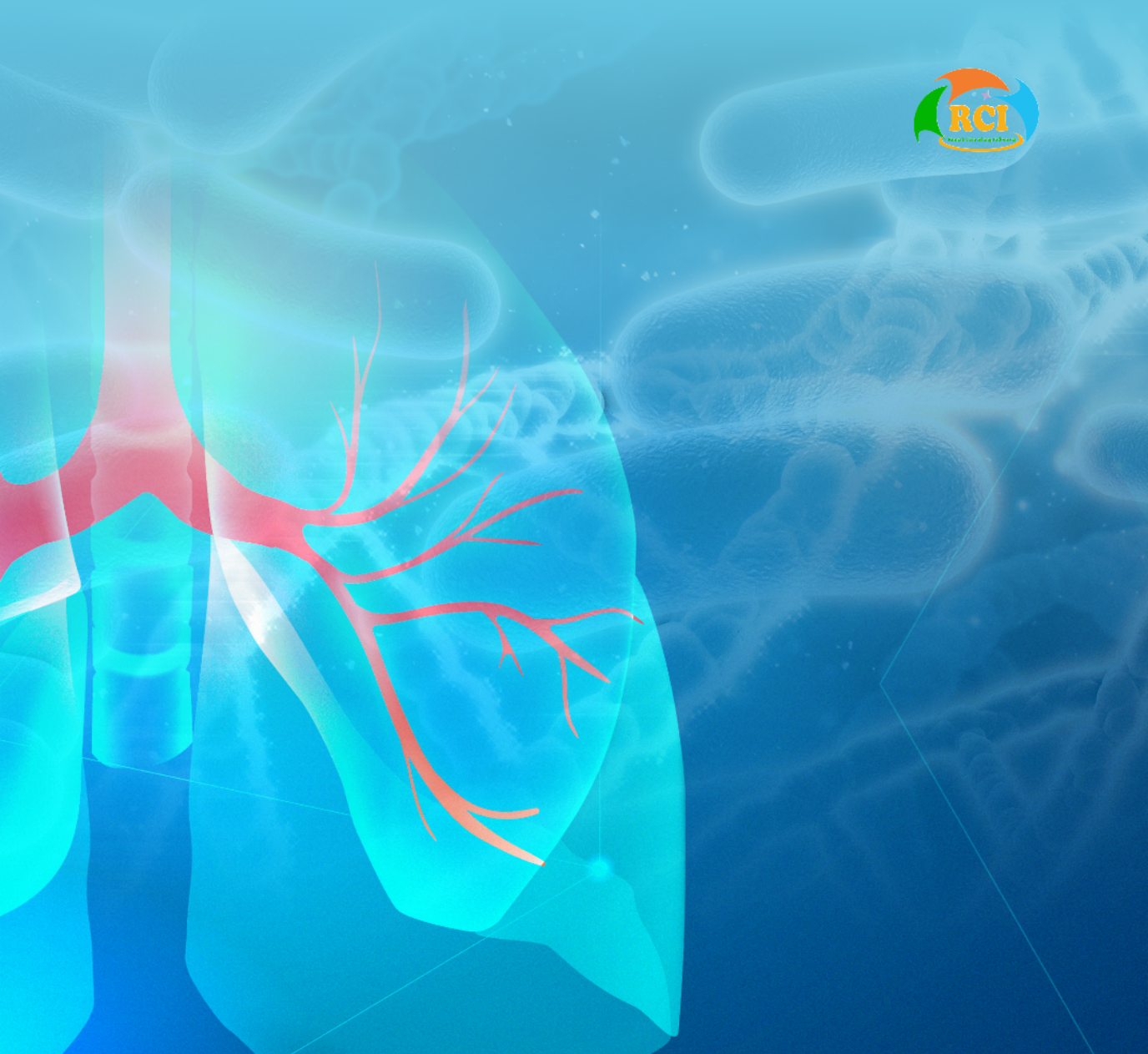


The background of the cover features a stylized illustration of human lungs in a light blue color. Overlaid on the lungs are several red, branching structures representing the bronchial tree. In the upper right background, there are faint, larger-scale illustrations of various bacterial shapes, including some that resemble Mycobacterium tuberculosis with their characteristic wavy, rod-like forms.

DATA SCIENCES : **Klasifikasi Bakteri Tuberculosis** *dengan* **Pendekatan Pengolahan Citra Digital** **dan Deep Learning**

Aeri Rachmad | Nur Chamidah | Riries Rulaningtyas
Arif Muntasa | Mauridhi Hery Purnomo

DATA SCIENCES :

Klasifikasi Bakteri Tuberculosis dengan Pendekatan Pengolahan Citra Digital dan Deep Learning

Aeri Rachmad
Nur Chamidah
Riries Rulaningtyas
Arif Muntasa
Mauridhi Hery Purnomo



DATA SCIENCES :

Klasifikasi Bakteri Tuberculosis dengan Pendekatan Pengolahan Citra Digital dan Deep Learning

Penulis:
Aeri Rachmad
Nur Chamidah
Riries Rulaningtyas
Arif Muntasa
Mauridhi Hery Purnomo

Editor:
Syifa Ismayanti

Layouter :
Tim Kreatif PRCI

Cover:
Rusli

Cetakan Pertama : November 2024

Hak Cipta 2024, pada Penulis. Diterbitkan pertama kali oleh:

Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia
ANGGOTA IKAPI JAWA BARAT
Pondok Karisma Residence Jalan Raflesia VI D.151
Panglayungan, Cipedes Tasikmalaya – 085223186009

Website : www.rcipress.rcipublisher.org
E-mail : rumahcemerlangindonesia@gmail.com

Copyright © 2024 by Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia
All Right Reserved

- Cet. I – : Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia, 2024
; 18 x 25cm
ISBN : 978-623-8750-76-4

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak buku ini dalam bentuk dan dengan
cara apapun tanpa izin tertulis dari penulis dan penerbit

Undang-undang No.19 Tahun 2002 Tentang
Hak Cipta Pasal 72

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat serta karunia-Nya kepada kami sehingga kami berhasil menyelesaikan Buku dengan judul DATA SCIENCES : Klasifikasi Bakteri Tuberculosis dengan Pendekatan Pengolahan Citra Digital dan *Deep Learning* sesuai yang ditargetkan.

Buku ini berisikan pendahuluan mengenai tuberkulosis, sejarah dan epidemiologi tuberkulosis, serta jenis-jenis tuberkulosis. Dalam buku ini juga membahas pengolahan citra medis mulai dari definisi citra, prinsip dasar pengolahan citra, alat dan teknik pengolahan citra hingga pentingnya citra medis dalam pengolahan. Kami menyadari bahwa Buku ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran dari semua pihak yang bersifat membangun selalu kami harapkan demi kesempurnaan buku ini.

