



PEMROSESAN CITRA

Irwan Prasetya Gunawan
Ahmad Nur Sheha Gunawan
Ratnadewi
Safrizal
Irwan Prasetya Gunawan
Albert Arapenta Sembiring
Nursuci Putri Husain
Gusón Prasamuarso Kuntarto

PEMROSESAN CITRA

Irwan Prasetya Gunawan, dkk



Buku ini membahas tentang Pengantar Pemrosesan Citra, Sifat Cahaya dan Warna, Transformasi Histogram, Pemrosesan Tekstur Citra, Pemrosesan Citra dengan Jaringan Saraf Tiruan, Pemrosesan Citra dengan Metode Fuzzy, Aplikasi Pemrosesan Citra dalam Bidang Medis, Aplikasi Pemrosesan Citra dalam Bidang Bisnis.

PEMROSESAN CITRA



PT MAFY MEDIA LITERASI INDONESIA
ANGGOTA IKAPI 041/SBA/2023
Email : penerbitmafya@gmail.com
Website : penerbitmafya.com
FB : Penerbit Mafy



PEMROSESAN CITRA

UU No 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. penggunaan kutipan singkat ciptaan dan/atau produk hak terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. penggunaan ciptaan dan/atau produk hak terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. penggunaan ciptaan dan/atau produk hak terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan fonogram yang telah dilakukan pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu ciptaan dan/atau produk hak terkait dapat digunakan tanpa izin pelaku pertunjukan, produser fonogram, atau lembaga penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

PEMROSESAN CITRA

Penulis:

Irwan Prasetya Gunawan
Ahmad Nur Sheha Gunawan

Ratnadewi

Safrizal

Irwan Prasetya Gunawan
Albert Arapenta Sembiring

Nursuci Putri Husain

Guson Prasamuarso Kuntarto



PEMROSESAN CITRA

Penulis:

Irwan Prasetya Gunawan, Ahmad Nur Sheha Gunawan,
Ratnadewi, Safrizal, Irwan Prasetya Gunawan, Albert Arapenta
Sembiring, Nursuci Putri Husain, Guson Prasamuarso Kuntarto

Editor:

Andi Asari

Desainer: Tim Mafy

Sumber Gambar Cover:

www.freepik.com

Ukuran:

iv, 150 hlm, 15 cm x 23 cm

ISBN:

978-623-8427-89-5

Cetakan Pertama:

Oktober 2023

**Hak Cipta Dilindungi oleh Undang-undang. Dilarang
menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak
sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari
Penerbit.**

PENERBIT PT MAFY MEDIA LITERASI INDONESIA

ANGGOTA IKAPI 041/SBA/2023

Kota Solok, Sumatera Barat, Kode Pos 27312

Kontak: 081374311814

Website: www.penerbitmafy.com

E-mail: penerbitmafy@gmail.com

..KATA PENGANTAR..

Segala puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan yang maha Esa, karena atas pertolongan dan limpahan rahmatnya sehingga penulis bisa menyelesaikan buku yang berjudul “**Pemrosesan Citra**”. Buku ini di susun secara lengkap dengan tujuan untuk memudahkan para pembaca memahami isi buku ini.

Buku ini membahas tentang Pengantar Pemrosesan Citra, Sifat Cahaya dan Warna, Transformasi Histogram, Pemrosesan Tekstur Citra, Pemrosesan Citra dengan Jaringan Saraf Tiruan, Pemrosesan Citra dengan Metode Fuzzy, Aplikasi Pemrosesan Citra dalam Bidang Medis, Aplikasi Pemrosesan Citra dalam Bidang Bisnis.

Kami menyadari bahwa buku yang ada ditangan pembaca ini masih banyak kekurangan. Maka dari itu kami sangat mengharapkan saran untuk perbaikan buku ini dimasa yang akan datang. Dan tidak lupa kami mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses penerbitan buku ini. Semoga buku ini dapat membawa manfaat dan dampak positif bagi para pembaca.

Malang Oktober 2023

Penulis



..DAFTAR ISI..

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
BAB I PENGANTAR PEMROSESAN CITRA	1
1.1. Pendahuluan	1
1.2. Pengertian Pemrosesan Citra	4
1.3. Tujuan dan Manfaat Pemrosesan Citra	10
1.4. Ruang Lingkup Pemrosesan Citra	11
1.5. Penutup	13
BAB II SIFAT CAHAYA DAN WARNA	23
2.1 Pendahuluan	23
2.2 Pembahasan Cahaya dan Warna	24
BAB III TRANSFORMASI HISTOGRAM	37
3.1 Pendahuluan	37
3.2 Histogram	39
3.3 Normalisasi Histogram	44
2.4 Perataan Histogram (<i>Equalization</i>)	45
BAB IV PEMROSESAN TEKSTUR CITRA	49
4.1 Pendahuluan	49
4.2 First-Order Statistics	54
4.3 <i>Rotation and Scale Variant Texture Features</i>	59
BAB V PEMROSESAN CITRA DENGAN JARINGAN	
SARAF TIRUAN	67
5.1 Pendahuluan	67
5.2 Jaringan Saraf Tiruan (JST)	70
5.3 Model Jaringan Syaraf Tiruan	74
5. 4 Algoritma Pembelajaran JST	79

5. 5 Jaringan Syaraf Tiruan Konvolusional _____	80
5. 6 Penerapan JST dalam Pemrosesan Citra _____	84
5. 7 Penutup _____	86
BAB VI PEMROSESAN CITRA DENGAN METODE	
FUZZY _____	107
6.1 Pendahuluan _____	107
6.2 Dasar-Dasar Logika Fuzzy _____	108
6.3 Penerapan Fuzzy dalam Segmentasi Citra _____	110
6.4 Peningkatan Citra dengan Pemodelan Fuzzy _____	113
6.5 Penerapan Fuzzy dalam Pengenalan Pola _____	115
6. 6 Studi Kasus: Sistem Pemrosesan Citra Fuzzy dalam Kesehatan _____	117
BAB VII APLIKASI PEMROSESAN CITRA DALAM	
BIDANG MEDIS _____	119
7.1 Pendahuluan _____	119
7.2 Teknik Inti Pemrosesan Citra _____	120
7.3 Keuntungan Penerapan Pemrosesan Citra _____	121
7.4 Aplikasi Pemrosesan Citra Dalam Bidang Medis _____	123
BAB VIII APLIKASI PEMROSESAN CITRA DALAM	
BIDANG BISNIS _____	131
8.1 Pendahuluan _____	131
8.2 Aplikasi CNN pada Bidang Bisnis _____	133
8.3 Tantangan Implementasi CNN pada bidang Bisnis di masa mendatang _____	140
BIODATA PENULIS _____	143

..BAB I..

Pengantar Pemrosesan Citra

Oleh: Irwan Prasetya Gunawan, Ph.D

1.1. Pendahuluan

Cisco Visual Networking Index (Cisco VNI) (Webster, 2017) memperkirakan lalu lintas IP global akan mencapai 4,8 ZB per tahun pada tahun 2022, setara dengan 396 Exabytes (EB) per bulan. Pertumbuhan ini meningkat tiga kali lipat dalam jangka lima tahun, dengan tingkat pertumbuhan tahunan gabungan (*compound annual growth rate, CAGR*) sebesar 26% dari tahun 2017 hingga 2022. Lalu lintas IP bulanan diperkirakan akan mencapai 50 GB per kapita pada tahun 2022, naik dari 16 GB per kapita pada tahun 2017. Lalu lintas Internet pada jam sibuk tumbuh

lebih cepat dibandingkan rata-rata lalu lintas Internet, dengan peningkatan sebesar 4,8 kali antara tahun 2017 dan 2022, sementara rata-rata lalu lintas Internet diperkirakan meningkat sebesar 3,7 kali.

Pada laporan yang sama, Cisco juga memprediksi bahwa jumlah perangkat yang terhubung ke jaringan IP diperkirakan akan mencapai lebih dari tiga kali lipat populasi global pada tahun 2022, dengan 3,6 perangkat jaringan per kapita pada tahun 2022 dan 28,5 miliar perangkat jaringan pada tahun 2022. Lalu lintas ponsel cerdas akan melebihi lalu lintas komputer personal (PC), menyumbang 44% dari total lalu lintas IP pada tahun 2022, naik dari 18% pada tahun 2017. Selain itu, lalu lintas video IP akan mencapai 82% dari seluruh lalu lintas IP (baik bisnis maupun konsumen) pada tahun 2022, naik dari 75% pada tahun 2017. Lalu lintas video internet akan tumbuh empat kali lipat dari tahun 2017 hingga 2022, dengan CAGR sebesar 33%. Video *live* melalui internet akan menyumbang 17% dari lalu lintas video Internet pada tahun 2022, dengan *live* video tumbuh 15 kali lipat dari tahun 2017 hingga 2022. Lalu lintas video monitoring via internet akan meningkat tujuh kali lipat antara tahun 2017 dan 2022, dengan 3 persen dari seluruh lalu lintas video Internet disebabkan oleh video pengawasan pada tahun 2022, naik dari 2% pada tahun 2017. Ini ditambah lagi dengan lalu lintas *Virtual Reality* (VR) dan *Augmented Reality* (AR) yang diprediksi meningkat 12 kali lipat antara tahun 2017 dan 2022 secara global, dengan CAGR sebesar 65 persen. Video internet ke TV akan meningkat tiga kali lipat antara tahun 2017 dan 2022, menjadikannya 27 persen dari lalu lintas video Internet konsumen tetap pada tahun 2022. Lalu lintas Video-on-Demand (VoD) akan mencapai dua kali lipat pada

tahun 2022, setara dengan 10 miliar DVD per bulan. Ini juga didukung dengan ketersediaan layanan dan perangkat televisi cerdas (smart TV) dengan resolusi tinggi seperti 4K atau bahkan 8K dengan gradasi warna yang sangat dalam seperti teknologi HDR (*high dynamic range*). Cisco memprediksi bahwa penggunaan video 4K dan 8K akan meningkat secara signifikan sedemikian hingga pada tahun 2022, diperkirakan 20% lalu lintas video global akan berasal dari video 4K dan 8K ini.

Hal lain yang juga mendukung pesatnya perkembangan lalu lintas data video seperti yang dipaparkan diatas adalah pesatnya evolusi layanan komunikasi seluler. Contoh kasusnya adalah perkembangan layanan komunikasi seluler di Korea Selatan yang merupakan salah satu pasar telekomunikasi paling aktif di dunia, dengan jumlah layanan broadband per kapita tertinggi (Shin, Jung and Koo, 2020). Dengan diluncurkannya layanan komunikasi seluler generasi kelima (5G), jumlah penggunanya pun semakin meningkat pesat. Ini tentu berkaitan secara langsung dengan fitur-fitur utama layanan baru dalam komunikasi seluler 5G ini, antara lain kecepatan transmisi hingga 20 Gbps, penyediaan layanan video *ultra-high definition* (UHD), dan layanan lain yang memerlukan transmisi data, termasuk VR, *Mixed Reality* (MR), dan hologram. Layanan-layanan ini pada dasarnya adalah layanan yang sebelumnya tidak dapat diberikan oleh layanan komunikasi seluler generasi keempat (4G).

Layanan 4G itu sendiri mengalami peningkatan penggunaan data per penggunanya karena maraknya penggunaan layanan dalam kategori-kategori video, multimedia, portal web, layanan jejaring sosial, unduhan aplikasi, dan banyak lagi. Ledakan penggunaan data 4G berkaitan dengan peningkatan

jumlah pengguna 4G dan peningkatan penggunaan konten, yang memerlukan lalu lintas data yang lebih besar. Hal yang sama juga diprediksi untuk layanan pada 5G.

Beberapa paparan di atas menggambarkan bagaimana meluasnya penggunaan data dalam bentuk visual pada beberapa tahun terakhir. Pertukaran data dalam bentuk visual (gambar atau video) sudah menjadi hal yang lumrah dalam kehidupan kita sehari-hari. Apalagi ketika dunia dilanda pandemi Covid-19 di awal tahun 2020, aplikasi *video conference* menjadi pengganti komunikasi langsung yang biasa kita lakukan dalam kondisi normal.

Hal lainnya yang mendukung maraknya penggunaan layanan visual saat ini adalah semakin terjangkaunya perangkat video pada *smartphone*, tablet, dan *smart TV*, dengan kualitas video yang juga semakin baik sebagai akibat penggunaan resolusi video yang lebih besar dan pemakaian kecepatan bit yang lebih tinggi. Ini membuat berbagai layanan *streaming video* seperti Netflix, YouTube, Amazon Prime Video, dan lainnya semakin populer.

Oleh karena itu kita bisa melihat bahwa hampir semua sektor kehidupan kita memanfaatkan layanan berbasis video: pendidikan (Themelis, 2014; Earon, 2017; Guangzhi, 2021; Grech, 2022; Tang, 2022), bisnis, pemerintahan, kesehatan (Rykkje and Hjorth, 2017; Bonsaksen *et al.*, 2021; Lungu *et al.*, 2021; Kilb, Dickhäuser and Mata, 2022), dan sebagainya.

1.2. Pengertian Pemrosesan Citra

Dalam dunia komputer dan teknologi informasi, pemrosesan citra adalah salah satu disiplin ilmu yang berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir. Ini terkait dengan semakin maraknya perangkat yang menggunakan algoritma

pengolahan citra seperti kamera digital, sensor medis, dan bahkan satelit pengintai yang menghasilkan gambar yang dapat dimanipulasi dan dianalisis. Dunia kita diwakili oleh gambar-gambar ini, dan pengolahan gambar memungkinkan kita untuk memahami, menganalisis, dan membuat keputusan berdasarkan informasi visual tersebut. Untuk membantu pembaca menggunakan teknologi ini dengan lebih baik, bab ini akan menjelaskan pemahaman dasar pemrosesan citra secara umum.

