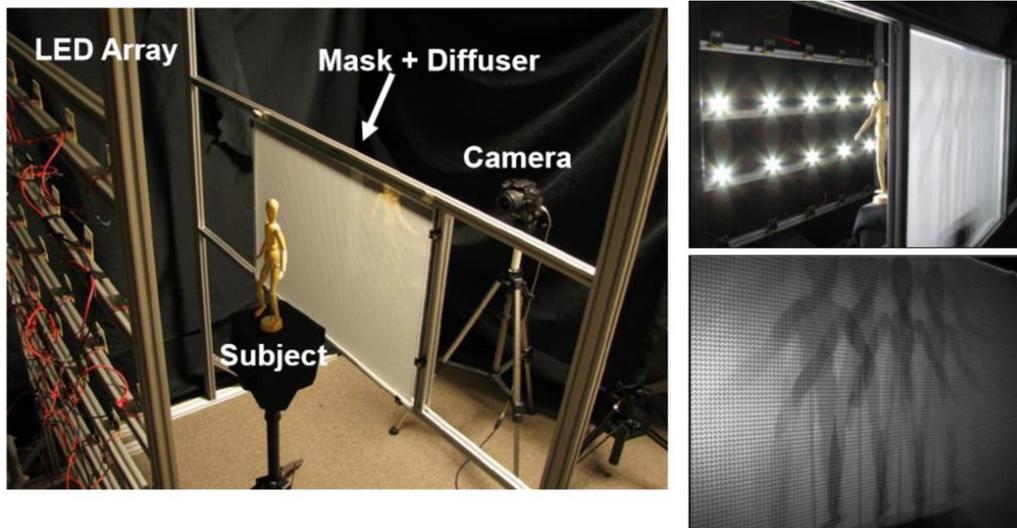


Gambar 6.1 Ide dasar metode Visual Hull

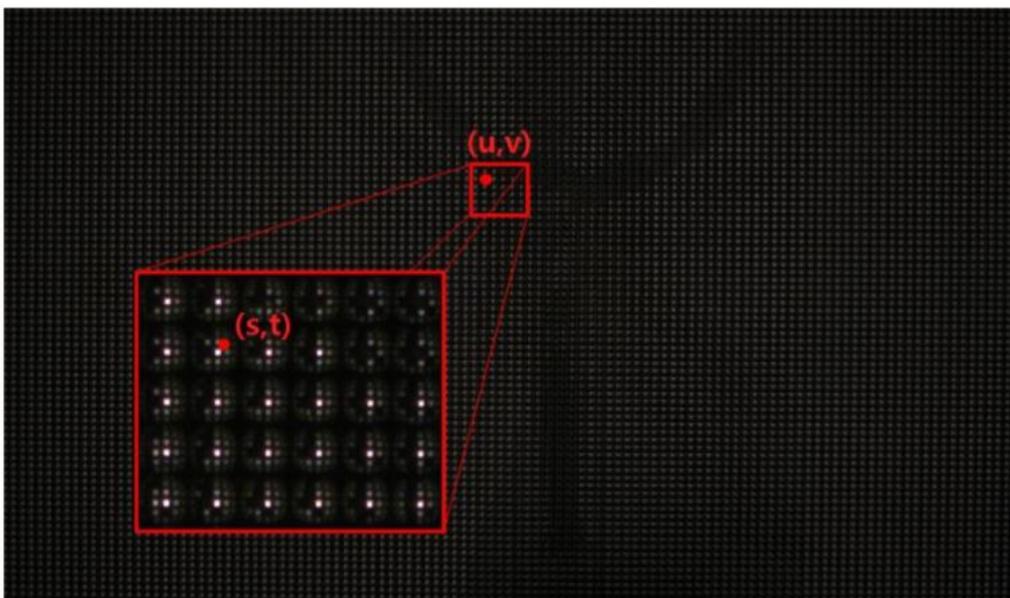


Gambar 6.2 Ide dasar metode Shield Fields

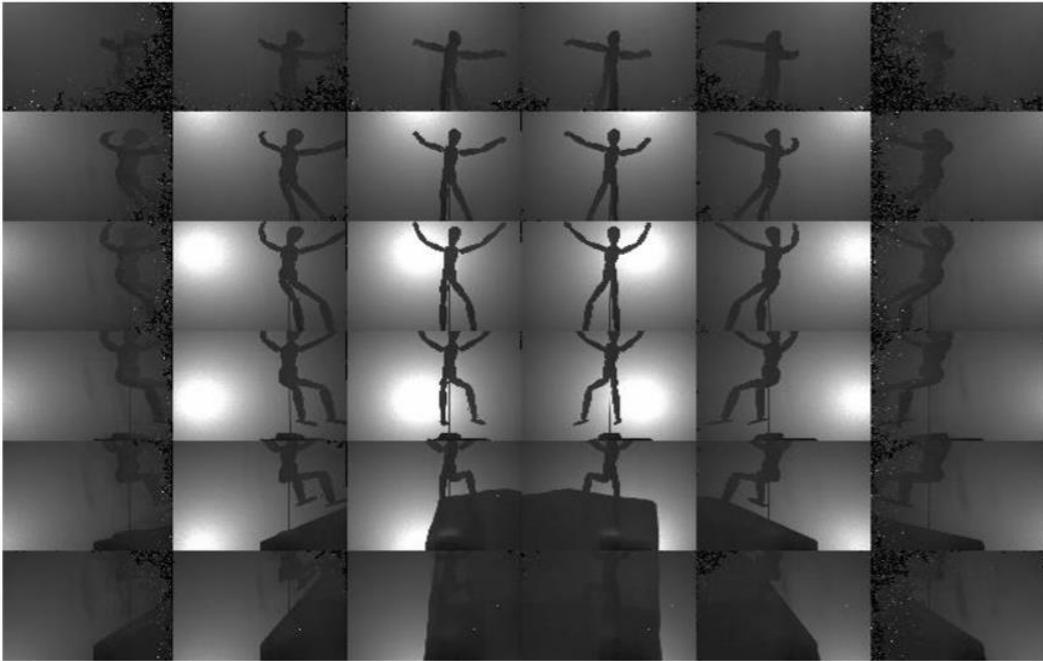
Gambar 6.3 menunjukkan sistem imajinasi Shield Field yang terdiri dari array LED, masker array pinhole, diffuser, kamera dan subjek. Foto jepretan tunggal diambil dengan menyalakan semua LED sebagai gambar kanan atas. Sebuah foto kamera menunjukkan bayangan subjek yang tumpang tindih sebagai gambar kanan bawah dan masalahnya adalah bagaimana memisahkan setiap bayangan yang dibuat oleh satu LED. Larik pinhole memainkan peran kunci untuk memisahkan bayangan karena ia mengkodekan cahaya yang dipancarkan oleh semua LED dalam domain 4D, 2D untuk spasial dan 2D untuk informasi sudut. Gambar 6.4 adalah contoh foto yang diambil dengan larik pinhole. Pada foto inset, cahaya berpola dalam domain sudut 2D, s dan t . u dan v adalah parameter yang diberikan dalam domain spasial 2D. Informasi cahaya 4D, disebut light field, ditangkap oleh larik pinhole diproses untuk menghasilkan bayangan gram seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.5. Setiap gambar kecil pada gambar adalah gambar yang dibuat oleh LED. Jumlah gambar kecil, 36, sama persis dengan jumlah LED. Setiap LED memancarkan cahaya pada tampilan berbeda untuk subjek sehingga menghasilkan bayangan yang berbeda. Dengan menerapkan metode Visual Hull pada Shadowgrams, dihasilkan hasil rekonstruksi 3D subjek.