Akhir kata, kami sampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah berperan serta dalam penyusunan Buku ini dari awal sampai akhir. Semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa meridhoi segala usaha kita. Amin.

Oktober 2024, Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Definisi Tuberkulosis	1
B. Sejarah dan Epidemiologi Tuberkulosis	2
C. Jenis-Jenis Tuberkulosis	3
 BAB II PENGOLAHAN CITRA MEDIS	 6
A. Definisi Citra	6
B. Prinsip Dasar Pengolahan Citra	8
C. Alat dan Teknik Pengolahan Citra	10
D. Pentingnya Citra Medis Dalam Pengolahan	12
 BAB III PRE-PROCESSING	 14
A. Data Cleaning	14
B. Enhancement Citra	15
C. Segmentasi Citra	19
D. Clustering	21
 BAB IV TEKNIK EKSTRAKSI FITUR CITRA	 22
A. Mycobacterium Tuberculosis	22
B. Definisi Ekstraksi Fitur Citra	23
C. Gray Level Co-Occurrence Matrix(GLCM)	27
D. Color Histogram HSV (Histogram Warna HSV)	30
E. Local binary pattern (LBP)	33
F. Scale-Invariant Feature (SIFT)	34
 BAB V KLASIFIKASI CITRA	 36
A. Definisi Klasifikasi Citra	36
B. Support Vector Machines (SVM)	39
C. Random Forest	41
D. Deep Learning-based Architecture	41
E. Penerapan Klasifikasi Citra Tuberkulosis	45
 BAB VI SISTEM DIAGNOSIS OTOMATIS	 58
A. Tujuan dan Manfaat Sistem Diagnosis Otomatis	58
B. Arsitektur Sistem Diagnosa	59

C. Validasi dan Evaluasi Sistem	60
BAB VII TANTANGAN DAN MASA DEPAN	64
A. Tantangan Dalam Pengolahan Citra Tuberkulosis	64
B. Perkembangan Teknologi dan Riset Terbaru	64
C. Prospek Masa Depan Pengolahan Citra Tuberkulosis	65
DAFTAR PUSTAKA	67

BAB I

PENDAHULUAN

A. Definisi Tuberkulosis

Tuberkulosis, sering disingkat menjadi TB, adalah penyakit menular yang disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis*. Penyakit ini biasanya menginfeksi paru-paru, tetapi juga dapat menyerang organ tubuh lainnya seperti ginjal, otak, atau tulang. Penyakit ini telah menjadi salah satu penyebab kematian terbesar di seluruh dunia. Data statistik mencatat bahwa setiap tahunnya, sekitar 10 juta orang di berbagai belahan bumi ini terinfeksi tuberkulosis. Penting untuk dicatat bahwa fenomena ini tidak merata di seluruh dunia, dan ada tiga negara yang mendominasi dalam jumlah penderita tuberkulosis secara signifikan, yaitu India, dengan 23% dari total penderita, Indonesia dengan 10%, dan China dengan 10%.

Tidak mengenal batasan usia, tuberkulosis dapat menyerang siapa saja, termasuk anak-anak dan orang dewasa. Bahkan, pada anak-anak, rentang usia yang terpengaruh sangat luas, mencakup anak-anak yang berusia mulai dari 0 hingga 14 tahun. Data dari World Health Organization (WHO) pada tahun 2016 mencatat adanya kasus kematian pada anak-anak yang disebabkan oleh penyakit ini. Meskipun demikian, dapat ditegaskan bahwa mayoritas penderita tuberkulosis adalah orang dewasa, yang mencapai sekitar 90% dari total kasus.

Menariknya, perbandingan antara pria dan wanita dalam hal penderita tuberkulosis menunjukkan perbedaan yang signifikan. Dalam hal ini, statistik menunjukkan bahwa jumlah penderita pria lebih tinggi, yaitu dua kali lipat dibandingkan dengan jumlah penderita wanita. Hal ini mungkin terkait dengan faktor-faktor seperti perbedaan dalam tingkat paparan terhadap bakteri penyebab tuberkulosis dan perbedaan dalam respons sistem kekebalan tubuh antara kedua jenis kelamin tersebut.



Gambar 1 bakteri *Mycobacterium tuberculosis*

Bakteri *Mycobacterium tuberculosis* adalah mikroorganisme yang menyebabkan penyakit Tuberkulosis (TB) pada manusia. Bakteri ini bersifat patogen dan dapat menginfeksi sistem pernapasan, terutama paru-paru, menyebabkan gejala seperti batuk kronis, demam, penurunan berat badan, dan kelemahan. TB merupakan salah satu penyakit menular yang paling mematikan di dunia.

Mycobacterium tuberculosis memiliki ciri khas berbentuk batang, dan bakteri ini memiliki dinding sel yang tebal yang memberikan ketahanan terhadap berbagai kondisi lingkungan dan antibiotik. Oleh karena itu, pengobatan TB memerlukan antibiotik yang spesifik dan pengobatan yang panjang untuk mengatasi infeksi ini.

Pencegahan TB dapat dilakukan dengan vaksinasi menggunakan vaksin BCG (*Bacillus Calmette-Guérin*) yang telah digunakan secara luas untuk mengurangi risiko infeksi tuberkulosis, terutama pada anak-anak. Meskipun vaksinasi dapat membantu mengurangi risiko, pengobatan yang tepat dan pencegahan penularan tetap merupakan langkah-langkah penting dalam mengatasi penyakit Tuberkulosis.

B. Sejarah dan Epidemiologi Tuberkulosis

Sejarah TB telah berlangsung selama ribuan tahun, dan bukti tertua tentang penyakit ini ditemukan di Mesir kuno, India, serta Cina. Pada abad ke-17, TB menjadi salah satu penyakit paling mematikan di dunia. Namun, pada abad ke-19, TB melonjak menjadi penyebab utama kematian di Eropa.

Abad ke-20 membawa perubahan signifikan dalam pengobatan TB, yang berhasil mengurangi angka kematian akibat penyakit ini. Meskipun demikian, TB tetap menjadi masalah kesehatan global yang serius. Pada tahun 2020, diperkirakan terdapat sekitar 10 juta kasus baru TB dan 1,5 juta kematian akibat penyakit ini. Epidemiologi TB bervariasi di seluruh dunia, dan negara-negara dengan tingkat kemiskinan dan malnutrisi yang tinggi cenderung memiliki tingkat TB yang lebih tinggi. Selain itu, TB lebih sering terjadi pada individu yang tinggal di daerah dengan kepadatan penduduk yang tinggi.