Pemrosesan citra mencakup pengolahan dan analisis digital gambar visual untuk mendapatkan informasi yang bermanfaat bagi indra manusia (Maher A Sid-Ahmed, 1995; Gonzalez and Woods, 2007; Bovik, 2009; Petrou and Petrou, 2011). Pemrosesan citra adalah proses yang memungkinkan gambar dua dimensi atau sekumpulan piksel yang menampilkan objek, *scene*, atau fenomena dalam bentuk visual. Teknik dan algoritma yang dipakai dalam pemrosesan citra digunakan untuk memanipulasi, memperbaiki, menganalisis, dan menginterpretasikan gambar untuk berbagai tujuan.

Bidang lain yang juga bersinggungan dengan citra antara lain *computer graphics* (CG, grafika komputer), *computer vision* (CV, visi komputer), dan *image analysis* (analisis gambar). *Computer graphics* adalah bidang ilmu yang mempelajari bagaimana gambar bisa dihasilkan dengan menggunakan komputer. *Computer vision* adalah salah satu bidang yang berkaitan dengan citra yang melakukan otomatisasi proses-proses akuisisi gambar, pengolahannya, serta klasifikasi dan pengenalan citra atau objek dalam citra, untuk digunakan dalam membantu manusia melakukan pekerjaannya. Pemrosesan citra bisa dianggap sebagai salah satu bagian

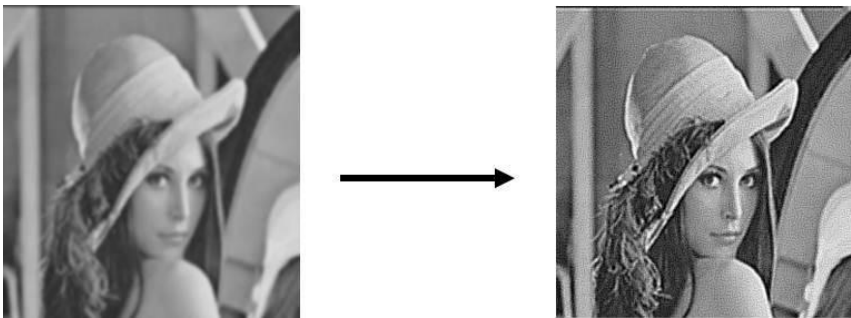
dari pekerjaan yang dilakukan oleh *computer vision*. Pada CV, metode yang digunakan bisa jauh lebih kompleks daripada pemrosesan citra karena selain proses pengukuran pada citra, terdapat juga proses interpretasi gambar yang harus bisa dilakukan tanpa intervensi manusia. Dengan kata lain, CV berusaha untuk bisa meniru hal-hal yang dilakukan oleh indera penglihatan manusia (*human visual system, HVS*).

Operasi pemrosesan citra meliputi hal-hal sebagai berikut:

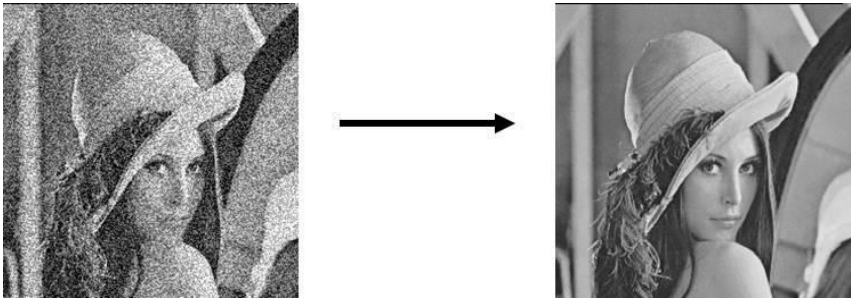
- *Image Enhancement*
- *Image Restoration*
- *Image Compression*
- *Image Segmentation*
- *Image Analysis*
- *Image Reconstruction*

Image Enhancement

Image enhancement atau peningkatan citra bertujuan untuk meningkatkan kualitas gambar dengan memanipulasi parameter pada gambar. Contohnya misalnya dengan mengubah tingkat kontras gambar, penajaman gambar (lihat Gambar 1.1), ataupun dengan melakukan proses pentapisan derau (*noise filtering*) (Gambar 1.2).



Gambar 1. 1 Contoh hasil proses penajaman gambar.



Gambar 1. 2 Contoh hasil proses *noise filtering*.

Image Restoration

Image restoration atau restorasi citra adalah pemulihan gambar yang semula terkontaminasi oleh distorsi. Operasi pemulihan ini sepintas mirip dengan operasi peningkatan citra, tapi dalam restorasi citra jenis distorsi biasanya sudah diketahui sebelumnya (Gambar 1.3).



blur

deblurring

Gambar 1. 3 Contoh hasil proses restorasi citra

Image Compression

Image compression atau kompresi citra adalah proses pengurangan redundansi data pada citra dengan tujuan mengurangi kebutuhan tempat penyimpanan atau memori citra tersebut. Dengan kompresi citra, maka citra dapat

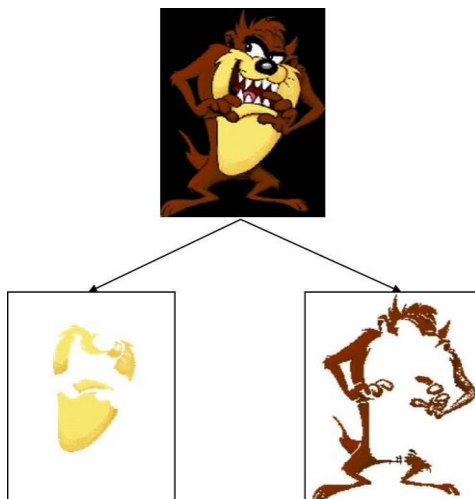
disimpan dalam representasi yang lebih ringkas. Walaupun demikian, proses ini harus bisa dilakukan tanpa mengurangi kualitas visual gambar; atau jika terjadi penurunan kualitas, maka degradasi kualitasnya bisa ditekan seminimal mungkin (Gambar 1.4). Contohnya adalah standar kompresi gambar berbasis JPEG.



Gambar 1. 4 Contoh proses kompresi citra.

Image Segmentation

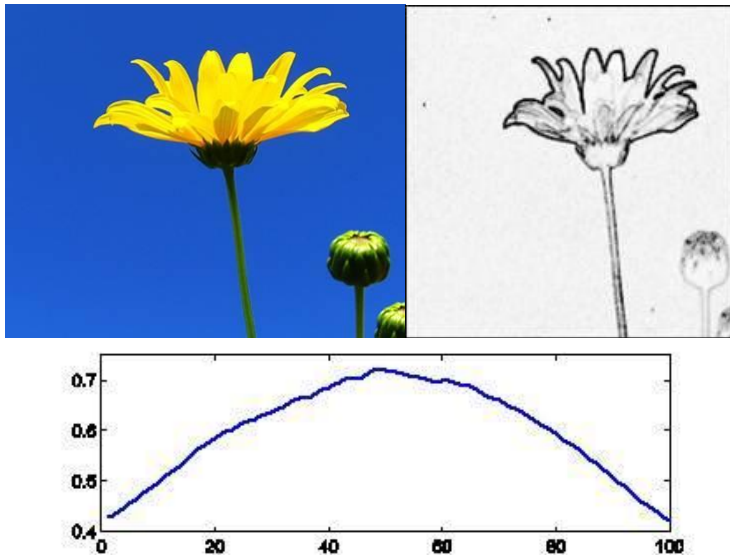
Image segmentation atau segmentasi citra adalah pemilahan suatu gambar menjadi beberapa bagian berdasarkan kriteria-kriteria tertentu, seperti pola, warna, bentuk, dan sebagainya (Gambar 1.5).



Gambar 1. 5 Contoh segmentasi citra berdasarkan warna.

Image Analysis

Image analysis atau analisis citra melakukan penelaahan terhadap citra dengan cara mengekstrak fitur tertentu, melakukan proses segmentasi, ataupun melakukan perhitungan berdasarkan ukuran kuantitatif tertentu untuk menggambarkan suatu citra ataupun untuk mengidentifikasi objek tertentu pada citra (Gambar 1.6).



Gambar 1. 6 Contoh analisis citra dengan melakukan deteksi tepi pada gambar dan membuat profil distribusi spasial tepi.

Image Reconstruction

Image reconstruction atau rekonstruksi citra adalah proses pembuatan citra yang memiliki karakteristik tertentu dari gabungan beberapa citra lainnya (lihat Gambar 1.7). Contohnya adalah citra 3D dengan tingkat kedalaman yang direkonstruksi dari beberapa gambar yang diambil dengan sudut pengambilan yang berbeda, atau citra HDR yang memiliki jangkauan atau rentang dinamik yang sangat lebar

yang dibentuk dari beberapa citra dengan rentang dinamik rendah.



Gambar 1. 7 Contoh rekonstruksi citra 3D (bawah) dari dua buah citra 2D dengan sudut pengambilan gambar yang berbeda (atas). Sumber: Department of Computing Science, University of Glasgow.

1.3. Tujuan dan Manfaat Pemrosesan Citra

Aplikasi pemrosesan citra telah digunakan dalam banyak bidang di berbagai aspek kehidupan kita, seperti pengenalan wajah, pengolahan gambar medis, deteksi objek, inspeksi foto, dan masih banyak lagi. Tujuan utama pemrosesan citra adalah untuk meningkatkan kualitas gambar, mengungkapkan informasi yang tersembunyi atau tidak terlihat secara

langsung, dan membantu pengambilan keputusan atau tindakan yang didasarkan pada analisis gambar.

Dalam dunia medis, pemrosesan citra membantu dokter untuk mendiagnosis penyakit, melacak perkembangan pasien, dan bahkan melakukan intervensi bedah dengan presisi yang lebih tinggi. Di bidang keamanan, pemrosesan citra digunakan untuk pengenalan wajah dan pengawasan berbasis visual, meningkatkan keamanan dan privasi kita. Kemudian, dalam industri manufaktur, pemrosesan citra digunakan untuk mengawasi kualitas produk dan mengidentifikasi cacat pada produk. Selain itu, bidang robotika dan kendaraan otonom juga sangat bergantung pada kemampuan pemrosesan citra untuk berinteraksi dengan dunia fisik.

Jelas bahwa kontribusi pengolahan citra dalam berbagai bidang sangat terbuka lebar.

1.4. Ruang Lingkup Pemrosesan Citra

Pemrosesan citra memiliki ruang lingkup yang sangat luas, dan dalam buku ini, akan dikupas sejumlah topik kunci, antara lain seperti representasi citra digital, operasi dasar pada citra seperti pemrosesan spasial dan transformasi citra, serta teknik-teknik lanjutan seperti ekstraksi fitur ataupun penggunaan jaringan syaraf tiruan. Buku ini juga akan mengeksplorasi aplikasi praktis pemrosesan citra seperti penggunaan citra dalam bidang bisnis. Namun, perlu diingat bahwa pemrosesan citra adalah bidang yang terus berkembang, dan buku ini hanya memberikan landasan untuk memahami topik yang sangat luas ini.

Sebagai contoh kecil, berikut ini adalah beberapa hal yang dapat dilakukan dalam pemrosesan citra:

- Peningkatan Citra (*image enhancement*).
Pemrosesan citra dapat dilakukan dengan tujuan untuk memperbaiki kualitas citra, seperti pengurangan derau (Rohit and Ali, 2013a, 2013b; Hambal, Pei and Libent Ishabailu, 2017a, 2017b; Gulenko *et al.*, 2022a, 2022b; Huang and Liu, 2022), penajaman kontur (Wang, Chen and Qiu, 2019), peningkatan kecerahan (Patel, P. S. Maravi and Sharma, 2013; Wan *et al.*, 2018a, 2018b; Li *et al.*, 2022; Maurya *et al.*, 2022; Wang *et al.*, 2022), atau koreksi warna (Elrefaei, 2018; Niu *et al.*, 2018; Akazawa *et al.*, 2021; Zhang *et al.*, 2021; Muniraj and Dhandapani, 2022).
- Segmentasi Citra (*image segmentation*).
Pemrosesan citra dapat kita gunakan untuk memisahkan objek atau bagian-bagian tertentu dalam citra dengan menggunakan algoritma yang dapat mengklasifikasikan piksel-piksel dalam kelompok-kelompok yang berbeda berdasarkan atribut-atribut tertentu (Hesamian *et al.*, 2019; Chen *et al.*, 2020; Liu *et al.*, 2021; Minaee *et al.*, 2022; Yu *et al.*, 2023).
- Ekstraksi Fitur (*feature extraction*).
Pemrosesan citra dapat kita manfaatkan untuk membantu mengidentifikasi dan mengekstrak informasi penting atau fitur-fitur khas dalam citra yang selanjutnya dapat digunakan sebagai masukan untuk tugas-tugas analisis atau pengenalan berikutnya (Ji, 2020; Bao, Lai and Li, 2021; Wei and Zhang, 2021; Deng, Xing and Cai, 2022; Lozano-Vázquez *et al.*, 2022).