Gambar 6.3 Sistem Shield Fields Imaging



Gambar 6.4 Sebuah foto yang diambil dengan larik pinhole



Gambar 6.5 Shadowgram yang dihasilkan dari foto pinhole array

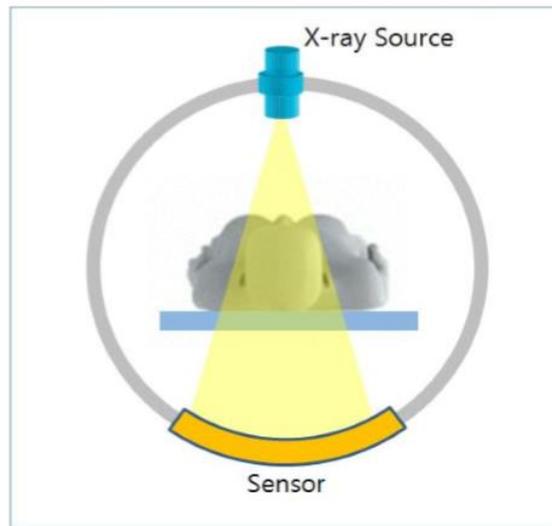


Gambar 6.6 Hasil rekonstruksi 3D berbasis metode Visual Hull dengan Shadowgrams

6.2. Non-scanning CT

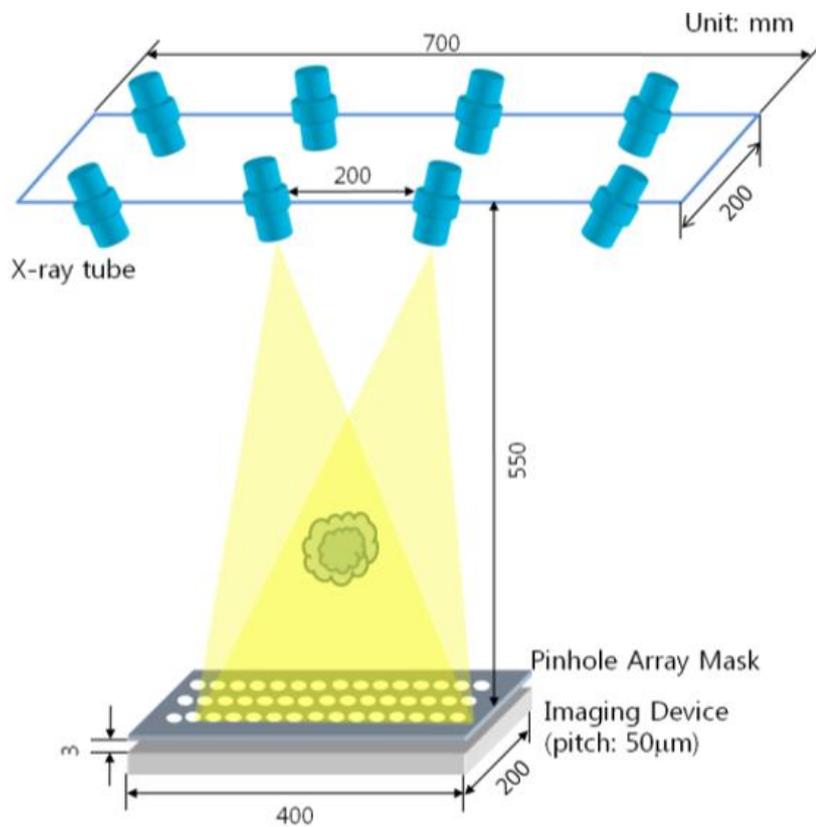
Shield Fields yang diperkenalkan di Bagian 6.1 memiliki kekuatan dalam rekonstruksi 3D dengan foto jepretan tunggal yang memungkinkan pemodelan 3D real-time. Namun, karena didasarkan pada bayangan, bentuk sisi belakang subjek dan bentuk cekung lokal tidak dapat direkonstruksi. Jika kita menerapkan metode serupa pada objek tembus cahaya, apakah mungkin untuk mengatasi masalah seperti itu? Berdasarkan asumsi tersebut, teknik CT (Computerized Tomography) non-scanning telah disajikan. Dalam sistem CT standar (Gambar 6.7) sumber sinar-X dan sensor berputar di sekitar subjek untuk mendapatkan gambar sinar-X pada tampilan yang berbeda. Jika metode serupa dengan Shield Fields diterapkan pada sistem CT, proses pemindaian dapat diganti dengan gambar sinar-X bidikan tunggal dengan larik

pinhole seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.8. Gambar 6.9 menunjukkan hasil eksperimen untuk sistem CT non pemindaian konseptual tersebut. Mereka menggunakan objek yang tembus cahaya dan cahaya tampak, bukan sinar-X karena berbahaya dan berbahaya untuk ditangani. Pada dasarnya citra sinar-X dihasilkan dari jumlah penetrasi sinar-X melalui suatu subjek. Dengan demikian, objek yang tembus cahaya dan cahaya tampak memberikan simulasi yang baik untuk sinar-X.