Sejumlah faktor risiko juga berperan dalam kemungkinan terkena TB, termasuk usia (TB lebih sering terjadi pada orang dewasa berusia 25-44 tahun), riwayat kontak dengan penderita TB aktif, sistem kekebalan tubuh yang lemah seperti pada penderita HIV/AIDS, dan kondisi medis tertentu seperti diabetes mellitus. Gejala TB paru meliputi batuk yang berlangsung lebih dari 2 minggu, batuk berdarah yang terkadang bercampur darah, sesak napas, demam, kelelahan, dan penurunan berat badan yang signifikan. Diagnosis TB dapat dilakukan melalui pemeriksaan sputum untuk mendeteksi bakteri TB dalam dahak atau melalui rontgen dada untuk mengevaluasi kelainan pada paru-paru.

Pengobatan TB dilakukan dengan memberikan antibiotik selama 6-9 bulan. Penting untuk mematuhi pengobatan dengan disiplin untuk mencegah terjadinya resistensi antibiotik.

C. Jenis-Jenis Tuberkulosis

Berdasarkan lokasi infeksi dalam tubuh manusia, Tuberkulosis (TB) dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis yang berbeda, dengan masing-masing jenis memiliki karakteristik dan manifestasi yang unik, yaitu:

1. TB paru adalah jenis TB yang paling umum. TB paru terjadi ketika bakteri TB menginfeksi paru-paru. Gambar 1.2 merupakan gambar bakteri TB paru.



Gambar 2 Bakteri TB Paru

2. TB ekstraparu adalah jenis TB yang menyerang organ tubuh selain paru-paru. TB ekstraparu dapat menyerang berbagai organ, seperti otak, tulang belakang, kelenjar getah bening, dan ginjal. Gambar 1.3 merupakan gambar bakteri TB ekstraparu.



Gambar 3 Bakteri TB Ekstraparu

Berdasarkan tingkat keparahannya, TB dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

1. TB aktif adalah jenis TB yang bakterinya dapat menular ke orang lain. TB aktif dapat dibagi menjadi TB BTA positif dan TB BTA negatif.
2. TB laten adalah jenis TB yang bakterinya tidak aktif dan tidak dapat menular ke orang lain. TB laten dapat berkembang menjadi TB aktif jika sistem kekebalan tubuh melemah.

Berikut ini adalah penjelasan lebih lanjut tentang masing-masing jenis TB:

1. TB paru

TB paru adalah jenis TB yang paling umum. TB paru terjadi ketika bakteri TB menginfeksi paru-paru. Bakteri TB masuk ke tubuh melalui udara yang terkontaminasi oleh percikan ludah dari penderita TB. Diagnosis TB paru dapat dilakukan dengan pemeriksaan sputum atau rontgen dada. Pemeriksaan sputum dilakukan untuk mendeteksi bakteri TB dalam dahak. Rontgen dada dilakukan untuk melihat adanya kelainan pada paru-paru. Pengobatan TB paru adalah dengan pemberian antibiotik selama 6-9 bulan. Pengobatan TB paru

harus dilakukan secara teratur dan lengkap untuk mencegah terjadinya resistensi antibiotik.

Gejala TB paru meliputi:

- Batuk yang berlangsung lebih dari 2 minggu.
- Batuk berdahak, terkadang bercampur darah.
- Sesak napas.
- Demam.
- Kelelahan.
- Berat badan menurun.

2. TB ekstraparu

TB ekstraparu adalah jenis TB yang menyerang organ tubuh selain paru-paru. TB ekstraparu dapat menyerang berbagai organ, seperti otak, tulang belakang, kelenjar getah bening, dan ginjal. Gejala TB ekstraparu bervariasi tergantung pada organ yang terinfeksi. Misalnya, TB otak dapat menyebabkan sakit kepala, kejang, dan gangguan penglihatan. TB tulang belakang dapat menyebabkan nyeri punggung, kelumpuhan, dan gangguan buang air besar dan kecil. TB kelenjar getah bening dapat menyebabkan pembengkakan kelenjar getah bening. TB ginjal dapat menyebabkan nyeri pinggang, demam, dan hematuria (urin berdarah). Diagnosis TB ekstraparu dapat dilakukan dengan pemeriksaan sputum atau rontgen dada. Pemeriksaan sputum dilakukan untuk mendeteksi bakteri TB dalam dahak. Rontgen dada dilakukan untuk melihat adanya kelainan pada paru-paru. Pemeriksaan lain yang dapat dilakukan meliputi:

- Pemeriksaan CT scan
- Pemeriksaan MRI
- Pemeriksaan biopsi

Pengobatan TB ekstraparu adalah dengan pemberian antibiotik selama 6-9 bulan. Pengobatan TB ekstraparu harus dilakukan secara teratur dan lengkap untuk mencegah terjadinya resistensi antibiotik.

3. TB aktif

TB aktif adalah jenis TB yang bakterinya dapat menular ke orang lain. TB aktif dapat dibagi menjadi TB BTA positif dan TB BTA negatif.

- TB BTA positif adalah jenis TB yang hasil pemeriksaan sputumnya positif untuk BTA (bakteri *Mycobacterium tuberculosis*).
- TB BTA negatif adalah jenis TB yang hasil pemeriksaan sputumnya negatif untuk BTA.

TB BTA positif lebih mudah menular daripada TB BTA negatif. Namun, TB BTA negatif juga dapat menular, terutama jika penderita batuk dengan keras.

4. TB laten

TB laten adalah jenis TB yang bakterinya tidak aktif dan tidak dapat menular ke orang lain. TB laten dapat berkembang menjadi TB aktif jika sistem kekebalan tubuh melemah. Pada TB laten, penderita tidak memiliki gejala dan tidak dapat menularkan TB ke orang lain. Namun, jika sistem kekebalan tubuh melemah, bakteri TB dapat menjadi aktif dan menyebabkan TB aktif. Penderita TB laten dapat dideteksi dengan pemeriksaan mantoux atau QuantiFERON-TB Gold (QFT). Pemeriksaan mantoux dilakukan dengan menyuntikkan tuberkulin intrakutan. Pemeriksaan QFT dilakukan dengan mengambil darah. Penderita TB laten tidak perlu diobati, tetapi harus dipantau secara berkala. Jika sistem kekebalan tubuh penderita TB laten melemah, penderita harus segera diobati untuk mencegah terjadinya TB aktif.

BAB II

PENGOLAHAN CITRA MEDIS

A. Definisi Citra

Gambar memegang peran yang sangat penting dalam menyampaikan informasi secara visual. Gambar adalah representasi visual dari objek atau subjek tertentu. Mereka dapat dihasilkan melalui berbagai cara, seperti melalui pengambilan foto, perekaman sinyal analog, atau penghasilan gambar dalam format digital yang dapat disimpan pada media penyimpanan.