- Pendeteksian Objek (*object detection*).
Pengolahan citra dapat mengidentifikasi dan menandai lokasi objek atau bagian-bagian tertentu dalam citra berdasarkan karakteristik visualnya (Borji *et al.*, 2019; Jiao *et al.*, 2019; Zhao *et al.*, 2019; Liu *et al.*, 2020; Wu, Sahoo and Hoi, 2020; Zou *et al.*, 2023).
- Pengenalan Pola (*pattern recognition*).
Pengolahan citra memiliki kemampuan mengklasifikasi atau mengidentifikasi objek berdasarkan ciri-ciri atau pola tertentu yang ada dalam citra (Yegnanarayana, 1994; Zhang, Liu and Suen, 2020; Barrón-Estrada *et al.*, 2022).

Untuk meningkatkan hasil pengolahan dan analisis gambar, pemrosesan citra juga dapat melibatkan penggunaan metode matematika dan statistika seperti transformasi, filtrasi, konvolusi, dan analisis spektral, serta penggunaan pembelajaran mesin dan jaringan syaraf tiruan.

1.5. Penutup

Dalam kurun waktu beberapa tahun terakhir ini kita melihat semakin maraknya tren penggunaan layanan visual. Penggunaan layanan video telah terus meningkat secara signifikan di seluruh dunia, termasuk di antaranya adalah layanan streaming video online, konten on-demand, dan video konferensi. Selain itu, semakin banyak orang yang mengakses konten video dalam definisi tinggi (HD) dan bahkan 4K/8K dengan gradasi tinggi seperti HDR. Ini tentu membutuhkan infrastruktur jaringan yang lebih kuat untuk mengakomodasi kebutuhan bandwidth yang lebih besar. Ini didukung pula oleh semakin mudahnya layanan visual ini diakses melalui perangkat mobile (*smartphone*, tablet).

Akibatnya adalah semakin meningkatnya penggunaan video dalam berbagai macam aspek kehidupan manusia. Video *conferencing* dan kolaborasi visual semakin lumrah digunakan dalam bisnis, pendidikan, hiburan, dunia kesehatan, dan sebagainya. Ini memfasilitasi komunikasi jarak jauh dan kolaborasi tim global. Dalam dunia hiburan, semakin banyak layanan yang bermigrasi ke platform *live streaming*. Siaran langsung acara olahraga, konser, atau berita telah menjadi sangat populer. Ini menunjukkan adopsi kuat dari teknologi *streaming real-time*. Semuanya itu ditambah dengan semakin mudahnya orang berbagi konten yang mereka buat sendiri dalam berbagai platform media sosial. Layanan media sosial telah menjadi platform populer untuk berbagi video. Platform seperti YouTube, Facebook, Instagram, dan TikTok telah memainkan peran besar dalam menyebarkan konten video secara global saat ini.

Oleh karena itu kita bisa memahami bagaimana pentingnya pemrosesan citra ini dilakukan. Baik disadari maupun tidak, kita sudah dibiasakan dengan pemrosesan citra ini dalam kehidupan kita sehari-hari. Bagi pengguna awam, pemrosesan citra juga bisa dilakukan dengan mudah karena ketersediaan perangkat lunak (dan juga perangkat keras) yang semakin pintar.

Sementara kontribusi pemrosesan citra telah membawa banyak manfaat, tantangannya untuk masa depan masih ada. Pertama, data citra semakin besar dan rumit sehingga membutuhkan lebih banyak sumber daya komputasi yang lebih kuat. Kedua, interpretasi hasil proses terus menjadi masalah, dan ini menuntut kita agar bisa mengembangkan teknik yang lebih canggih dalam pengenalan objek pada situasi yang kompleks, dengan tingkat akurasi dan efisiensi

yang lebih baik lagi. Selain itu, ada unsur-unsur etis yang berkaitan dengan privasi dan penggunaan data citra dalam berbagai aplikasi sehari-hari. Masa depan pemrosesan citra diperkirakan akan sangat dipengaruhi oleh perkembangan kecerdasan buatan, *deep learning*, dan pemrosesan citra dalam waktu nyata untuk aplikasi yang semakin kompleks. Hal-hal ini tentu akan mendorong penelitian lebih lanjut tentang pemrosesan citra secara umum, dan selanjutnya membuka peluang baru dan berdampak positif di berbagai bidang. Pemrosesan citra akan terus berkembang dan berkontribusi besar pada berbagai aspek kehidupan manusia dengan penanganan yang tepat.

DAFTAR PUSTAKA

1. Akazawa, T. *et al.* (2021) 'Three-color balancing for color constancy correction', *Journal of Imaging*, 7(10). Available at: <https://doi.org/10.3390/jimaging7100207>.
2. Bao, J., Lai, Z. and Li, X. (2021) 'Relaxed local preserving regression for image feature extraction', *Multimedia Tools and Applications*, 80(3). Available at: <https://doi.org/10.1007/s11042-020-09802-9>.
3. Barrón-Estrada, M.L. *et al.* (2022) 'Patrony: A mobile application for pattern recognition learning', *Education and Information Technologies*, 27(1). Available at: <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10636-7>.
4. Bonsaksen, T. *et al.* (2021) 'Video-based communication and its association with loneliness, mental health and quality of life among older people during the COVID-19 outbreak', *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(12). Available at: <https://doi.org/10.3390/ijerph18126284>.

5. Borji, A. *et al.* (2019) 'Salient object detection: A survey', *Computational Visual Media*. Available at: <https://doi.org/10.1007/s41095-019-0149-9>.
6. Bovik, A. (2009) *The Essential Guide to Image Processing*, *The Essential Guide to Image Processing*. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374457-9.X0001-7>.
7. Chen, C. *et al.* (2020) 'Deep Learning for Cardiac Image Segmentation: A Review', *Frontiers in Cardiovascular Medicine*. Available at: <https://doi.org/10.3389/fcvm.2020.00025>.
8. Deng, Y., Xing, C. and Cai, L. (2022) 'Building Image Feature Extraction Using Data Mining Technology', *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022. Available at: <https://doi.org/10.1155/2022/8006437>.
9. Earon, S.A. (2017) 'The Value of Video Communications in Education Why eLearning Matters', *Elearning Industry Interactive* [Preprint].
10. Elrefaei, L.A. (2018) 'Smartphone based image color correction for color blindness', *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 12(3). Available at: <https://doi.org/10.3991/ijim.v12i3.8160>.
11. Gonzalez, R.C. and Woods, R.E. (2007) *Digital Image Processing (3rd Edition)*, Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River, NJ, USA ©2006.
12. Grech, J. (2022) 'Social Presence and Satisfaction in Asynchronous Text-Based Communications in Online Nursing Education: A Comparison With Synchronous Video Communications', *Nursing Education Perspectives*, 43(3). Available at: <https://doi.org/10.1097/01.NEP.0000000000000915>.

13. Guangzhi, W. (2021) 'Application of adaptive resource allocation algorithm and communication network security in improving educational video transmission quality', *Alexandria Engineering Journal*, 60(5). Available at: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2021.02.026>.
14. Gulenko, O. *et al.* (2022a) 'Deep-Learning-Based Algorithm for the Removal of Electromagnetic Interference Noise in Photoacoustic Endoscopic Image Processing', *Sensors*, 22(10). Available at: <https://doi.org/10.3390/s22103961>.
15. Gulenko, O. *et al.* (2022b) 'Deep-Learning-Based Algorithm for the Removal of Electromagnetic Interference Noise in Photoacoustic Endoscopic Image Processing', *Sensors*, 22(10). Available at: <https://doi.org/10.3390/s22103961>.
16. Hambal, A.M., Pei, Z. and Libent Ishabailu, F. (2017a) 'Image Noise Reduction and Filtering Techniques', *International Journal of Science and Research*, 6(3).
17. Hambal, A.M., Pei, Z. and Libent Ishabailu, F. (2017b) 'Image Noise Reduction and Filtering Techniques', *International Journal of Science and Research*, 6(3).
18. Hesamian, M.H. *et al.* (2019) 'Deep Learning Techniques for Medical Image Segmentation: Achievements and Challenges', *Journal of Digital Imaging*, 32(4). Available at: <https://doi.org/10.1007/s10278-019-00227-x>.
19. Huang, P. and Liu, K. (2022) 'A new conjugate gradient algorithm for noise reduction in signal processing and image restoration', *Frontiers in Physics*, 10. Available at: <https://doi.org/10.3389/fphy.2022.1053353>.

20. Ji, R. (2020) 'Research on Basketball Shooting Action Based on Image Feature Extraction and Machine Learning', *IEEE Access*, 8. Available at: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3012456>.
21. Jiao, L. *et al.* (2019) 'A survey of deep learning-based object detection', *IEEE Access*, 7. Available at: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2939201>.
22. Kilb, M., Dickhäuser, O. and Mata, J. (2022) 'A theory-based video intervention to enhance communication and engagement in online health communities: two experiments', *Health Psychology and Behavioral Medicine*, 10(1). Available at: <https://doi.org/10.1080/21642850.2022.2032074>.
23. Li, C. *et al.* (2022) 'A low-light image enhancement method with brightness balance and detail preservation', *PLoS ONE*, 17(5 May). Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262478>.
24. Liu, L. *et al.* (2020) 'Deep Learning for Generic Object Detection: A Survey', *International Journal of Computer Vision*, 128(2). Available at: <https://doi.org/10.1007/s11263-019-01247-4>.
25. Liu, X. *et al.* (2021) 'A review of deep-learning-based medical image segmentation methods', *Sustainability (Switzerland)*, 13(3). Available at: <https://doi.org/10.3390/su13031224>.
26. Lozano-Vázquez, L.V. *et al.* (2022) 'Analysis of Different Image Enhancement and Feature Extraction Methods', *Mathematics*, 10(14). Available at: <https://doi.org/10.3390/math10142407>.

27. Lungu, D.A. *et al.* (2021) 'The Role of Recipient Characteristics in Health Video Communication Outcomes: Scoping Review', *Journal of Medical Internet Research*. Available at: <https://doi.org/10.2196/30962>.
28. Maher A Sid-Ahmed (1995) *Image processing, theory, algorithms and architectures*. McGraw-Hill, Inc.
29. Maurya, L. *et al.* (2022) 'Contrast and brightness balance in image enhancement using Cuckoo Search-optimized image fusion', *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 34(9). Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2021.07.008>.
30. Minaee, S. *et al.* (2022) 'Image Segmentation Using Deep Learning: A Survey', *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 44(7). Available at: <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2021.3059968>.
31. Muniraj, M. and Dhandapani, V. (2022) 'Underwater image enhancement by color correction and color constancy via Retinex for detail preserving', *Computers and Electrical Engineering*, 100. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2022.107909>.
32. Niu, Y. *et al.* (2018) 'Image Quality Assessment for Color Correction Based on Color Contrast Similarity and Color Value Difference', *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 28(4). Available at: <https://doi.org/10.1109/TCSVT.2016.2634590>.
33. Patel, O., P. S. Maravi, Y. and Sharma, S. (2013) 'A Comparative Study of Histogram Equalization Based Image Enhancement Techniques for Brightness Preservation and Contrast Enhancement', *Signal & Image Processing: An International Journal*, 4(5). Available at: <https://doi.org/10.5121/sipij.2013.4502>.

34. Petrou, M. and Petrou, C. (2011) *Image Processing: The Fundamentals, Image Processing: The Fundamentals*. Available at: <https://doi.org/10.1002/9781119994398>.
35. Rohit, V. and Ali, J. (2013a) 'A Comparative Study of Various Types of Image Noise and Efficient Noise Removal Techniques', *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, 3(10).
36. Rohit, V. and Ali, J. (2013b) 'A Comparative Study of Various Types of Image Noise and Efficient Noise Removal Techniques', *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, 3(10).
37. Rykkje, L. and Hjorth, G.H.B. (2017) "'Safety at Home": Experiences From Testing of Video Communication Between Patients and Home Health Care Personnel', *SAGE Open*, 7(4). Available at: <https://doi.org/10.1177/2158244017744900>.
38. Shin, H., Jung, J. and Koo, Y. (2020) 'Forecasting the video data traffic of 5 G services in south korea', *Technological Forecasting and Social Change*, 153. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.119948>.
39. Tang, W. (2022) 'The Psychology Analysis for Post-production of College Students' Short Video Communication Education Based on Virtual Image and Internet of Things', *Frontiers in Psychology*, 13. Available at: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.781802>.
40. Themelis, C. (2014) 'Synchronous Video Communication for Distance Education: the educators' perspective', *Open Praxis*, 6(3). Available at: <https://doi.org/10.5944/openpraxis.6.3.128>.

41. Wan, M. *et al.* (2018a) 'Infrared image enhancement using adaptive histogram partition and brightness correction', *Remote Sensing*, 10(5). Available at: <https://doi.org/10.3390/rs10050682>.
42. Wan, M. *et al.* (2018b) 'Infrared image enhancement using adaptive histogram partition and brightness correction', *Remote Sensing*, 10(5). Available at: <https://doi.org/10.3390/rs10050682>.
43. Wang, F., Chen, W.E.N. and Qiu, L.I.N. (2019) 'Hausdorff derivative laplacian operator for image sharpening', *Fractals*, 27(3). Available at: <https://doi.org/10.1142/S0218348X19500609>.
44. Wang, Y. *et al.* (2022) 'Shedding light on images: Multi-level image brightness enhancement guided by arbitrary references', *Pattern Recognition*, 131. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2022.108867>.
45. Webster, D. (2017) 'Cisco Visual Networking Index (VNI)', *Global Forecast Update* [Preprint]. Available at: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html> (Accessed: 9 October 2023).
46. Wei, Z. and Zhang, X. (2021) 'Feature extraction and retrieval of ecommerce product images based on image processing', *Traitement du Signal*, 38(1). Available at: <https://doi.org/10.18280/TS.380119>.
47. Wu, X., Sahoo, D. and Hoi, S.C.H. (2020) 'Recent advances in deep learning for object detection', *Neurocomputing*, 396. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2020.01.085>.