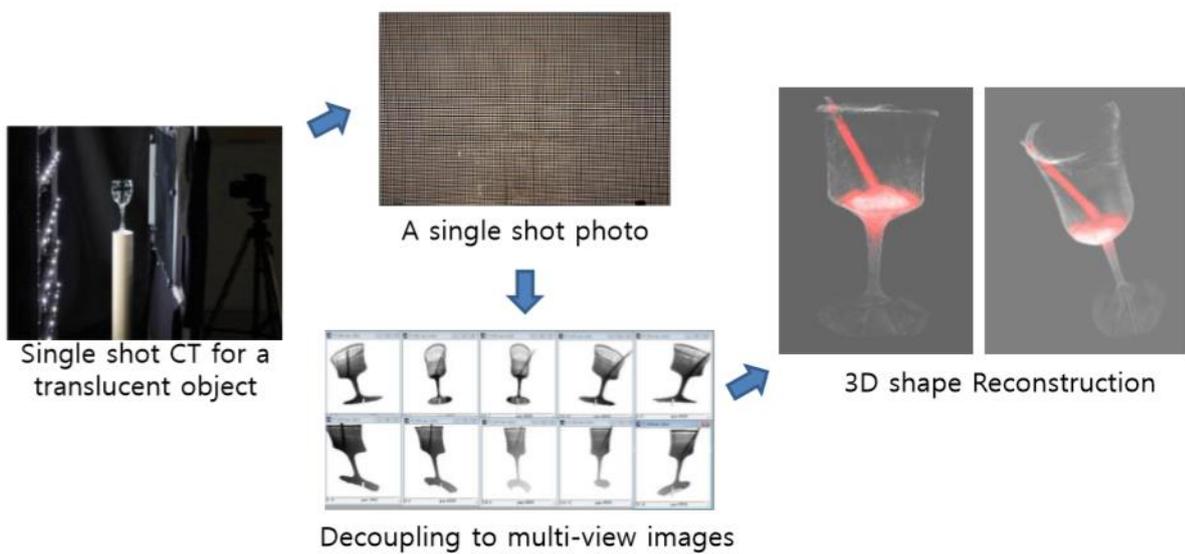


Gambar 6.7 Sistem CT standar

Pada Gambar 6.9, satu foto jepretan diambil dengan larik pinhole. Pada langkah berikutnya, gambar yang dibuat oleh LED individual dipisahkan dengan proses yang sama dengan Shield Fields. Sekarang, metode Visual Hull tidak dapat diterapkan untuk rekonstruksi 3D karena bekerja dengan gambar biner. Gambar multi-view yang dipisahkan di bagian bawah Gambar 6.9 dalam skala abu-abu sehingga teknik tomografi harus digunakan untuk merekonstruksi bentuk 3D subjek.



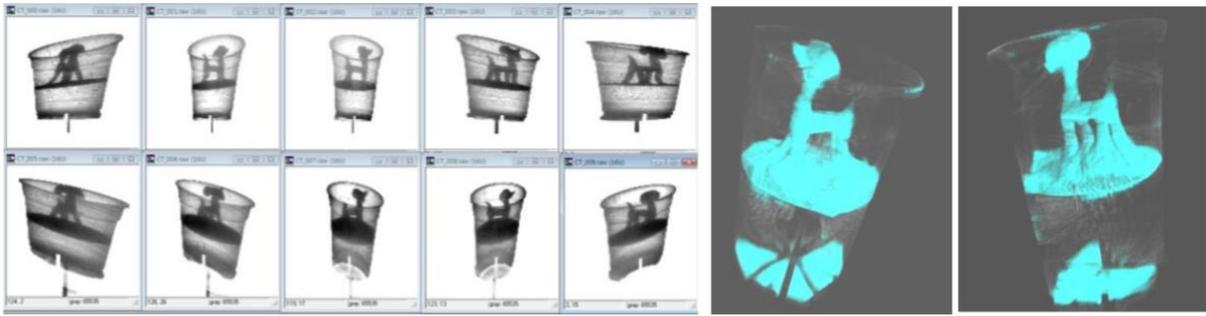
Gambar 6.8 Sistem CT non-pemindaian konseptual