Selain teks, video, atau audio, citra juga merupakan bentuk informasi yang penting bagi individu. Gambar tidak hanya bermanfaat dalam komunikasi antarindividu, tetapi juga dalam interaksi antara manusia dan mesin. Cara merespons informasi yang disampaikan melalui gambar dapat bervariasi dari orang ke orang. Dalam hal ini, penting untuk diingat bahwa interpretasi informasi dalam gambar dapat bersifat subjektif dan bergantung pada pemikiran serta kebutuhan pribadi masing-masing. Oleh karena itu, seringkali diperlukan pemrosesan gambar untuk menghasilkan gambar sesuai dengan keinginan.

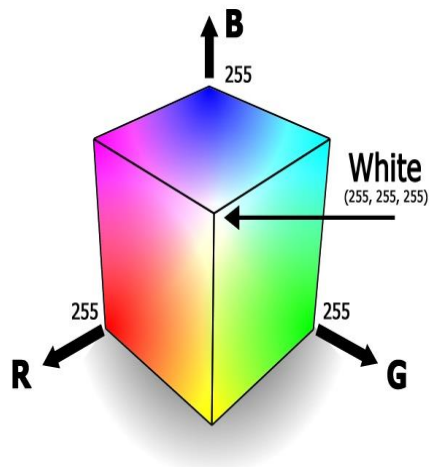
Ada beberapa jenis gambar, yaitu gambar analog dan gambar digital. Gambar analog adalah gambar yang memiliki karakteristik kontinu dan pertama kali dihasilkan melalui sistem optik ketika menerima sinyal analog. Sementara gambar digital adalah hasil dari proses digitalisasi gambar analog. Citra digital dapat terbagi menjadi tiga jenis, yaitu citra berwarna, citra grayscale, dan citra biner.

1. Gambar analog adalah jenis gambar yang memiliki karakteristik kontinu. Beberapa contoh gambar analog meliputi monitor televisi, lukisan, gambar hasil sinar-X, foto yang dicetak pada kertas foto, pemandangan alam, hasil CT scan, gambar yang direkam pada kaset, dan jenis gambar kontinu lainnya. Yang membedakan gambar analog adalah sifatnya yang bersifat kontinu, berbeda dengan gambar digital yang terdiri dari piksel-piksel diskrit. Salah satu ciri khas gambar analog adalah bahwa mereka tidak dapat langsung diproses atau ditampilkan oleh komputer. Oleh karena itu, untuk dapat mengolah gambar analog menggunakan komputer, diperlukan proses konversi yang mengubah gambar analog menjadi format citra digital.
2. Gambar digital umumnya merujuk pada penggunaan komputer dalam representasi gambar 2 dimensi. Proses pemrosesan gambar digital melibatkan manipulasi data dalam dua dimensi yang dapat dilakukan dengan fleksibilitas. Citra digital adalah kumpulan nilai nyata atau kompleks yang diatur dalam urutan bit tertentu. Sebuah gambar didefinisikan oleh fungsi $f(x,y)$, yang mengukur N baris dan M kolom. Di mana x dan y adalah

koordinat spasial, dan nilai f pada koordinat (x,y) disebut intensitas atau tingkat keabuan citra. Suatu citra dianggap sebagai citra digital jika nilai x , y , dan nilai f semuanya bersifat terbatas dan memiliki nilai yang diskrit.

Secara umum, dalam pemrosesan citra digital, citra digital dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis:

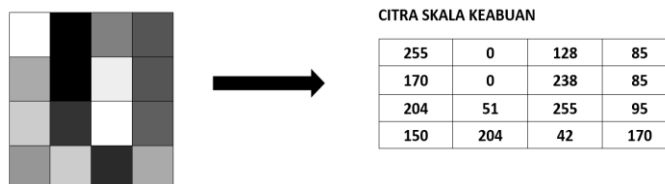
a. Citra Berwarna (RGB)



Gambar 4 Citra Berwarna RGB

Citra berwarna adalah jenis citra di mana setiap piksel memiliki warna tersendiri, terdiri dari tiga komponen utama: Merah (Red), Hijau (Green), dan Biru (Blue). Biasanya, masing-masing komponen warna berkisar dari 0 hingga 255, sehingga ada sekitar 16.581.375 (16 juta) variasi warna yang berbeda dalam gambar. Citra berwarna direpresentasikan dengan tiga matriks yang mengandung nilai-nilai R, G, dan B dari setiap piksel yang dapat dilihat pada gambar 4.

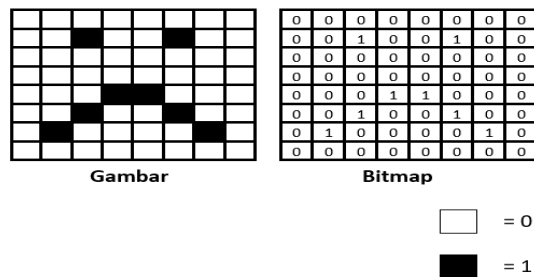
b. Citra Skala Keabuan (Grayscale)



Gambar 5 Citra Skala Keabuan

Citra skala keabuan adalah jenis citra di mana setiap piksel memiliki tingkat keabuan (grayscale) yang bervariasi dari putih hingga hitam. Biasanya, setiap piksel direpresentasikan oleh 8 bit atau 1 byte, yang menghasilkan 256 tingkat keabuan. Citra skala keabuan digunakan dalam berbagai konteks, seperti bidang kedokteran, seperti dalam citra sinar-X.

c. Citra Biner



Gambar 6 Citra Biner

Pada citra biner, setiap piksel hanya memiliki dua nilai yang mungkin, yaitu hitam (0) dan putih (1), atau dalam kasus 8 bit, 0 dan 255 yang dapat dilihat pada gambar 2.3. Citra biner sangat efisien dalam hal penyimpanan karena hanya menggunakan satu bit per piksel, yang menghasilkan gambar yang terdiri dari hanya dua warna.

B. Prinsip Dasar Pengolahan Citra

Pada proses pengelolaan gambar yang pertama kali dilakukan adalah ketika gambar tersebut merupakan gambar analog maka perlu diubah ke dalam bentuk gambar digital. Pada dasarnya gambar akan dibaca menjadi 3 bentuk dasar warna yaitu merah, hijau, dan biru kemudian akan dilakukan beberapa proses pengolahan gambar

Memperbaiki kualitas gambar, langkah ini diperlukan supaya gambar dapat dibaca, diproses dengan baik supaya hasil akhirnya pun akurat. Peningkatan kualitas gambar ini meliputi peningkatan kontras cahaya, penajaman tepi gambar, noise filtering, psuedocoloring, kemudian bisa juga dengan meningkatkan kualitas fokus gambar ada beberapa teknik yang dapat digunakan seperti gaussian derivative, Foreroa's Adaptive Color Thresholding method gray thresholding

Restorasi citra berguna supaya gambar yang akan dilihat menjadi lebih jelas karena proses ini akan menghilangkan dan juga meminimalkan artefak citra. Beberapa teknik yang dapat dipakai dalam restorasi citra seperti Gaussian filter, Median filter, Adaptive Noise Removal Filter and bilateral filter

Kompresi gambar perlu digunakan supaya spesifikasi dari gambar sama, dan tentunya hal ini juga dapat berpengaruh terhadap proses analisisnya karena semakin besar size gambar yang dipakai akan membuat kerja device semakin berat pula, tentunya perlu meminimalisir hal tersebut agar tidak memakan banyak waktu dan biaya.