48. Yegnanarayana, B. (1994) 'Artificial neural networks for pattern recognition', *Sadhana*, 19(2). Available at: <https://doi.org/10.1007/BF02811896>.
49. Yu, Y. *et al.* (2023) 'Techniques and Challenges of Image Segmentation: A Review', *Electronics (Switzerland)*. Available at: <https://doi.org/10.3390/electronics12051199>.
50. Zhang, W. *et al.* (2021) 'Color correction and adaptive contrast enhancement for underwater image enhancement', *Computers and Electrical Engineering*, 91. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2021.106981>.
51. Zhang, X.Y., Liu, C.L. and Suen, C.Y. (2020) 'Towards Robust Pattern Recognition: A Review', *Proceedings of the IEEE*. Available at: <https://doi.org/10.1109/JPROC.2020.2989782>.
52. Zhao, Z.Q. *et al.* (2019) 'Object Detection with Deep Learning: A Review', *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*. Available at: <https://doi.org/10.1109/TNNLS.2018.2876865>.
53. Zou, Z. *et al.* (2023) 'Object Detection in 20 Years: A Survey', *Proceedings of the IEEE*, 111(3). Available at: <https://doi.org/10.1109/JPROC.2023.3238524>.

..BAB II..

Sifat Cahaya dan Warna

Oleh: Ahmad Nur Sheha Gunawan, S.T., M.T

2.1 Pendahuluan

Cahaya merupakan radiasi elektromagnetik dengan *simulacrum* atau penampakan tertentu yang memungkinkan pengamatan berbagai tikungan serta aneka ragam warna langit di atas matras. Fungsi cahaya sendiri adalah untuk memberikan dorongan kepada manusia untuk melakukan aktivitas, sedangkan fungsi umumnya adalah untuk menentukan identitas suatu benda. Cahaya memiliki beberapa ciri antara lain lurus, menembus benda bening, dipantulkan, dan biaskan. Warna adalah fenomena yang disebabkan oleh tiga komponen: cahaya, objek, dan pengamat, yang dapat berupa mata atau alat ukur. (Dameria,

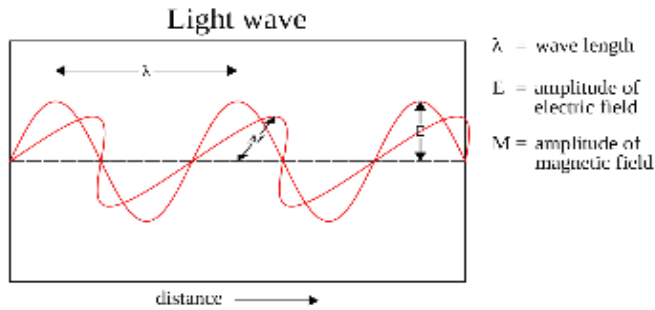
2007). Secara psikologis, warna adalah sifat cahaya yang dipancarkan dari indra penglihatan. Warna dapat menimbulkan perasaan bagi orang yang melihatnya. (Luzar, 2011). Dalam pembahasan kali ini terdapat tujuh poin yang akan dijelaskan dan dijabarkan lebih lanjut, poin-poin pembahasan tersebut adalah sebagai berikut :

1. Pengertian Cahaya dan Warna
2. Proses Terjadinya Cahaya dan Warna
3. Fungsi Cahaya dan Warna
4. Sifat Cahaya dan Warna
5. Jenis Cahaya dan Warna
6. Sumber Cahaya dan Warna
7. Pengaplikasian Cahaya dan Warna dalam Desain

2.2 Pembahasan Cahaya dan Warna

2.2.1 Pengertian Cahaya dan Warna

Cahaya adalah gejala fisis yang dapat memancarkan energi kemudian berubah menjadi cahaya tampak dengan panjang gelombang yang dipancarkan sebesar 380-780 nm. cahaya adalah komponen dari keadaan elektromagnetik yang dapat ditangkap oleh indera kita. (Zumtobel, 2013). Perambatan cahaya terjadi karena adanya gelombang elektromagnetik sehingga cahaya disebut sebagai gejala getaran. Gelombang televisi, radar, ponsel dan lainnya adalah beberapa alat di lingkungan kita yang menghasilkan getaran yang mirip dengan cahaya dengan frekuensi beda. (Departemen Kesehatan R.I, 1992).



Gambar 2. 1 Gelombang Elektromagnetik
 Sumber : khanacademy.org

Secara psikologis warna adalah sifat dari cahaya yang dipancarkan dengan pengalaman indra penglihatan. Warna dapat membangkitkan perasaan kepada individu yang melihatnya (Luzar, 2011). Warna juga dapat mempengaruhi emosi manusia seperti bahagia, sedih, semangat, marah, nafsu makan atau ketakutan.

2.2.2 Proses Terjadinya Cahaya dan Warna

Pencahayaan adalah kumpulan atom atau molekul yang jatuh dari level energi yang tinggi hingga level energi yang rendah. Satuan pencahayaan merupakan lux, yang ditulis dengan simbol (lm/m^2), di mana lm adalah lumen, dan m^2 adalah satuan luas permukaan. Sedangkan warna terbagi menjadi dua macam, yaitu warna aditif dan subtraktif (Sanyoto, 2005). Warna aditif adalah warna yang bersumber melalui cahaya dan disebut spektrum. Sedangkan warna subtraktif adalah warna yang bersumber dari bahan pewarna yang disebut pigmen.

2.2.3 Fungsi Cahaya dan Warna

Fungsi Cahaya

Fungsi atau manfaat cahaya tersebut dapat dijelaskan dan dipaparkan sebagai berikut :

1. Fungsi Optik
Fungsi optik terjadi karena adanya pantulan objek yang diinterpretasikan oleh sistem penglihatan manusia.
2. Fungsi Fotosintesis
Cahaya matahari berperan dalam proses fotosintesis sebagai pembuatan makanan tumbuhan.
3. Fungsi Foto Rontgen
Dalam bidang kedokteran cahaya dimanfaatkan untuk sinar-x dalam proses foto rontgen.
4. Pembangkit Listrik
Panel surya akan menangkap cahaya matahari yang dapat mengubah energi listrik untuk digunakan dalam kebutuhan manusia.
5. Pemanas Ruangan
Cahaya juga dapat dimanfaatkan sebagai pemanas ruangan seperti sinar matahari yang masuk melalui jendela, ventilasi atau pintu.
6. Alat Pengering
Cahaya juga dapat dimanfaatkan sebagai alat pengering karena cahaya dapat mengeluarkan energi panas.

Fungsi Warna

Berikut adalah fungsi-fungsi warna dalam kehidupan sehari-hari :

1. Fungsi Struktural
Memberi tanda pada suatu kalimat/kata dengan warna tertentu agar dapat mempermudah pembaca mendapatkan informasi yang sifatnya penting.
2. Fungsi Isyarat dan Komunikasi
Fungsi ini sering dijumpai pada lampu jalan atau lampu lalu lintas. Warna merah berarti berhenti, kuning berarti bersiap dan hijau berarti jalan.

3. Fungsi Alamiah

Fungsi alamiah merupakan penggambaran suatu objek secara nyata. Contohnya langit berwarna biru, daun berwarna hijau, tanah berwarna coklat dan lainnya.

4. Fungsi Psikologis

Warna memiliki kaitan yang erat antara sudut pandang kejiwaan dengan karakter manusia. Contohnya warna hijau dan biru memberikan efek psikologis rasa sejuk.

5. Fungsi Identitas

Fungsi identitas ini mempermudah seseorang dalam mengenali suatu kelompok, merek, perusahaan, organisasi dan lainnya.

2.2.4 Sifat Cahaya dan Warna

Sifat Cahaya

Berikut merupakan sifat-sifat cahaya tersebut antara lain sebagai berikut :

1. Cahaya dapat Merambat Lurus

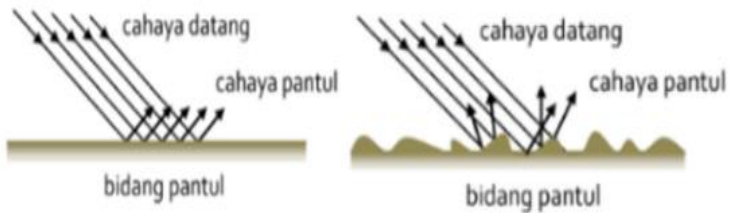
Cahaya dapat merambat lurus saat melewati sebuah medium perantara yang memiliki partikel sama yang didukung oleh kerapatan optik yang sama. Contohnya adalah fenomena alam fenomena gerhana matahari dan bulan yang merambat lurus.



Gambar 2. 2 Gerhana Matahari & Bulan
Sumber : pendidikan.co.id

2. Cahaya dapat Dipantulkan

Pemantulan cahaya atau refleksi merupakan proses memancarkan kembali cahaya melalui permukaan atau alas benda yang terkena cahaya. Pemantulan cahaya ada dua yaitu, pemantulan teratur dan pemantulan baur/tidak teratur. Pemantulan cahaya teratur adalah cahaya yang mengenai benda dengan permukaan datar yang mengkilap. Pemantulan cahaya baur/pemantulan tidak teratur adalah cahaya yang mengenai benda dengan permukaan kasar, bergelombang yang tidak mengkilap.



Gambar 2. 3 Pemantulan Teratur & Tidak Teratur
Sumber : Kompas.com

3. Cahaya dapat Dibiaskan

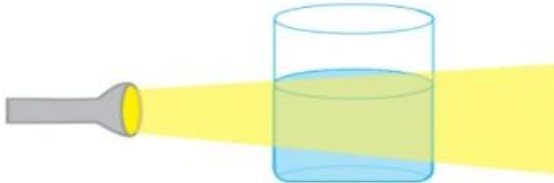
Cahaya dapat dibiaskan terjadi ketika cahaya melalui dua jenis medium yang berbeda. Contohnya seperti percobaan pada pensil yang dicelupkan ke dalam gelas yang berisikan air, maka pensil akan terlihat seperti patah.



Gambar 2. 4 Pembiasan Pensil
Sumber : utakatikotak.com

4. Cahaya dapat Menembus Benda Bening

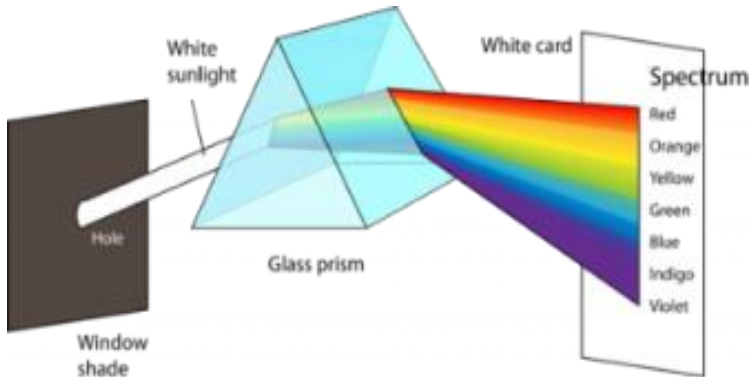
Ketika cahaya jatuh pada benda yang memiliki partikel tidak berwarna atau transparan. Hal ini terjadi karena benda bening atau transparan lebih mudah dan mampu meneruskan cahaya. Contohnya adalah ketika senter dinyalakan lalu diarahkan pada gelas transparan.



Gambar 2. 5 Cahaya Menembus Gelas
Sumber : berita.99.co

5. Cahaya dapat Diuraikan

Cahaya dapat diuraikan adalah penguraian cahaya putih (monokromatik) menjadi cahaya berwarna-warni (polikromatik). Contohnya terjadi pada fenomena terbentuknya pelangi.



Gambar 2. 6 Fenomena Pelangi
 Sumber : rofaeducationcentre

Sifat Warna

Berikut adalah penjelasan dari 3 sifat-sifat warna :

1. Hue

Hue adalah istilah yang digunakan dalam menunjukkan nama-nama warna agar lebih mudah dikenali. *Hue* digunakan sebagai pembeda tingkat warna berdasarkan gelombang cahaya.

2. Value



Gambar 2. 7 Value
 Sumber : mudanfivblog.blospot.com

Value merupakan istilah tentang gelap terangnya suatu warna. *Value* terdiri dari tiga tingkatan yaitu *low value*, *middle value*, dan *high value* merupakan tingkatan paling tinggi seperti biru terang.

3. *Intensity*



Gambar 2. 8 *Intensity*
Sumber : mudanfiveblog.blospot.com

Intensity atau *saturation* merupakan istilah yang menunjukkan intensitas warna *hue*. *Intensity* juga dapat disebut dengan *chroma* yaitu cerah atau buramnya warna, kekuatan dan kualitas warna.

2.2.5 Jenis Cahaya dan Warna

Jenis Cahaya

Cahaya terdiri dari dua jenis yaitu pencahayaan alami dan pencahayaan buatan. Penjelasan jenis-jenis pencahayaan sebagai berikut :

1. Pencahayaan Alami (*Natural Lighting*)

Pencahayaan alami berasal dari matahari (Rahmania dan Sugini, 2013). Cahaya matahari memancar kearah bumi dengan iluminasi mencapai lebih dari 100.000 lux jika langit dalam kondisi cerah dan 10.000 lux saat langit dalam kondisi berawan. Cahaya matahari ini berfungsi sebagai pencahayaan alternatif agar dapat meminimalisir penggunaan energi listrik. Pencahayaan alami ini bersifat tidak menentu bergantung pada iklim, musim dan cuaca karena berasal dari alam.