Gambar 6.9 Hasil CT bidikan tunggal berdasarkan perekaman light field

Gambar kanan Gambar 6.9 menunjukkan hasil rekonstruksi 3D untuk subjek, gelas anggur dengan sedotan. Bagian dalam jerami secara jelas direkonstruksi dengan metode rekonstruksi tomografi, ART¹² (Teknik Rekonstruksi Aljabar). Gambar 6.10 adalah hasil rekonstruksi 3D

lainnya untuk objek mainan di dalam cangkir tembus pandang. Jika teknik ini diterapkan, sistem non-pemindaian dan kecepatan tinggi berdasarkan gambar sinar-X tunggal dapat diterapkan.



Gambar 6.10 Rekonstruksi 3D objek tembus cahaya berdasarkan foto jepretan tunggal

Kesimpulan

Dalam visi komputer dan grafik komputer, rekonstruksi 3D adalah proses menangkap bentuk dan tampilan objek nyata. Proses ini dapat dilakukan baik dengan metode aktif atau pasif. Jika model dibiarkan mengubah bentuknya pada waktunya, ini disebut sebagai rekonstruksi non-kaku atau spatio-temporal.

6.1.1. Latihan Soal

1. Jelaskan hal mendasar apa yang membedakan kamera film dan kamera digital?
2. Sebutkan jenis Jenis Kamera serta keunggulan dan kelemahannya?
3. Apa yang dimaksud dengan ISO, Shutter Speed, Aperture?
4. Apa dampak yang terjadi ketika fotografer menggunakan ISO besar?
5. Bagian dari badan kamera berbentuk seperti tirai yang berfungsi membatasi lensa (cahaya yang masuk) dengan film adalah?
6. Semakin besar diameter aperture (pada diafragma) maka?
7. Ukuran bukaan lensa yang berfungsi memasukkan atau menangkap cahaya biasa disebut?
8. Semakin besar angka shutter speed semakin cepat waktu yang digunakan dalam membuka dan menutupnya lensa kamera. Hal ini akan menimbulkan efek foto?
9. Jelaskan tentang Teknik Iluminasi dalam Fotografi Komputasi !
10. Jelaskan mengenai Depth of Field serta penerapannya.