Segmentasi gambar proses ini bisa dikatakan optional karena ada kondisi perlu melakukannya ada juga yang tidak perlu intinya segmentasi gambar bertujuan supaya gambar terbagi menjadi beberapa bagian yang akan menyampaikan informasi hal ini berkaitan dengan pola analisis yang akan dilakukan.

Seperti yang sudah diuraikan sebelumnya perlu untuk melakukan step ini karena dengan kualitas citra akan membuat proses dan hasilnya lebih baik . Peningkatan kualitas citra adalah tahap awal dalam pengolahan citra dan bertujuan untuk mengatasi berbagai masalah yang mungkin terjadi pada citra. Beberapa masalah umum yang sering terjadi adalah adanya noise selama transfer gambar, ketidakseimbangan tingkat kecerahan (gambar terang atau gelap), kehilangan ketajaman (gambar buram), dan kurangnya kontras. Peningkatan kualitas gambar bertujuan untuk membuat citra lebih baik sehingga dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk deteksi objek pada citra.

Pada peningkatan kualitas gambar, tujuannya adalah menghasilkan citra yang lebih mudah diinterpretasikan oleh mata manusia. Proses ini melibatkan pemrosesan fitur-fitur khusus dalam citra untuk meningkatkan kejelasannya. Secara matematis, peningkatan gambar dapat dianggap sebagai proses transformasi citra dari $f(x,y)$ menjadi $f'(x,y)$ dengan tujuan menyempurnakan fitur-fitur yang ada pada $f(x,y)$. Beberapa jenis pengolahan citra yang termasuk dalam peningkatan kualitas citra meliputi penyesuaian tingkat kecerahan, peningkatan kontras, pengurangan noise, penghalusan citra, dan penajaman citra.

Meskipun gambar mengandung banyak informasi, seringkali kualitasnya dapat menurun. Ini bisa disebabkan oleh kesalahan atau noise, tingkat kontras yang tidak seimbang, ketajaman yang kurang, atau ketidakjelasan. Citra seperti ini sulit untuk diinterpretasikan karena kurangnya informasi yang dapat disampaikan oleh citra tersebut. Oleh karena itu, pengolahan citra memiliki peran yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari . Tujuan utama dari pengolahan citra digital meliputi:

1. Peningkatan kualitas citra dalam hal radiometrik (misalnya, transformasi warna, restorasi citra, dan peningkatan kontras) serta aspek geometrik (seperti translasi, rotasi, transformasi geometrik, dan penskalaan)
2. Ekstraksi deskripsi atau pengenalan objek dalam citra, dengan mengidentifikasi dan memahami informasi yang terkandung dalam gambar.
3. Kompresi atau pengurangan data untuk menghemat penyimpanan, transmisi, dan waktu pemrosesan data citra.

Pengolahan citra adalah bidang yang luas dan memiliki banyak aplikasi dalam berbagai disiplin ilmu, seperti penglihatan komputer, kedokteran, industri, dan banyak lainnya. Ada beberapa metode atau teknik untuk memperbaiki kualitas citra untuk metode yang digunakan dapat akan dijelaskan nanti pada bab Preprocessing Pengolahan Citra.

C. Alat dan Teknik Pengolahan Citra

Alat dan teknik pengolahan citra medis meliputi beberapa tahap. Berikut adalah beberapa alat dan teknik yang umum digunakan dalam pengolahan citra medis:

1. **MATLAB:** MATLAB merupakan perangkat lunak yang sering digunakan dalam pengolahan citra medis. Ini menyediakan berbagai fungsi dan algoritma untuk memanipulasi dan menganalisis citra.
2. **OpenCV:** OpenCV adalah perpustakaan sumber terbuka yang digunakan untuk pengolahan citra dan penglihatan komputer. Ini menyediakan berbagai fungsi dan algoritma untuk manipulasi citra, deteksi objek, dan pengenalan pola.

Diatas merupakan contoh alat yang biasa digunakan untuk melakukan pengolahan citra, sedangkan untuk contoh teknik teknik yang biasa digunakan dalam pengolahan citra sebagai berikut:

1. **Segmentasi:** Teknik ini digunakan untuk memisahkan objek dari latar belakang dalam citra. Ini dapat dilakukan dengan menggunakan metode seperti thresholding, clustering, atau pemodelan warna, kemudian ada juga teknik Region Growing yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi wilayah yang memiliki karakteristik yang serupa berdasarkan kriteria tertentu, setelah itu ada juga teknik watershed yang berguna memisahkan objek yang saling berdekatan berdasarkan kontur dan perbedaan intensitas piksel dari citra.
2. **Deteksi Fitur:** Teknik ini digunakan untuk mendeteksi fitur khusus dalam citra, seperti tepi, sudut, atau titik kepentingan. Ini dapat dilakukan dengan menggunakan metode seperti deteksi tepi Canny, deteksi sudut Harris, atau deteksi titik SIFT, selain itu juga dapat menggunakan color histogram, texture analysis, shape analysis, yang digunakan untuk distribusi warna, menggambarkan pola tekstur, dan bentuk objek pada citra.
3. **Pengklasifikasian:** Teknik ini digunakan untuk mengklasifikasikan objek dalam citra ke dalam kategori yang telah ditentukan. Ini dapat dilakukan dengan menggunakan metode seperti klasifikasi SVM atau Jaringan Saraf Tiruan (JST).

Selain teknik-teknik diatas juga perlu mengenal beberapa teknik preprocessing. Preprocessing ini sangat penting, karena berfungsi membuat data yang punya menjadi lebih bernilai dan lebih baik untuk dilakukan proses pengolahan citra dengan komputasinya nanti, berikut beberapa teknik preprocessing yang dapat dilakukan.