2. Pencahayaan Buatan (*Artificial Lighting*)

Pencahayaan buatan berasal dari buatan manusia berfungsi sebagai sumber cahaya utama untuk sehari-hari. Menurut Soegandhi, 2015 pencahayaan buatan dibagi menjadi 4, yaitu :

- *General Lighting* atau *ambient lighting* yaitu jenis pencahayaan yang menjadi pencahayaan utama.
- *Accent Lighting* yaitu jenis penerangan yang berfungsi sebagai estetika.
- *Task Lighting* yaitu penerangan yang digunakan sebagai membantu pekerjaan yang spesifik pada suatu ruang seperti lampu kerja.
- *Decorative Lighting* yaitu penerangan dengan bentuk tertentu yang menarik.

Jenis Warna

Jenis-jenis warna yang terdiri dari tiga jenis pengelompokan seperti dibawah ini :

1. Warna Primer

Warna primer dapat disebut juga dengan warna dasar atau pokok yang terdiri dari warna merah, warna kuning dan warna biru. Warna primer merupakan asal bagi warna lain dan dapat diturunkan atau menciptakan warna lainnya.

2. Warna Sekunder

Warna sekunder adalah perpaduan dua warna pokok dengan proporsi yang sama sehingga menghasilkan warna baru. Contohnya adalah warna kuning dan warna merah menghasilkan warna jingga atau oranye.

3. Warna Tersier

Warna tersier adalah perpaduan antara warna pokok dengan warna sekunder. Contohnya adalah warna kuning dan warna hijau menjadi warna kuning kehijauan.

2.2.6 Sumber Cahaya dan Warna

Sumber Cahaya

Sumber cahaya dibagi menjadi dua yaitu cahaya alami dan cahaya buatan. Cahaya alami bersumber dari alam seperti matahari, bulan, dan bintang. Sedangkan sumber cahaya buatan berasal dari manusia seperti lampu, lilin, dan lain sebagainya. Kedua sumber cahaya tersebut memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Cahaya alami memiliki kekurangan yaitu cahayanya tidak menentu dan kurang efektif karena bergantung pada cuaca, iklim dan musim. Sedangkan untuk kelebihannya adalah lebih sehat, menghemat energi, memperbaiki suasana hati dan lainnya. Cahaya buatan memiliki kelemahan boros energi dengan kelebihannya yaitu lebih efektif dan lebih fleksibel.

Sumber Warna

Warna berasal dari cahaya karena warna merupakan sifat cahaya yang dipancarkan. Menurut psikologis warna adalah pengalaman dari penglihatan mata. Cahaya memantulkan benda yang dikenai oleh cahaya itu sendiri sehingga memberikan kesan yang ditangkap oleh mata. Warna *additive* merupakan warna yang berasal dari cahaya dan disebut spektrum. Warna *subtractive* merupakan warna yang diperoleh dari pigmen atau bahan.

2.2.7 Pengaplikasian Cahaya dan Warna dalam Desain

Pada dunia desain peran pencahayaan merupakan elemen yang penting yaitu menciptakan keindahan, mempengaruhi *mood*, membentuk persepsi, dan memisahkan ruang. Pencahayaan alami diaplikasikan pada desain suatu ruang seperti jendela, ventilasi, *skylight*, dan pintu sehingga sinar matahari dapat masuk kedalam ruang. Sedangkan untuk

pencahayaan buatan biasanya diaplikasikan sebagai sumber penerangan utama yaitu lampu. Peran warna dalam dunia desain memiliki fungsi utama yaitu menarik perhatian audiens. Pada desain grafis warna merupakan aspek yang paling relatif dan dominan dalam kehidupan. Contohnya penggunaan warna-warna yang lembut dapat menghasilkan perasaan nyaman bagi seseorang yang melihatnya. Dalam seni rupa warna yang diterapkan dalam karya seni merupakan karakter yang menandai suatu identitas atau genre sebagai penanda keterangan waktu atau masa. Sedangkan pada desain interior pengaplikasian warna pada suatu ruang dapat membantu menciptakan suasana pada ruangan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

1. Abitdavy Athallah Muhammad, A. A. (2021). Penerapan Transformasi Ruang Warna Hue Saturation Intensity (HSI) untuk Mendeteksi Kematangan Buah Tomat. *SENAMIKA*, 75-81.
2. Dewi Ayu Nur Annisa, K. K. (2021). PENGARUH PEMILIHAN JENIS DAN WARNA PENCAHAYAAN PADA SUASANA RUANG SERTA KESAN PENGUNJUNG KAFE. *SINEKTIKA*, 78-84.
3. Fleta, A. (2021). ANALISIS PENCAHAYAAN ALAMI DAN BUATAN PADA RUANG KANTOR TERHADAP KENYAMANAN VISUAL PENGGUNA. *Jurnal PATRA*, 33-42.
4. Jusuf Thojib, M. S. (2013). KENYAMANAN VISUAL MELALUI PENCAHAYAAN ALAMI PADA KANTOR (STUDI KASUS GEDUNG DEKANAT FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG). *Jurnal RUAS*, 10-15.

5. Karja, I. W. (2021). Makna Warna. *Kampus Merdeka Seminar Nasional Republik* (pp. 110-116). Bali: Bali Sangga Dwipantara.
6. Lusiana Dewi, M. H. (2021). Spektrum Cahaya Sebagai Alternatif Media Pembelajaran Praktikum Fisika. *Jurnal Kajian Pendidikan Sains*, 141-146.
7. Luzar, L. C. (2011). EFEK WARNA DALAM DUNIA DESAIN DAN PERIKLANAN. *HUMANIORA*, 1084-1096.
8. Mohammad Abdu Azis, B. S. (2016). ANALISIS PENGARUH WARNA DAN UKURAN DINDING RUANGAN TERHADAP INTENSITAS PENCAHAYAAN. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 35-40.
9. Muhammad Nurcahyo Sasongko, M. S. (2020). ANALISIS KOMBINASI WARNA PADA ANTARMUKA WEBSITE PEMERINTAH KABUPATEN KLATEN. *JURNAL TEKNOLOGI TECHNOSCIENTIA*, 125-133.
10. Nurwidyaningrum, D. (2010). Karakteristik Pencahayaan. , pp. 5-24.
11. Paksi, D. N. (2021). Warna dalam Dunia Visual. *Imaji*, 90-97.
12. Prianto, Y. (2015). Pemahaman Konsep Sifat-Sifat Cahaya melalui Model Pembelajaran Student Faciliatorand Explaining (SFE) pada Siswa Kelas V di MI AL-Abror. *Jurnal TEKPEN*, 1-17.
13. R. D. Kusumanto, A. N. (2011). Klasifikasi Warna Menggunakan Pengolahan Model Warna HSV. *JURNAL ILMIAH ELITE ELEKTRO*, 83-87.
14. Rahma Nur Auliasari, L. N. (2020). Identifikasi Kematangan Daun Teh Berbasis Fitur Warna Hue

Saturation Intensity (HSI) dan Hue Saturation Value (HSV). *JUITA : Jurnal Informatika*, 217-223.

15. Valenti, M. P. (2022). Representasi Dispersi Cahaya sebagai Sumber Ide Penciptaan Seni Kriya Tekstil. *INVENSI : Jurnal Penciptaan dan Pengkajian Seni*, 73-85.



..BAB VII..

APLIKASI PEMROSESAN CITRA DALAM BIDANG MEDIS

Oleh: Nursuci Putri Husain

7.1 Pendahuluan

Pemrosesan citra merupakan salah satu teknik yang sangat berguna dan memiliki banyak potensi dalam bidang medis. Salah satu contoh penerapan yang paling umum dari pemrosesan citra dibidang medis adalah dalam proses diagnosis penyakit. Citra medis seperti radiografi, tomografi komputer (*CT Scan*), dan resonansi magnetic (MRI) dapat memberikan gambaran detail mengenai struktur dan kondisi organ dalam tubuh manusia. Namun, citra medis tersebut seringkali membutuhkan

analisis yang lebih mendalam untuk mendapatkan informasi yang lebih akurat.

Dalam hal ini, teknik pengolahan citra dapat digunakan pada bidang medis untuk meningkatkan kualitas citra, menghilangkan *noise*, dan juga mengidentifikasi fitur-fitur yang penting dalam citra medis. Sehingga, pemrosesan citra dapat digunakan untuk mendapatkan informasi yang lebih akurat, membantu diagnosis penyakit, dan juga membantu dalam proses perawatan pasien. Implementasi teknologi pemrosesan citra pada bidang medis juga menghadapi beberapa tantangan, seperti dataset yang tidak mudah di dapatkan, keamanan data dan keakuratan hasil pemrosesan citra medis.

7.2 Teknik Inti Pemrosesan Citra

Pemrosesan citra digital melibatkan beberapa langkah dasar pada pengaplikasiannya dalam bidang medis, seperti berikut: (Shaik Naseera, October 2017)

- Pengambilan Citra, langkah ini adalah langkah dasar yang melibatkan penangkapan citra melalui sensor dan berbagai modalitas citra yang direpresentasi dalam bentuk matriks.
- Peningkatan Kualitas Citra, langkah pendukung untuk mengkaji wilayah kecil dalam MRI dan USG di bidang medis dengan mengurangi noise serta meningkatkan representasi visual citra.
- Koreksi/Manipulasi Warna pada Citra, langkah ini dapat mengubah dan memperbaiki warna citra medis terutama dalam kondisi cahaya alami di dalam ruangan
- Deteksi Tepi, merupakan persiapan penting dalam segmentasi citra medis yang digunakan untuk

pengenalan organ-organ dalam tubuh manusia, misalnya, paru-paru dan tulang rusuk.

- *Smoothing* Citra, langkah ini digunakan untuk mengurangi *noise* pada citra medis.
- Restorasi Citra, digunakan untuk reklamasi citra medis seperti citra sinar-X, citra USG, dan citra CT *filter*.
- Konversi dan Konstruksi Citra 3D dari Citra 2D, representasi 3D menawarkan data yang lebih banyak dan akurat dibandingkan visualisasi 2D. Rekonstruksi 3D dari citra medis contohnya dalam menemukan lokasi tumor, perencanaan bedah, dan elektromagnetik otak.
- Pemberian Warna Buatan/Pseudo pada Citra: biasanya digunakan untuk meningkatkan dan memperbaiki visibilitas patah tulang atau penyakit lain yang tidak jelas terlihat oleh mata telanjang pada citra sinar-X.

7.3 Keuntungan Penerapan Pemrosesan Citra

Penerapan pemrosesan citra dalam bidang medis memiliki sejumlah keuntungan signifikan yang telah mengubah cara diagnosis, perawatan, dan pemahaman penyakit. Berikut adalah beberapa keuntungan utama dari penerapan pemrosesan citra dalam bidang medis:

- Deteksi dan Diagnosa Dini: Pemrosesan citra memungkinkan deteksi dan diagnosa dini penyakit atau kondisi medis. Dengan teknologi ini, citra medis seperti sinar-X, CT *scan*, MRI, dan USG dapat dianalisis lebih cepat dan akurat, sehingga memungkinkan deteksi dini masalah kesehatan yang mendasari sebelum mereka berkembang menjadi lebih serius.
- Visualisasi yang Lebih Baik: Pemrosesan citra meningkatkan visualisasi citra medis. Informasi medis

yang penting dapat ditingkatkan, dan detail yang lebih kecil bisa terlihat dengan jelas. Ini membantu para profesional medis untuk lebih baik memahami anatomi dan kondisi pasien, membantu mereka dalam perencanaan perawatan yang tepat.

- **Pengurangan Dosis Radiasi:** Dalam beberapa teknologi medis, seperti *CT scan*, penggunaan pemrosesan citra dapat mengurangi dosis radiasi yang diterima pasien. Dengan cara ini, risiko paparan radiasi berlebih dapat diminimalkan, sementara kualitas citra tetap optimal.
- **Pengawasan Perkembangan Penyakit:** Dengan memproses dan membandingkan citra medis dari waktu ke waktu, dokter dapat memantau perkembangan penyakit, pengaruh dari perawatan, dan respons tubuh terhadap terapi. Hal ini memungkinkan pengaturan yang lebih baik dari perawatan dan strategi penanganan penyakit.
- **Navigasi Bedah:** Pemrosesan citra dapat membantu dalam perencanaan dan navigasi prosedur bedah. Sebelum operasi, dokter dapat memanfaatkan teknologi pemrosesan citra untuk memvisualisasikan struktur internal yang akan dioperasi, memungkinkan mereka untuk merencanakan rute dan pendekatan yang optimal.
- **Pengembangan Penelitian Medis:** Dengan teknologi pemrosesan citra, penelitian medis dan ilmu kedokteran dapat ditingkatkan. Data medis dapat dianalisis secara lebih komprehensif, membantu peneliti dalam mengidentifikasi tren, pola, dan informasi medis baru yang berharga.

- **Aksesibilitas Data Medis:** Pemrosesan citra memungkinkan penyimpanan dan aksesibilitas data medis dalam bentuk digital. Ini memungkinkan berbagi informasi medis secara lebih mudah dan cepat antara berbagai profesional kesehatan, meningkatkan kolaborasi dalam penanganan pasien.
- **Efisiensi dalam Diagnosis:** Dengan bantuan pemrosesan citra, proses diagnosis dan interpretasi citra medis dapat dipercepat. Dokter dapat dengan mudah mengakses, memanipulasi, dan menganalisis data medis, sehingga mempercepat waktu yang dibutuhkan untuk menentukan diagnosis dan mulai perawatan.