Referensi

- 1) Ramesh Raskar, 2008, Computational Photography lecture notes, MIT
- 2) Frado Durand, 2009, Advanced Computational Photography lecture notes, MIT
- 3) BAE, S. AND DURAND, F. 2007. Defocus magnification. *Comp. Graph. Forum* 26, 3.
- 4) BORN, M. AND WOLF, E. 1970. Principles of Optics, Pergamon Press. DAVIS, J., NEHAB, D., RAMAMOOTHY, R., AND RUSINKIEWICZ, S. 2005. Spacetime stereo : A unifying framework for depth from triangulation. *IEEE Trans. Patt. Anal. Mach. Intell.* 27, 2.
- 5) EISNER, M., LINDLEIN, N., AND SCHWIDER, J. 1998. Confocal microscopy with a refractive microlens-pinhole array. *Optics Lett.* 23, 10.
- 6) HASINOFF, S. AND KUTULAKOS, K. 2006. Confocal stereo. In Proceedings of the 9th European Conference on Computer Vision (ECCV), 259-268.
- 7) HEINTZMANN, R., HANLEY, Q. S., ARNDT-JOVIN, D., AND JOVIN, T. M. 2001. A dual path programmable array microscope (pam): simultaneous acquisition of conjugate and non-conjugate images. *J. Microscopy* 204, 119-137.
- 8) JOSHI, N., MATUSIK, W., AND AVIDAN, S. 2006. Natural video matting using camera arrays. In Proceedings of the International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques. ACM SIGGRAPH. 779-786.
- 9) KIM, J., LANMAN, D., MUKAIGAWA, Y., AND RASKAR, R. 2010. Descattering transmission via angular filtering. In Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV'10). Lecture Notes in Computer Science, vol. 6311. Springer, 86-99.
- 10) LAI, S., FU, C., AND CHANG, S. 1992. A generalized depth estimation algorithm with a single image. *IEEE Trans. Patt. Anal. Mach. Intell.* 14, 4, 405-411.
- 11) LEMOIGNE, J. AND WAXMAN, A. 1988. Structured light patterns for robot mobility. *IEEE J. Robot. Autom.* 4, 5, 541-548.
- 12) LEVOY, M., CHEN, B., VAISH, V., HOROWITZ, M., MCDOWALL, I., AND BOLAS, M. 2004. Synthetic aperture confocal imaging. In Proceedings of the Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques. ACM SIGGRAPH.
- 13) LEVOY, M., NG, R., ADAMS, A., FOOTER, M., AND HOROWITZ, M. 2006. Light field microscopy. *ACM Trans. Graph.* 22, 2.
- 14) LEVOY, M., ZHANG, Z., AND MCDOWALL, I. 2009. Recording and controlling the 4d light field in a microscope. *J. Microscopy* 235.
- 15) MAAS, H. 1992. Robust automatic surface reconstruction with structured light. *Int. Arch. Photogram. Remote Sens.* 29, B5
- 16) MITIC, J., ANHUT, T., SEROV, A., AND LASSER, T. 2003. Real-Time optically sectioned wide-field microscopy employing structured light illumination and a cmos detector. *Proc. SPIE* 4964.
- 17) MORENO-NOGUER, F., BELHUMEUR, P. N., AND NAYAR, S. K. 2007. Active refocusing of images and videos. In Proceedings of the Conference on Computer Graphics and Interaction Techniques ACM SIGGRAPH 2007.
- 18) MOUADDABI, E., BATILE, J., AND SALVI, J. 1997. Recent progress in structured light in order to solve the correspondence problem in stereovision. In Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation. (ICRA).
- 19) NAYAR, S., KRICHNAN, G., GROSSBERG, M., AND RASKAR, R. 2006. Fast separation of direct and global components of a scene using high frequency illumination. *ACM Trans. Graph.* 25, 3, 935-943.
- 20) NG, R., LEVOY, M., BREDIF, M., DUVAL, M., HOROWITZ, G., AND HANRAHAN, P. 2004. Light field photography with a hand-held plenoptic camera. Tech. rep, Stanford University.
- 21) SALVI, J., PAGES, J., AND BATLLE, J. 2004. Pattern codification strategies in structured light systems. *Patt. Recogn.* 37, 827-849.