1. Peningkatan Kontras: Teknik ini digunakan untuk meningkatkan perbedaan antara piksel yang berdekatan dalam citra. Ini dapat dilakukan dengan menggunakan teknik seperti histogram equalization atau kontras stretching.
2. Penghalusan: Teknik ini digunakan untuk mengurangi noise atau ketidaksempurnaan dalam citra. Ini dapat dilakukan dengan menggunakan filter seperti filter rata-rata, filter median, atau filter Gaussian.
3. Pemotongan: Teknik ini digunakan untuk memotong bagian yang tidak diinginkan dari citra. Hal ini dapat digunakan menggunakan teknik seperti cropping dan mapping.
4. Median filter adalah metode pengolahan citra non-linear yang dapat dipakai supaya dapat mengurangi noise dan meratakan citra.
5. Normalisasi: Teknik ini digunakan untuk mengubah rentang intensitas piksel dalam citra agar sesuai dengan rentang yang diinginkan.

Selain teknik preprocessing diatas ada teknik augmentasi yang penting juga untuk dilakukan. Teknik augmentasi adalah proses manipulasi data dalam pengolahan citra, terutama dalam konteks deep learning dan computer vision. Tujuan utama dari augmentasi adalah untuk meningkatkan keberagaman data pelatihan dengan menghasilkan variasi citra dari data asli. Ini membantu meningkatkan performa model dan mencegah overfitting karena model akan melihat lebih banyak variasi selama pelatihan. Berikut adalah penjelasan rinci tentang teknik augmentasi:

1. Rotasi adalah salah satu teknik augmentasi yang paling umum digunakan. Ini melibatkan memutar citra sekitar titik tengahnya. Dalam konteks citra medis, rotasi dapat membantu model mengenali objek atau struktur yang mungkin berada dalam berbagai orientasi.
2. Pergeseran melibatkan menggeser citra secara horizontal atau vertikal dalam batas tertentu. Ini dapat membantu model dalam mengenali objek yang mungkin tidak selalu berada di tengah citra.
3. Teknik perbesaran mengubah ukuran citra dengan memperbesar atau memperkecilnya. Ini dapat membantu model mengenali objek dalam berbagai skala. Dalam citra medis, perbesaran juga dapat digunakan untuk mengamati detail lebih dekat.
4. Flipping melibatkan menghasilkan citra dengan mengganti posisi piksel secara horizontal atau vertikal. Ini dapat membantu model untuk mengatasi situasi di mana objek mungkin terbalik atau memiliki orientasi yang

berbeda.

5. Teknik Perubahan kecerahan dan kontras, penyesuaian kecerahan dan kontras dapat mengubah tingkat kecerahan dan kontras citra. Ini berguna untuk mengatasi variasi pencahayaan dalam citra medis.
6. Teknik distorsi elastis melibatkan penerapan distorsi elastis pada citra, yang dapat mengubah bentuk objek dalam citra. Ini berguna untuk meningkatkan ketahanan model terhadap variasi deformasi dalam citra.
7. Menambahkan noise ke citra dapat mensimulasikan citra yang mungkin terkontaminasi oleh gangguan atau ketidakpastian. Ini membantu model menjadi lebih tangguh terhadap kondisi citra yang buruk.
8. Cropping melibatkan pemotongan sebagian dari citra asli. Ini dapat membantu model dalam mengenali objek atau fitur tertentu dalam berbagai konteks.
9. Teknik geometri khusus, beberapa teknik augmentasi khusus melibatkan transformasi geometri tertentu seperti perspektif, distorsi barrel, atau transformasi non-linear lainnya. Ini digunakan dalam situasi di mana distorsi geometri adalah sumber variasi yang signifikan dalam data.

Penting untuk dicatat bahwa pemilihan teknik augmentasi harus didasarkan pada jenis citra dan tugas yang ingin dipecahkan. Terlalu banyak augmentasi atau augmentasi yang tidak relevan dapat menghasilkan data pelatihan yang tidak representatif atau bahkan membingungkan model. Dengan pemilihan yang tepat, teknik augmentasi dapat meningkatkan kinerja model dalam menghadapi variasi dalam data citra medis.

D. Pentingnya Citra Medis Dalam Pengolahan

Pada era sekarang ini dimana teknologi informasi dan kecerdasan buatan sudah merambah ke hampir semua bidang dan lini pada kehidupan, dan tentunya metode pemrosesan citra dengan pendekatan berbasis komputasi juga ikut berkontribusi salah satunya pada bidang medis digunakan untuk mendeteksi dan mendiagnosis suatu penyakit.

Dengan menggunakan citra medis kecerdasan buatan ini dokter akan diberi informasi visual untuk menganalisa kondisi pasien lebih akurat dan lebih cepat. Selain itu, citra medis juga berguna untuk memantau penyakit dan respons terhadap pengobatannya. Contohnya citra medis dapat berguna dalam hal memantau perubahan pada organ yang terkena TB, seperti paru-paru, otak, ginjal, kulit, dan tulang.

Citra medis memiliki peran yang sangat penting dalam dunia kedokteran, khususnya dalam proses diagnosis penyakit. Berikut beberapa alasan mengapa citra medis sangat vital dalam diagnosis:

Identifikasi dan Analisis Penyakit: Teknik citra medis seperti mikroskopi dan pengolahan citra digital memungkinkan para profesional kesehatan untuk mengidentifikasi dan menganalisis berbagai penyakit. Citra medis memungkinkan visualisasi struktur internal tubuh, membantu dalam deteksi, diagnosis, dan pengobatan penyakit.

1. **Diagnosis Tuberkulosis (TB):** Dalam kasus Tuberkulosis, citra medis, seperti citra mikroskopis sputum, digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan *Mycobacterium tuberculosis*, bakteri penyebab TB. Dengan bantuan metode pengolahan citra, citra bakteri TB dapat dianalisis dan diklasifikasikan dengan tingkat akurasi tinggi, mempercepat proses identifikasi dan mengurangi ketergantungan pada perhitungan manual oleh patolog.
2. **Efisiensi dan Akurasi:** Penggunaan teknik pengolahan citra, seperti median filter dan ekstraksi fitur, meningkatkan kualitas citra medis, menghilangkan noise, dan meningkatkan akurasi analisis. Hal ini membantu dalam membuat diagnosis yang lebih efisien dan akurat.
3. **Monitoring dan Respons Terhadap Pengobatan:** Citra medis juga digunakan untuk memantau perkembangan penyakit dan respons pasien terhadap pengobatan. Ini memungkinkan dokter untuk mengevaluasi efektivitas pengobatan dan membuat penyesuaian yang diperlukan.
4. **Inovasi Teknologi:** Dalam era teknologi informasi dan kecerdasan buatan, metode pengolahan citra dan pendekatan berbasis komputasi semakin banyak digunakan dalam bidang medis. Teknologi seperti Convolutional Neural Networks (CNN) telah terbukti efektif dalam mengenali objek dalam citra medis, mendukung diagnosis yang lebih canggih.

Dengan demikian, citra medis memainkan peran kunci dalam membantu para profesional kesehatan dalam proses diagnosis penyakit, memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih cepat, akurat, dan efisien untuk perawatan pasien.