Penerapan pemrosesan citra dalam aplikasi medis terbukti sangat menguntungkan bagi para profesional kesehatan dan pasien, meningkatkan akurasi, efisiensi, dan perawatan medis secara keseluruhan.

7.4 Aplikasi Pemrosesan Citra Dalam Bidang Medis

Saat ini, aplikasi pemrosesan citra dalam dunia medis berkembang sangat pesat. Contoh aplikasi pemrosesan citra dalam dunia medis adalah identifikasi penyakit hati, identifikasi penyakit tulang, segmentasi tulang dan otot, identifikasi penyakit paru-paru, analisis citra mikroskopis, dan masih banyak lagi. Berikut beberapa penerapan dan penelitian pemrosesan citra dalam bidang medis.

- a) **Klasifikasi dan Prediksi Kanker Paru-paru Menggunakan *Machine Learning* dan Pemrosesan Citra** (Sharmila Nageswaran, 2022)

Kanker paru-paru merupakan penyakit yang berpotensi fatal. Deteksi kanker masih menjadi tantangan bagi para

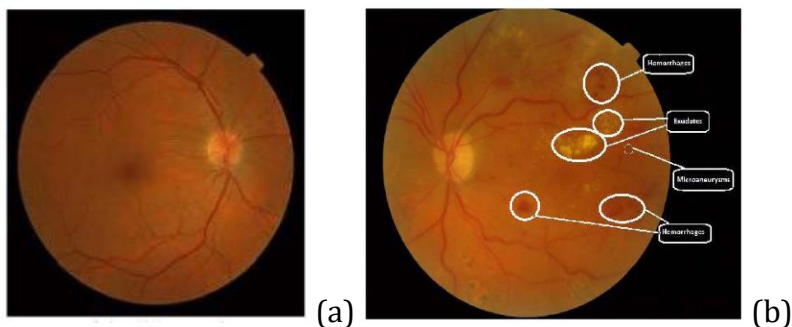
profesional medis. Kanker yang terdeteksi pada tahap awal dapat diobati. Metode pemrosesan citra seperti pengurangan *noise*, ekstraksi fitur, identifikasi daerah yang terkena dampak kanker, dan perbandingan dengan data riwayat medis kanker paru-paru digunakan untuk menemukan bagian paru-paru yang terdampak kanker. Penelitian ini menunjukkan klasifikasi dan prediksi kanker paru-paru yang akurat menggunakan teknologi yang didukung oleh *machine learning* dan pemrosesan citra.



Gambar 7. 1 Citra CT Scan Kanker Paru-paru
Sumber: (Sharmila Nageswaran, 2022)

Dalam penelitian ini, 83 *CT scan* dari 70 pasien berbeda digunakan sebagai *dataset*. *Filter* geometrik *mean* digunakan selama pra-pemrosesan citra. Sehingga, kualitas citra meningkat. Teknik *K-means* digunakan untuk membagi citra menjadi beberapa segmen. Untuk klasifikasi, digunakan beberapa metode yakni *Artificial Neural Network*, *K- Nearest Neighbor*, dan *Random Forest*. Ditemukan bahwa model ANN menghasilkan hasil yang lebih akurat untuk memprediksi kanker paru-paru.

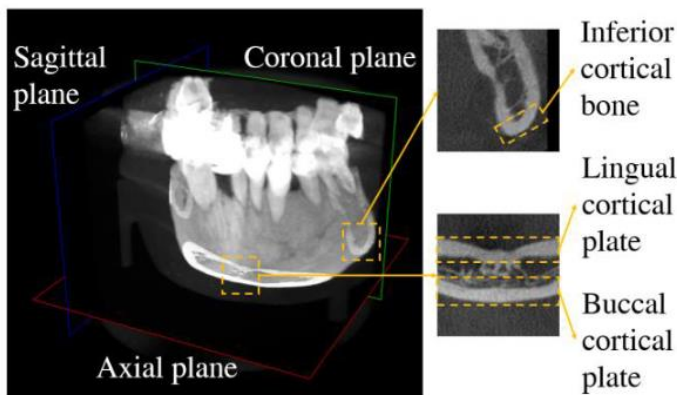
- b) Klasifikasi Citra Retinopati Diabetik dan Retina Normal menggunakan CNN dan SVM (Dinial Utami Nurul Qomariah, 2019)



Gambar 7. 2 (a) Retina Normal (b) Retinopati Diabetik
Sumber: (Dinial Utami Nurul Qomariah, 2019)

Retinopati diabetik merupakan penyakit yang disebabkan oleh diabetes kronis dan dapat menyebabkan kebutaan. Oleh karena itu, deteksi dini retinopati diabetik sangat penting untuk mencegah tingkat keparahan yang meningkat. Sebuah sistem otomatis diusulkan pada penelitian ini, sehingga dapat membantu mendeteksi retinopati diabetik dengan cepat untuk menentukan perawatan tindak lanjut guna menghindari kerusakan lebih lanjut pada retina. Penelitian ini mengusulkan metode *deep learning* untuk mengekstrak fitur pada citra dan metode klasifikasi yang digunakan adalah *support vector machine*. Metode yang diusulkan diuji menggunakan 77 citra retina dari database Messidor base 12 dan 70 citra retina dari database Messidor base 13. Dari hasil percobaan, nilai akurasi tertinggi adalah 95.83% base 12 dan 95.24% untuk base 13.

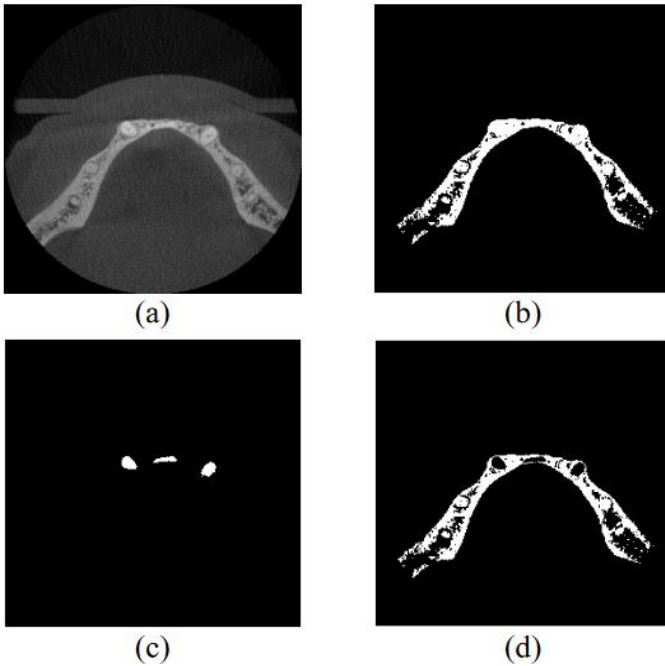
- c) Segmentasi Otomatis Tulang Kortikal Mandibula pada Citra Cone-Beam CT Berbasis Histogram *Threshold* dan Pemodelan Polinomial. (Rarasmaya Indraswari, 2019)



Gambar 7. 3 Citra CBCT

Sumber: (Rarasmaya Indraswari, 2019)

Segmentasi otomatis tulang kortikal mandibula adalah sebuah tantangan karena penampilan gigi yang memiliki intensitas yang mirip dengan jaringan tulang serta adanya variasi intensitas pada tulang yang beragam. Dalam penelitian ini, peneliti mengusulkan sebuah metode baru untuk segmentasi otomatis tulang kortikal mandibula pada citra Cone-beam computed tomography (CBCT). Jaringan tulang disegmentasi menggunakan model Gaussian untuk *thresholding* histogram. Tulang kortikal inferior mandibula diperoleh dengan menggabungkan beberapa model polinomial untuk mencocokkan struktur tulang kortikal pada potongan coronal.



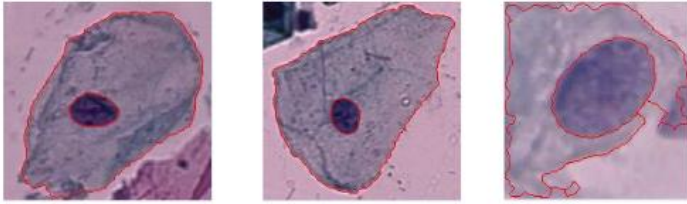
Gambar 7. 4 Proses segmentasi tulang: (a) potongan aksial input, (b) tulang dan gigi yang tersegmentasi, (c) gigi yang tersegmentasi, dan (d) jaringan tulang yang diperoleh.
 Sumber: (Rarasmaya Indraswari, 2019)

Lempeng kortikal bukal dan linguinal dipisahkan menggunakan *thresholding* histogram untuk menghilangkan gigi sedangkan *fitting* polinomial untuk ekstraksi bentuk. Setelah melakukan rekonstruksi 3D, volume tulang kortikal diperoleh. Metode yang diusulkan memberikan nilai akurasi rata-rata, sensitivitas, dan spesifisitas sebesar 96.82%, 85.96%, 97.60%. Hal ini menunjukkan bahwa metode yang digunakan dapat diterapkan untuk segmentasi otomatis secara akurat pada tulang kortikal mandibula pada citra CBCT.

d) Segmentasi Citra Sel Tunggal *Smear* Serviks Menggunakan *Radiating Component Normalized Generalized GVFS* (Nursuci Putri Husain, 2017)

Penelitian ini menyajikan sebuah metode baru untuk segmentasi citra sel tunggal smear serviks dengan menggunakan *Radiating Component Normalized Generalized Gradient Vector Flow Snake* (RCNGGVFS). Metode RCNGGVFS ini memanfaatkan perhitungan REM (*Radiating Edge Map*) untuk mencari *edge map* pada metode CNGGVFS. CNGGVFS sendiri digunakan sebagai fungsi energi eksternal pada algoritma *snake* dengan melakukan normalisasi komponen dari vektor inisialisasi GGVFS.

Penelitian ini terdiri dari tiga tahap utama, yaitu pra proses, segmentasi awal, dan segmentasi kontur. Pada tahap pra proses, citra smear serviks dikonversi ke dalam ruang warna CIELAB dan dilakukan normalisasi *range* pada kanal L untuk mendapatkan citra keabuan. Tahap segmentasi awal menggunakan metode *Fuzzy C-Means Non Local Spatial* (FCM_NLS) untuk mendapatkan tekstur dari citra sel tunggal seperti nukleus, sitoplasma, dan background. Selanjutnya, tahap segmentasi kontur menggunakan metode RCNGGVFS sebagai fungsi pengganti energi eksternal snake yang bertujuan untuk mendapatkan kontur nukleus dan sitoplasma pada citra sel tunggal smear serviks.




Gambar 7. 5 Hasil Segmentasi menggunakan metode RCNNGVFS dengan segmentasi awal FCM_NLS
Sumber: (Nursuci Putri Husain, 2017)

Pada uji coba menggunakan data set Herlev, metode ini menghasilkan nilai rata-rata akurasi dan *Zijdenbos similarity index (ZSI)* sebesar 95,34% dan 88,06% untuk segmentasi nukleus, serta 83,48% dan 87,16% untuk segmentasi sitoplasma. Dari hasil evaluasi tersebut, dapat disimpulkan bahwa metode ini dapat digunakan sebagai proses segmentasi citra smear serviks untuk mendeteksi kanker serviks secara otomatis.

DAFTAR PUSTAKA

1. Dinial Utami Nurul Qomariah, H. T. C. F., 2019. Classification of Diabetic Retinopathy and Normal Retinal Images using CNN and SVM. *12th International Conference on Information & Communication Technology and System (ICTS)*, Volume 978-1-7281-2133-8/19/\$31.00 ©2019 IEEE, pp. 152-157.
2. Nursuci Putri Husain, C. F., 2017. Segmentasi Citra Sel Tunggal Smear Serviks Menggunakan Radiating Component Normalized Generalized GVFS. *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, 6(1), pp. 107-114.
3. Rarasmaya Indraswari, A. Z. A. N. S. E. R. A. T. K., 2019. Automatic Segmentation of Mandibular Cortical Bone on Cone-Beam CT Images. *International Journal of Intelligent Engineering and System*, 12(4), pp. 130-141.
4. Shaik Naseera, G. R. B. V. J. P. P., October 2017. A Review on Image Processing Applications in Medical Field. *Research J. Pharm. and Tech.*, 10(10), pp. 3556-3560..
5. Sharmila Nageswaran, G. A. A. K. B. S. M. J. N. V. R. S. K. M. J. E., 2022. Lung Cancer Classification and Prediction Using Machine Learning and Image Processing. *Biomed Research International*, Volume 2022, (Article ID 1755460,), pp. 1-8.



..BAB VIII..

Aplikasi Pemrosesan Citra dalam Bidang Bisnis

Oleh: Guson Prasamuerso Kuntarto

8.1 Pendahuluan

Convolutional Neural Network (CNNs) merupakan salah satu aplikasi kecerdasan buatan yang fokus pada penggunaan jenis jaringan saraf tiruan yang dirancang khusus untuk memproses data yang memiliki struktur seperti kisi, seperti gambar. CNN terdiri dari serangkaian lapisan, yang masing-masing melakukan fungsi tertentu. Beberapa lapisan pertama CNN biasanya melakukan

konvolusi, yang merupakan jenis operasi matematika yang membantu mengidentifikasi pola dalam data. Lapisan selanjutnya dari CNN biasanya melakukan operasi penyatuan, yang membantu mengurangi ukuran data dan meningkatkan kinerja generalisasinya. Lapisan terakhir dari CNN biasanya adalah lapisan yang terhubung penuh, yang melakukan tugas klasifikasi atau regresi pada data.