- 22) SCHECHNER, Y., KIRYATI, N., AND BASRI, R. 2000. Separation of transparent layers using focus. *Int. J. Comput. Vis.* 39, 1, 25-39.
- 23) SHRIKHANDE, N. AND STOCKMAN, G. 1989. Surface orientation from a projection grid. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* 11, 6, 650-655.
- 24) SUN, J., KANG, S. B., , AND SHUM, H. Y. 2006. Flash matting. In *Proceedings of the International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*. ACM SIGGRAPH. 361-366.
- 25) TIZIANI, H. ANDUHDE, H. 1994. Three-Dimensional analysis by a microlensarray confocal arrangement. *Appl. Optics* 33, 567-572.
- 26) WANG, Y., MITICHE, A., AND AGGARWAL, J. 1987. Computation of surface orientation and structure of objects using grid coding. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* 9, 129-137.
- 27) WATANABE, M. AND NAYAR, S. 1998. Rational filters for passive depth from defocus. *Int. J. Comput. Vis.* 27, 3, 203-225.
- 28) WILL, P. AND PENNINGTON, K. 1971. Grid coding: A preprocessing technique for robot and machine vision. *Artif. Intell.* 2, 319-329.
- 29) WILSON, T., JUSKAITIS, R., NEIL, M., AND KOZUBEK, M. 1996. Confocal microscopy by aperture correlation. *Optics Lett.* 21, 3.
- 30) ZHANG, L. AND NAYAR, S. 2006. Projection defocus analysis for scene capture and image display. *ACM Trans. Graph.* 25, 3, 907-915.
- 31) Veeraraghavan, A., Raskar, R., Agrawal, A., Mohan, A., Tumblin, J.: Mask enhanced cameras for heterodyned light fields and coded aperture refocusing. *ACM SIGGRAPH 2007*
- 32) RASKAR, R., TAN, K.-H., FERIS, R., YU, J., AND TURK, M. 2004. Nonphotorealistic camera: depth edge detection and stylized rendering using multi-flash imaging. *ACM Trans. Graph.* 23, 3, 679-688.
- 33) Narasimhan, S.G., Nayar, S.K., Sun, B., Koppal, S.J.: Structured light in scattering media. In: *Proc. IEEE ICCV*, vol. 1, pp. 420-427 (2005)
- 34) Jensen, H., Marschner, S., Levoy, M., Hanrahan, P.: A practical model for subsurface light transport. In: *SIGGRAPH*, pp. 511-518 (2001)
- 35) Sun, B., Ramamoorthi, R., Narasimhan, S.G., Nayar, S.K.: A practical analytic single scattering model for real time rendering. In: *TOG*, pp. 1040-1049 (2005)
- 36) Lanman, D., Raskar, R., Agrawal, A., Taubin, G.: Shield fields: Modeling and capturing 3d occluders. In: *SIGGRAPH Asia 2008*
- 37) Miura, N., Nagasaka, A.N., Miyatake, T.: Feature extraction of finger-vein patterns based on repeated line tracking and its application to personal identification. *Machine Vision and Applications*
- 38) Roh, Y.J., Park, W.S., Cho, H.S., Jeon, H.J.: Implementation of uniform and simultaneous ART for 3-D reconstruction in an x-ray imaging system. In: *IEEE Proceedings, Vision, Image and Signal Processing*, vol. 151 (2004)
- 39) Tuchin, V.: *Tissue Optics: Light Scattering Methods and Instruments for Medical Diagnosis*. SPIE Publications (2007)
- 40) Jaewon Kim, Roarke Horstmeyer, Ig-Jae Kim, Ramesh Raskar, Highlighted depth-offield photography: Shining light on focus, *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, Volume 30 Issue 3, May 2011, Article No. 24
- 41) A. Mohan, G. Woo, S. Hiura, Q. Smithwick, and R. Raskar. Bokode: imperceptible visual tags for camera based interaction from a distance. In *ACM SIGGRAPH*, 2009.
- 42) RASKAR, R., NII, H., DEDECKER, B., HASHIMOTO, Y., J. SUMMET, D. MOORE, Y. Z., WESTHUES, J., DIETZ, P., BARNWELL, J., NAYAR, S., INAMI, M., BEKAERT, P., NOLAND, M., BRANZOI, V., AND BRUNS, E. 2007. Prakash: lighting aware motion capture using photosensing markers and multiplexed illuminators. In *ACM Transactions on Graphics* 26
- 43) Lanman, D., Raskar, R., Agrawal, A., Taubin, G.: Shield fields: Modeling and capturing 3d occluders. In: *SIGGRAPH Asia 2008* (2008)

- 44) BALLAN, L., TANEJA, A., GALL, J., GOOL, L. V., AND POLLEFEYS, M. 2012. Motion capture of hands in action using discriminative salient points. Proc. of ECCV.
- 45) BISHOP, G., AND WELCH, G. 2001. An introduction to the kalman filter. SIGGRAPH.
- 46) CHAI, J., AND HODGINS, K. J. 2005. Performance animation from low-dimensional control signals. In ACM Transactions on Graphics 24, 686.696.
- 47) ILTANEN, M., KOSOLA, H., PALOVUORI, K., AND VANHALA, J. 1998. Optical positioning and tracking system for a head mounted display based on spread spectrum technology. In 2nd International Conference on Machine Automation (ICMA), 597–608.