BAB III

PRE-PROCESSING

A. Data Cleaning

Data cleaning atau cleansing data merupakan salah satu step pada pengolahan citra yang sangat penting untuk dilakukan. Proses dalam data cleaning untuk memastikan akurasi dan keakuratan dari data yang akan digunakan. Dalam prosesnya cleaning data akan menghapus beberapa noise, artifact atau informasi yang tidak relevan dari sebuah data citra. Ada beberapa teknik cleaning data yang biasa dan umum digunakan pengolahan citra yaitu sebagai berikut:

1. Noise Removal

Noise removal merupakan teknik yang akan menghapus noise yang ada didalam suatu gambar dengan menggunakan filter untuk mengurangi random variasi atau signal yang tidak diinginkan yang kemungkinan berpengaruh terhadap kualitas sebuah gambar. Beberapa contoh filter yang dapat digunakan pada teknik ini adalah filter median, filter wiener, dan filter bilateral adaptif.

2. Artifact Removal

Artefak gambar dapat muncul dikarenakan beberapa faktor seperti sensor defects, compression artifacts, dan juga motion blur. Untuk mengatasi hal tersebut dapat menggunakan teknik pemfilteran homomorfik, dan juga adaptive median filtering, teknik-teknik tersebut dapat berguna untuk menghilangkan artefak dan juga meningkatkan kualitas gambar secara menyeluruh.

3. Normalisasi

Normalisasi pada pengolahan citra merupakan penyesuaian rentang intensitas piksel dalam citra. Dengan mengubah skala intensitas citra sehingga nilainya berada dalam rentang yang seragam, hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa analisis citra yang akan dilakukan tidak terpengaruh oleh variasi dalam skala intensitas yang besar.

4. Outlier Detection

Outlier Detection merupakan salah satu titik data yang menyimpang secara signifikan dari keseluruhan data. Penerapannya pada pengolahan citra outlier detection akan mengidentifikasi dan juga menghapus pixel atau wilayah pada gambar yang tidak sesuai dengan pola dan juga karakteristik dari data citra.

5. Penghapusan Background

Penghapusan background ini merupakan sesuatu langkah yang bias dibilang penting untuk beberapa kasus, seperti pengenalan objek. Langkah ini

melibatkan pemisahan objek yang penting atau objek utama dari citra dari latar belakang yang tidak relevan.

B. Enhancement Citra

Proses ini dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas gambar berupa kejelasan dan ketajaman citra, supaya ketika dilakukan analisa citra akan menghasilkan output analisa yang akurat dan terbaik dan terhindar dari kesalahan analisa, teknik – teknik yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kualitas dari citra sebagai berikut:

1. Metode Median Filter

Metode median filter adalah jenis filter non-linier yang dikembangkan oleh Tukey, digunakan untuk mengurangi noise dan meratakan citra. Dalam metode ini, nilai median dihitung dari sejumlah data yang ganjil. Proses filter median dilakukan dengan mengurutkan intensitas piksel dalam suatu wilayah atau jendela tertentu. Setelah nilai median dihitung, nilai ini digunakan untuk menggantikan nilai di tengah wilayah atau filter tersebut. Contoh dari filter median adalah dengan menggunakan matriks berdimensi 3x3, yang mencakup piksel pusat dan piksel sekitarnya seperti gambar 3.1 berikut:

100	75	90
85	120	50
88	95	65

Gambar 7 Matriks 3x3

Nilai matrik pada gambar diatas akan di convert terlebih dahulu menjadi matrik 1 dimensi atau 1x9 seperti gambar berikut:

0	5	5	5	8	0	5	00	20
---	---	---	---	---	---	---	----	----

Gambar 8 Matriks 1x9

Dari matriks 1x9 di atas, nilai piksel diurutkan secara menaik untuk menghasilkan nilai-nilai berikut: 50, 65, 75, 85, 88, 90, 95, 100, 120. Nilai median terletak pada posisi matriks ke-5 dengan nilai 88. Nilai median ini akan menggantikan nilai tengah dari matriks 3x3, sehingga nilai 120 akan digantikan oleh 88.

2. Gaussian Filter

Gaussian filter merupakan hasil dari operasi konvolusi, di mana nilai bobot untuk setiap anggota dipilih berdasarkan bentuk Fungsi Gaussian. Operasi

perkalian dalam filter Gaussian adalah perkalian antara matriks kernel dan matriks gambar asli .

Berikut adalah rumus filter Gaussian:

$$G(i,j) = c \cdot e^{-\frac{(i-u)^2 + (j-v)^2}{2\sigma^2}}$$

Dimana:

c = konstanta; dimana $c = 12\pi\sigma^2$

$G(i,j)$ = elemen matrix kernel gauss element pada posisi (i,j)

(u,v) = index tengah pada middle index of the matrix kernel gauss

σ = standar deviasi pada central pixel (x,y) dengan panjang weight

3. Adaptive Noise Removal Filtering

Adaptive Noise Removal Filtering adalah penyedia pemrosesan penghapusan noise 2D yang menerapkan filter Wiener pada gambar-gambar adaptif yang menyesuaikan variasi citra lokal. Filter adaptif ini lebih selektif dibandingkan dengan filter linier sebanding, yang menjaga tepi-tepi dan tingkat kejelasan tinggi pada gambar. Metode ini sangat cocok untuk menghilangkan noise Gaussian. Filter ini akan mengurangi titik-titik noise pada gambar awal dan membuat gambar terlihat lebih jelas. Konsep ini mengacu pada pengolahan citra komputer sebagaimana yang dijelaskan oleh Niblack (1986), yang menyatakan bahwa hasil dari pengolahan citra ini juga merupakan sebuah citra. Berikut rumus dari adaptive noise removal filtering.

$$W(f_1, f_2) = \frac{H * (f_1, f_2) S_{xx}(f_1, f_2)}{|H(f_1, f_2)|^2 + S_{nn}(f_1, f_2)}$$

Dimana :

$S_{xx}(f_1, f_2)$ = spectrum daya citra asli

$S_{nn}(f_1, f_2)$ = noise additive

$|H(f_1, f_2)|^2$ = filter blurring

4. Bilateral Filtering

Bilateral Filtering ditemukan oleh Tomasi dan Manduchi sebagai cara non interaktif supaya dapat melakukan penyaringan yang dapat mempertahankan tepi, meratakan citra, dan juga mengurangi noise. etode ini bekerja dengan menggantikan nilai intensitas setiap piksel dalam gambar dengan nilai intensitas rata-rata dari piksel-piksel terdekat. Yang menarik, dalam metode ini, bobot yang digunakan tidak hanya dipengaruhi oleh jarak Euclidean antara piksel-pikselya, tetapi juga oleh perbedaan dalam intensitas warna. Filter bilateral terbukti menjadi salah satu teknik yang sangat efektif dalam melakukan meratakan citra sambil tetap menjaga detail tepi. Dengan mempertimbangkan baik jarak spasial maupun perbedaan intensitas warna, filter ini mampu

mengurangi noise dan meningkatkan kualitas gambar tanpa menghilangkan fitur-fitur tepi yang penting.