CNN telah terbukti sangat efektif untuk berbagai tugas pemrosesan gambar, termasuk: 1) Klasifikasi gambar: CNN dapat digunakan untuk mengklasifikasikan gambar ke dalam kategori yang berbeda, seperti binatang, barang ataupun kendaraan. 2) Deteksi objek: CNN dapat digunakan untuk mendeteksi objek dalam gambar, seperti wajah, mobil, dan pejalan kaki. 3) Segmentasi gambar: CNN dapat digunakan untuk membagi gambar menjadi bagian yang berbeda, seperti latar depan dan latar belakang. 4) Pemulihan gambar: CNN dapat digunakan untuk memulihkan gambar yang rusak atau rusak (LeCun, 2015). Dibalik kemampuan pemrosesan citra, konvolusi menjadi operasi yang sangat penting. Konvolusi adalah jenis operasi matematika yang membantu mengidentifikasi pola dalam data. Dalam konteks CNN, konvolusi digunakan untuk mengidentifikasi pola dalam gambar. Operasi konvolusi mengambil gambar masukan dan filter, dan menghasilkan gambar keluaran. Filter adalah matriks bobot kecil yang digunakan untuk memindai gambar masukan. Filter dipindahkan ke gambar input, dan di setiap lokasi, filter dikalikan dengan piksel yang sesuai pada gambar input. Hasil perkalian tersebut kemudian dijumlahkan menjadi satu piksel keluaran pada citra keluaran.

Selanjutnya, operasi *pooling* digunakan untuk mengurangi ukuran data dan untuk meningkatkan kinerja generalisasinya. Dalam konteks CNN, operasi penyatuan biasanya digunakan untuk mengurangi ukuran gambar keluaran dari operasi konvolusi. Secara umum, terdapat dua jenis mekanisme operasi *pooling* yang umum, yaitu *average pooling* dan *max pooling*. *Average pooling* mengambil nilai rata-rata dari jendela kecil piksel pada gambar *output*. Sedangkan *Max pooling* mengambil nilai maksimum dari jendela kecil piksel pada gambar *output*.

Pada akhirnya, lapisan yang terhubung sepenuhnya adalah jenis lapisan yang sama yang digunakan dalam jaringan saraf tradisional. Lapisan yang terhubung sepenuhnya mengambil output dari lapisan penyatuan dan melakukan tugas klasifikasi atau regresi pada data. Dengan lapisan ini, membuat CNN mampu mengidentifikasi pola pada gambar yang sulit dilihat manusia. Ini membuatnya ideal untuk tugas-tugas seperti klasifikasi gambar, deteksi objek, dan segmentasi gambar. CNN juga dapat belajar dari kumpulan data gambar yang besar, yang membuatnya sangat kuat untuk tugas-tugas yang membutuhkan banyak data pelatihan (*supervised learning*).

8.2 Aplikasi CNN pada Bidang Bisnis

Tidak dapat dihindari bahwa aktivitas bisnis telah bertransformasi dan mengandalkan platform teknologi khususnya internet sehingga kegiatan bisnis dapat diaplikasikan kapan saja dan dimana saja. Salah satu area bisnis yang terdampak adalah bidang perdagangan (*commerce*) yang telah bermetamorfosis menjadi *e-commerce*. Aplikasi CNN dalam *e-commerce* secara umum diterapkan dalam berbagai bidang bisnis, antara lain:

8.2.1 Model CNN yang digunakan untuk Klasifikasi Gambar Produk

Klasifikasi gambar produk: CNN dapat digunakan untuk mengklasifikasikan gambar produk ke dalam berbagai kategori, seperti pakaian, elektronik, dan peralatan rumah tangga. Ini dapat membantu bisnis e-niaga untuk mengatur produk mereka dengan lebih efektif dan merekomendasikan produk kepada pelanggan yang mungkin menarik bagi mereka.

Secara umum, terdapat dua jenis model CNN yang biasa digunakan untuk klasifikasi citra pada e-commerce yaitu VGGNet dan ResNet.

Pertama, VGGNet adalah jaringan saraf convolutional yang pertama kali diperkenalkan pada tahun 2014. Ini adalah model yang relatif sederhana, tetapi sangat efektif untuk klasifikasi citra. VGGNet menggunakan serangkaian lapisan konvolusional dan lapisan penyatuan untuk mengekstraksi fitur dari gambar. Lapisan terakhir dari jaringan adalah lapisan yang terhubung sepenuhnya yang mengklasifikasikan gambar ke dalam salah satu kelas target. Secara arsitektur, VGGNet menerapkan CNN 19-lapisan yang terdiri dari serangkaian lapisan konvolusional dan lapisan penyatuan. Lapisan konvolusional mengekstraksi fitur dari gambar, dan lapisan penyatuan mengurangi ukuran peta fitur. Lapisan terakhir dari jaringan adalah lapisan yang terhubung sepenuhnya yang mengklasifikasikan gambar ke dalam salah satu kelas target (Chen L., 2021).

Model VGGNet memiliki beberapa keunggulan yaitu model yang relatif sederhana, yang membuatnya mudah dipahami dan diimplementasikan. Ini juga sangat efektif untuk klasifikasi citra, dan telah terbukti mencapai hasil yang

canggih pada sejumlah tolok ukur klasifikasi citra. Namun, model ini memiliki kekurangan yaitu model VGGNet adalah model klasifikasi gambar yang relatif lambat, dan membutuhkan banyak sumber daya komputasi untuk melatihnya. Ini juga tidak seefektif beberapa model CNN yang lebih baru untuk klasifikasi gambar pada kumpulan data besar.

Tabel 8.1 Komparasi model CNN: VGGNet dan ResNet dalam klasifikasi Citra

Fitur	VGGNet	ResNet
Arsitektur	CNN 19 lapis	CNN 34/ 50/101/152 lapis
Sisa Pembelajaran	Tidak	Ya
Akurasi Klasifikasi Gambar	Tercanggih di beberapa tolok ukur	Tercanggih di sebagian besar tolok ukur
Kecepatan	Lambat	Cepat
Sumber Daya Komputasi	Membutuhkan banyak sumber daya	Membutuhkan lebih sedikit sumber daya
Kompleksitas	Relatif sederhana	Lebih kompleks
Dapat Dimengerti	Mudah dipahami	Lebih sulit dipahami

Kedua, ResNet adalah jaringan saraf convolutional yang diperkenalkan pada tahun 2015. Ini adalah model yang lebih kompleks daripada VGGNet, tetapi juga lebih efektif. ResNet menggunakan teknik yang disebut pembelajaran residual untuk mengatasi masalah hilangnya gradien. Teknik ini memungkinkan ResNet melatih jaringan yang lebih dalam

daripada VGGNet tanpa menemui masalah *overfitting*. ResNet menggunakan CNN 34 lapis yang menggunakan teknik yang disebut pembelajaran residual untuk mengatasi masalah hilangnya gradien sebagai pondasi arsitektur model. Pembelajaran residual memungkinkan ResNet untuk melatih jaringan yang lebih dalam daripada VGGNet tanpa menemui masalah *overfitting* (Chen L., 2021).

Model ResNet memiliki beberapa keunggulan yaitu model ini lebih efektif daripada VGGNet untuk klasifikasi citra pada kumpulan data besar. Ini juga lebih cepat dan lebih efisien daripada VGGNet, dan membutuhkan lebih sedikit sumber daya komputasi untuk berlatih. Namun, model ini memiliki beberapa keterbatasan yaitu ResNet adalah model yang lebih kompleks daripada VGGNet, yang membuatnya lebih sulit untuk dipahami dan diimplementasikan. Ini juga tidak seefektif beberapa model CNN yang lebih baru untuk klasifikasi gambar pada kumpulan data kecil.

Pada tahun 2020, Li et al berhasil melakukan penelitian untuk membandingkan beberapa model CNN untuk memprediksi citra pada platform e-commerce. Studi yang dilakukan menggunakan metadata Produk Fashion styles.csv yang memiliki 44.424 gambar beserta deskripsi dan atribut produk yang disediakan dalam format jpg dengan masing-masing gambar berukuran 80 x 60 piksel dalam 3 kanal warna. Setiap gambar produk seperti yang diidentifikasi olehnya id numerik dapat dipetakan ke metadata yang disimpan dalam text-delimiter file. Dataset akhir memiliki atribut berlabel penuh seperti Gender, Kategori Master, Sub Kategori, Jenis Artikel, Musim dll. Selain itu digunakan pula tiga skema untuk klasifikasi produk yaitu gabungan Gender dan kategori Master, Sub Kategori dan Jenis Artikel.

Klasifikasi citra dilakukan dengan menggunakan transfer learning untuk membangun model yang mengimplementasikan arsitektur yang mendasarinya model pra-terlatih, yaitu VGG-19 dan ResNet50. Model pembelajaran mesin juga bisa sangat berguna dalam meningkatkan pengalaman penjual dalam mendaftarkan produk mereka di platform. Penjual dapat mengunggah foto produk mereka dan algoritma pembelajaran mesin gambar-ke-teks otomatis bisa menghasilkan tag yang sesuai untuk melabelinya. Hal ini dapat mengurangi ketidaktepatan dalam pelabelan produk yang sering mempengaruhi permintaan secara negatif karena produk tidak diberikan secara benar dalam hasil pencarian. Untuk mengatasi hal ini, model CNN perlu digabungkan dengan teknik NLP seperti Word2vec to memprediksi informasi teks dari data gambar (Fengzi Li, 2020).

8.2.2 Model CNN untuk Rekomendasi Produk

CNN dapat digunakan untuk merekomendasikan produk kepada pelanggan berdasarkan pembelian sebelumnya, riwayat penelusuran, dan faktor lainnya. Ini dapat membantu bisnis *e-commerce* untuk meningkatkan penjualan dan memberikan pengalaman belanja yang lebih personal bagi pelanggan mereka. Beberapa penelitian telah berhasil mengembangkan model CNN yang dapat digunakan untuk rekomendasi gambar pada aplikasi *e-commerce*, selain DenseNet dan MobileNetV2.

Pertama, DenseNet yang dikembangkan pada tahun 2016 oleh Gao Huang, Zhuang Liu, Laurens van der Maaten, dan Kilian Weinberger menerapkan arsitektur konektivitas padat (*dense connectivity*). Model yang sangat kuat yang dapat digunakan untuk berbagai tugas, termasuk klasifikasi gambar

dan rekomendasi gambar. DenseNet menggunakan teknik yang disebut konektivitas padat untuk menghubungkan setiap lapisan ke setiap lapisan lain dalam jaringan. Teknik ini memungkinkan DenseNet mempelajari fitur yang lebih kompleks dari gambar dibandingkan model CNN lainnya.

Tabel 8.2 Komparasi model CNN: DenseNet dan MobileNetV2 dalam klasifikasi Citra

Fitur	DenseNet	MobileNetV2
Arsitektur	Konektivitas padat	Konvolusi mendalam yang dapat dipisahkan
Akurasi Rekomendasi Gambar	Canggih dalam berbagai tugas	Canggih dalam sejumlah tolok ukur
Kecepatan	Relatif cepat	Sangat efisien
Sumber Daya Komputasi	Lebih kompleks	Relatif mudah dipahami dan diterapkan
Kompleksitas	Lebih kompleks	Relatif mudah dipahami dan diterapkan
Dapat Dimengerti	Lebih sulit dipahami	Relatif mudah dipahami

Model ini memiliki keunggulan dalam hal sangat handal untuk mencapai hasil tercanggih pada berbagai tugas klasifikasi gambar dan rekomendasi gambar. Ini juga relatif cepat dan efisien, dan membutuhkan lebih sedikit sumber daya komputasi untuk melatih daripada beberapa model CNN lainnya. Disisi lain, model DenseNet adalah model yang lebih kompleks daripada beberapa model CNN lainnya, yang membuatnya lebih sulit untuk dipahami dan diimplementasikan. Ini juga tidak seefektif beberapa model CNN yang lebih

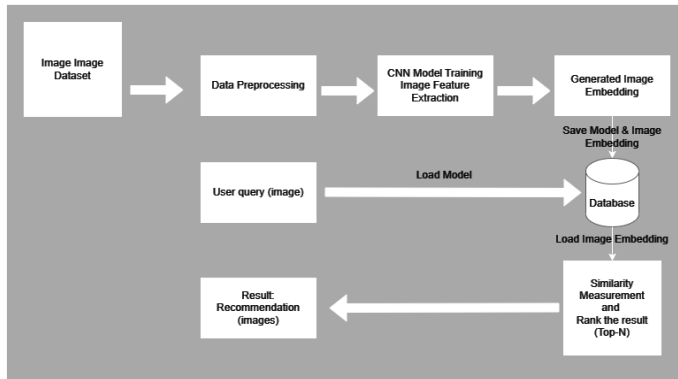
baru untuk klasifikasi gambar pada kumpulan data kecil (Huang G., 2017).

Kedua, MobileNetV2 merupakan model CNN yang diperkenalkan pada tahun 2018. Ini adalah model CNN ringan yang dirancang untuk perangkat seluler. Model ini menggunakan teknik yang disebut konvolusi yang dapat dipisahkan secara mendalam untuk mengurangi kompleksitas komputasi jaringan. Ini menjadikan MobileNetV2 pilihan yang baik untuk rekomendasi gambar pada perangkat seluler, di mana sumber daya komputasi terbatas.

Salah satu keunggulan dari model MobileNetV2 adalah model CNN ringan yang sangat efisien dan dapat digunakan di perangkat seluler. Ini juga sangat efektif untuk rekomendasi gambar, dan telah terbukti mencapai hasil yang canggih pada sejumlah tolok ukur rekomendasi gambar. Namun, model ini juga memiliki keterbatasan yaitu MobileNetV2 tidak sekuat beberapa model CNN lainnya, dan mungkin tidak seefektif klasifikasi gambar pada kumpulan data besar (Sandler M., 2018).

Pada tahun 2021, Addagarla et al. telah berhasil membuat rekomendasi kesamaan visual yang berperan besar dalam portal E-commerce bernama e-SimNet. Fungsi utamanya adalah untuk mengambil produk serupa yang sesuai dan menyarankan kepada pembeli berdasarkan fitur visual gambar produk yang kompleks. Selama implementasi, beberapa model CNN diterapkan pada sistem utama seperti ResNet, VGG, EfficientNet dan DenseNet. Hasil penelitian menunjukkan bahwa akurasi arsitektur 96,2% dan tingkat kesalahan 0,0378%. Gambar 8.1 menunjukkan arsitektur sistem rekomendasi yang menggunakan beberapa model CNN guna membuat model pendeteksi gambar yang di-query

oleh pengguna. Lalu hasilnya akan dicocokkan dengan model yang telah dihasilkan oleh CNN dan tersimpan di dalam database. Sistem selanjutnya menghitung angka kemiripan dan mengurutkan berdasarkan prioritas yang telah ditetapkan. Hasil rekomendasi sistem berupa beberapa pilihan produk ditampilkan kepada pengguna yang mirip dengan citra yang telah dimasukkan ke dalam sistem.



Gambar 8. 1 Arsitektur Sistem Rekomendasi yang menerapkan CNN sebagai bagian terpenting dalam pemrosesan citra (Addagarla, 2021)

8.3 Tantangan Implementasi CNN pada bidang Bisnis di masa mendatang

Algoritma CNN jelas memiliki pendekatan yang baik untuk menemukan rekomendasi serta kemampuan untuk menghasilkan ulasan produk di dalam e-commerce, tetapi salah satu keterbatasannya adalah semakin jarang data yang masuk ke sistem, sistem menjadi kurang akurat. Tantangan utama untuk sistem pemberi rekomendasi serta sistem yang memanfaatkan CNN sebagai mesin utama pemrosesan citra adalah 1) Akurasi. Memberikan rekomendasi yang akurat adalah salah satu masalah utama yang dihadapi sistem rekomendasi. Kualitas data dan pendekatan yang digunakan akan menentukan keakuratannya dari sistem tertentu. 2)

Skalabilitas. Pesatnya pertumbuhan data dalam aplikasi *e-commerce* menyulitkan sistem rekomendasi tradisional untuk menghasilkan rekomendasi, karena algoritme ML tradisional memiliki hubungan linear dengan sejumlah produk dan pengguna. 3) Privasi. Privasi data adalah masalah utama dalam sistem rekomendasi apa pun, karena sebagian besar pengguna khawatir saat membagikan data mereka untuk alasan keamanan dan privasi. Namun, semakin banyak data yang dimasukkan ke dalam sistem rekomendasi, semakin baik rekomendasinya. Teknik pemfilteran kolaboratif lebih populer karena masalah privasi, karena cenderung menyimpan data sensitif pengguna, seperti peringkat dan ulasan, di *repository* pusat. Oleh karena itu, setiap kebocoran dengan *repository* ini mengakibatkan masalah privasi. 4) *Cold-start problem*. Masalah ini memengaruhi rekomendasi item baru di majalah atau memberi anotasi pada profil pengguna baru. Pemberi rekomendasi biasanya bergantung pada data yang ada seperti rating produk atau preferensi pengguna. Data yang baru diperkenalkan adalah *fresh* dan direkomendasikan berdasarkan itu, yang menghasilkan hasil yang tidak akurat (Al mahmood, 2022).

Terlepas dari tantangan ini, CNN berpotensi menjadi alat yang ampuh untuk bisnis *e-commerce*. CNN dapat digunakan untuk meningkatkan berbagai aktivitas bisnis, termasuk rekomendasi produk dan pencarian gambar.

DAFTAR PUSTAKA

1. Addagarla, Ssvr & Amalanathan, Anthoniraj. (2021). *e-SimNet: A visual similar product recommender system for E-commerce*. Indonesian Journal of Electrical

- Engineering and Computer Science. 22. 563. 10.11591/ijeecs.v22.i1.pp563-570.
2. Al mahmood, Rand & Tekerek, Adem. (2022). Issues and Solutions in Deep Learning-Enabled Recommendation Systems within the E-Commerce Field. *Applied Sciences*. 12. 11256. 10.3390/app122111256.
 3. Chen, L., Li, S., Bai, Q., Yang, J., Jiang, S., & Miao, Y. (2021). Review of Image Classification Algorithms Based on Convolutional Neural Networks. *Remote Sensing*, 13(22), 4712. MDPI AG. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3390/rs13224712>
 4. Fengzi, Li and Kant, Shashi and Araki, Shunichi and Bangera, Sumer and Shukla, Swapna Samir. (2020). Neural Networks for Fashion Image Classification and Visual Search. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3602664> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3602664>
 5. Huang, G., Liu, Z., Maaten, L. van der, & Weinberger, K. Q. (2017). *Densely Connected Convolutional Networks*. 2017 *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. doi:10.1109/cvpr.2017.243
 6. LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). *Deep learning*. *Nature*, 521(7553), 436–444. doi:10.1038/nature14539
 7. Sandler, M., Howard, A., Zhu, M., Zhmoginov, A., & Chen, L.-C. (2018). *MobileNetV2: Inverted Residuals and Linear Bottlenecks*. 2018 *IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. doi:10.1109/cvpr.2018.00474

●●Biodata Penulis●●



Irwan Prasetya Gunawan, Ph.D

Dosen Program Studi Informatika

Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Bakrie

Irwan Prasetya Gunawan menerima gelar sarjana di bidang teknik elektro dari Institut Teknologi Telkom (sebelumnya Sekolah Tinggi Teknologi Telkom), Bandung, Indonesia pada tahun 1996, gelar master di bidang teknik telekomunikasi dari RMIT (Royal Melbourne Institute of Technology) University, Melbourne, Australia, pada tahun 1998, dan gelar Ph.D. di bidang teknik sistem elektronik dari University of Essex, Colchester, Inggris, pada tahun 2006. Dia adalah Peneliti Pascadoktoral di Departemen Ilmu Komputer, Universitas Glasgow, Inggris, pada tahun 2006-2008 untuk mengerjakan proyek IP-RACINE, sebuah Proyek penelitian yang didanai Komisi Eropa tentang sinema digital. Minat

penelitian utamanya adalah penilaian kualitas gambar/video terkompresi secara digital, berbagai aplikasi pemrosesan gambar/video digital, dan analisis multiresolusi. Minat penelitian lainnya termasuk kriptografi, keamanan komputer, dan jaringan. Dr. Gunawan adalah salah satu penerima penghargaan makalah terbaik di APCC (Konferensi Asia Pasifik tentang Komunikasi) 2002 untuk makalahnya tentang penilaian kualitas gambar. Ia adalah penerima beasiswa yang didanai bersama oleh British Council Indonesia, Cable and Wireless Indonesia, dan Cable and Wireless College, Inggris, untuk menghabiskan tahun terakhir pendidikan sarjananya di Cable and Wireless College, Coventry, Inggris (1995–1996). Dia dianugerahi beasiswa penelitian pascasarjana oleh University of Essex melalui hibah penelitian dari British Telecom Group CTO, Inggris, antara 2002–2005, untuk gelar Ph.D. Dia memegang sertifikasi Cisco Certified Network Associate (CCNA) dan Cisco Certified Design Associate (CCDA) yang diperoleh pada tahun 2001. Sebagai dosen, ia pernah mengajar secara paruh waktu di Stikom Surabaya, Sampurna University Jakarta, dan Telkom University di Bandung. Sementara itu statusnya sebagai dosen tetap waktu penuh pernah dilakukannya di Universitas Multimedia Nusantara sebelum akhirnya ia bergabung dengan Universitas Bakrie, tempat ia bekerja hingga saat ini. Di sini, ia tercatat sebagai salah satu staf akademis di Program Studi Informatika, tempat ia juga pernah ditunjuk sebagai kepala program studi selama kurang lebih tiga tahun.



Ahmad Nur Sheha Gunawan, S.T., M.T.

Dosen Program Studi Desain Interior,
Fakultas Industri Kreatif,
Universitas Telkom

Penulis lahir di Semarang, tanggal 28 Juni 1981, Penulis adalah dosen pada Program Studi Desain Interior, Fakultas Industri Kreatif, Universitas Telkom. Menyelesaikan pendidikan S1 Teknik Arsitektur di Universitas Gajah Mada pada tahun 2008, melanjutkan S2 Arsitektur di Sekolah Arsitektur, Perencanaan dan Pengembangan Kebijakan Institut Teknologi Bandung pada tahun 2010 dan kemudian melanjutkan S3 di Program Studi Reka Bentuk Produk, *School of The Arts*, Universiti Sains Malaysia sedang berjalan.

Penulis menekuni Pengajaran, Penelitian dan Pengabdian Masyarakat terkait pada bidang Desain Arsitektur dan Desain Interior focus pada materi Teknologi Bangunan yang meliputi Sistem Struktur, Konstruksi dan Material, Desain Pencahayaan, Penghawaan dan Utilitas.

Selain menjadi pendidik, penulis juga aktif berpraktek professional dan bergabung dalam asosiasi profesi Ikatan Arsitek Indonesia (IAI) Jawa Barat dan Anggota Afiliasi Himpunan Desain Interior Indonesia (HDII) Jawa Barat.



Dr. Ratnadewi, S.T., M.T.

Dosen Teknik Elektro

Fakultas Teknik Universitas Kristen Maranatha

Penulis lahir di Purwokerto. Menempuh pendidikan S1 dari jurusan Teknik Elektro, Universitas Kristen Maranatha, Bandung, pada tahun 1993. Menempuh pendidikan S2 dari jurusan Sistem Informasi Telekomunikasi, Institut Teknologi Bandung, pada tahun 1999. Menempuh pendidikan S3 dari Prodi Teknik Fisika, Institut Teknologi Bandung, pada tahun 2006. Saat ini mengajar di Prodi Teknik Elektro, Universitas Kristen Maranatha. Ketertarikan bidang ilmu yaitu teknik elektro, pengolahan sinyal, pengolahan citra, kriptografi, optimasi, kecerdasan buatan. Ilmu yang dipelajari telah diaplikasikan melalui kerjasama dengan berbagai bidang ilmu, yaitu kedokteran dan seni rupa. Bersama rekan-rekan, telah berupaya sebagai penulis dan editor 15 buku mengenai teknik elektro, aplikasi pada bidang kedokteran, ekonomi dan aplikasi pada bidang seni rupa.



Dr. Safrizal, S.T., MM., M.Kom

Dosen Teknik Informatika

Fakultas Teknik, Universitas Satya Negara Indonesia-Jakarta

Penulis Lahir di Aceh Timur, 19 Maret 1970. Menyelesaikan pendidikan Strata 1 (S1) Teknik Informatika di Universitas Satya Negara Indonesia di Jakarta pada tahun 1999. Menyelesaikan Strata 2 (S2) Jurusan manajemen di Universitas Budi Luhur Jakarta pada tahun 2003 dan menyelesaikan Strata 2 (S2) Jurusan Teknik Informatika di STMIK-Eresha pada tahun 2013. Menyelesaikan program studi Strata 3 (S3) pada program *Doctor of Computer Science* di Universitas Bina Nusantara Jakarta pada bulan Agustus 2022. Sejak tahun 2003 sampai sekarang menjadi Dosen di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Informatika pada Universitas Satya Negara Indonesia di Jakarta.



Albert Arapenta Sembiring, S.T., M.Kom

Dosen Informatika
Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Bakrie
Penulis lahir di Bekasi, 12 Februari 1977

Penulis adalah dosen pada program studi Informatika fakultas Teknik dan ilmu computer, Universitas Bakrie

Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Elektro dan melanjutkan Pendidikan S2 pada Jurusan Magister Teknologi Informasi

Penulis menekuni penelitian dibidang Teknik Elektro dan Ilmu Komputer.



Nursuci Putri Husain, S.PD., M.KOM
Dosen Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Teknik - Universitas Islam Makassar

Penulis lahir di Kota Parepare, 12 Mei 1993. Sarjana Pendidikan diraihinya dari Program Studi Pendidikan Teknik Informatika dan Komputer, Universitas Islam Makassar (2014). Magister Komputer diperoleh dari Program Studi Teknik Komputer, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (2017). Sejak tahun 2018 hingga sekarang, ia aktif mengajar di Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Univeristas Islam Makassar. Rumpun Mata Kuliah yang ia tekuni adalah Komputasi Cerdas dan Visualisasi, dan diamanahkan untuk mengampuh Mata Kuliah Pengolahan Citra Digital.



Guson Prasamuwarso Kuntarto

Minatnya yang tinggi dibidang pengembangan ekosistem digital guna mendukung pertumbuhan UMKM di Indonesia. Selain itu, ketertarikannya di bidang data, web dan teknologi Internet membawanya berkontribusi lebih dari 15 tahun dalam merancang, membangun serta mengimplementasikan modern *web applications* dan solusi *business intelligence*. Selain itu, saat ini aktif mengajar di Program Studi Informatika, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Bakrie, Jakarta.