$$BF[I]_p = \frac{1}{w} \sum_{q \in s} G_{\sigma_s} (||p-q||)$$

$$W_p = \sum_{q \in s} G_{\sigma_s} (||p-q||) G_{\sigma_r} (|I_p - I_q|)$$

Dimana :

σ_s and σ_r = parameter yang mendefinisikan jumlah filtering
 G_{σ_s} = spatial
 G_{σ_r} = Gaussian range
 $(q \in s)$ = Jumlah pixel dari citra
 $||p - q||$ = Euclidean distance antara lokasi pixel p dan q

5. Histogram Equalization

Histogram equalization merupakan salah satu teknik untuk meningkatkan kualitas citra dengan cara mendistribusikan ulang intensitas pixel yang ada pada suatu gambar dengan harapan kontras meningkatnya kontras dan tampilan gambar secara menyeluruh. Pada prosesnya yang pertama kali dilakukan adalah menghitung histogram dari data citra, histogram sendiri adalah grafik yang menunjukkan seberapa sering tingkat kecerahan atau intensitas pixel muncul dalam citra. Kemudian teknik ini memanfaatkan fungsi distribusi kumulatif (CDF) yang akan menjalankan tugasnya yaitu menggambarkan akumulasi dari histogram. CDF ini dapat membantu dalam menciptakan pemetaan dari tingkat kecerahan asli ke tingkat kecerahan yang diinginkan. Setelah dihitung hasil dari CDF akan dinormalisasi sehingga dinaiya berkisar antara 0 sampai dengan 255, hasil ini didapatkan dari membagi setiap nilai dalam CDF dengan jumlah piksel total dalam citra.

Proses yang pertama kali dilakukan pada teknik ini adalah penghitungan histogram citra. Histogram sendiri adalah grafik yang menunjukkan frekuensi kemunculan setiap nilai intensitas dalam citra. Salah satu cara untuk menghitung histogram adalah dengan metode binning. Kemudian setelah itu akan dihitung fungsi distribusi kumulatif (CDF). CDF ini merupakan fungsi yang merepresentasikan akumulasi dari histogram. Cara menjumlahkan CDF adalah dengan cara menjumlahkan frekuensi dari kemunculan dari setiap nilai intensitas dari nilai minimum hingga nilai maksimum. Setelah itu akan dilakukan pemetaan yang berguna untuk mengubah intensitas asli dari citra menjadi intensitas baru yang nantinya akan di distribusikan kembali. proses selanjutnya adalah pemetaan yang telah dibuat kemudian diterapkan ke citra. Hal ini dilakukan dengan mengubah nilai intensitas asli dari setiap pixel dengan nilai

intensitas bar sesuai dengan pemetaan yang telah dibuat. Teknik histogram equalization ini bertujuan untuk meningkatkan kontras citra dengan cara membuat intensitas-intensitas yang jarang muncul menjadi lebih jelas. Perlu diperhatikan juga bahwa metode ini memiliki beberapa kekurangan seperti dapat menyebabkan artefak, seperti garis-garis halus, atau bintik-bintik, dan juga dapat juga membuat citra menjadi terlalu kontras.

6. Contrast Stretching

Contrast Stretching teknik ini merupakan teknik yang sederhana namun fungsinya sangat besar untuk memperluas range dari intensitas pixel dalam suatu gambar. Tujuan dari teknik ini adalah meningkatnya contrast antara berbagai objek atau wilayah pada gambar. Langkah pertama yang dilakukan pada teknik ini adalah mencari tingkat kecerahan minimum dan maksimum yang dimiliki oleh citra. Tingkat kecerahan minimum adalah nilai intensitas pixel terendah dalam citra, sedangkan tingkat kecerahan maksimum adalah nilai intensitas pixel tertinggi dalam citra. Kemudian akan ditentukan rentang intensitas yang baru yang diinginkan untuk citra, rentang ini dapat ditentukan secara manual ataupun default secara otomatis. Setelah mendapatkan rentang yang baru akan dilakukan transformasi linear yang merupakan operasi matematika yang dilakukan untuk mengubah nilai intensitas pixel yang ada pada citra ke dalam nilai intensitas pada pixel citra yang baru. Rumus yang digunakan untuk contrast stretching adalah sebagai berikut.

$$i_{baru} = \frac{i_{asli} - i_{min}}{i_{max} - i_{min}} * (i_{max_baru} - i_{min_baru}) + i_{min_baru}$$

Dimana:

i_{baru} = nilai intensitas pixel baru

i_{asli} = nilai intensitas pixel asli

i_{max} = nilai tingkat kecerahan maksimal

i_{min} = nilai tingkat kecerahan minimal

i_{max_baru} = nilai tingkat kecerahan maksimal baru

i_{min_baru} = nilai tingkat kecerahan minimum baru

Kemudian setelah menemukan nilai intensitas pixel baru dengan operasi matematika, transformasi yang telah dibuat kemudian diterapkan kedalam citra. Hal ini dilakukan dengan cara mengganti nilai intensitas asli dari setiap pixel dengan nilai intensitas baru sesuai dengan transformasi yang telah dibuat.

Teknik ini akan meningkatkan kontras citra dengan meningkatkan nilai intensitas-intensitas yang jarang muncul menjadi lebih terlihat, hal ini dapat terjadi dikarenakan intensitas-intensitas yang jarang muncul akan diubah menjadi intensitas yang lebih tinggi namun perlu diperhatikan teknik ini juga

memiliki kekurangan seperti dapat menyebabkan artefak garis-garis halus atau bintik-bintik, dan juga dapat membuat citra menjadi terlalu kontras.

7. Spatial Filtering

Spatial Filtering merupakan teknik yang melibatkan metode filter atau kernel pada gambar untuk meningkatkan dan juga menyembunyikan fitur spasial tertentu. Umumnya teknik ini juga termasuk gaussian filter untuk blurring dan juga smoothing, laplacian filter untuk meningkatkan kualitas tepi dan juga filter penajaman. Pada prosesnya teknik ini memerlukan kernel atau bisa disebut dengan filter mask yang merupakan matriks berukuran kecil yang berfungsi untuk melakukan filtering pada citra, dan setiap elemen dalam kernel memiliki bobot yang mendefinisikan pengaruhnya pada piksel saat ini dan piksel sekitarnya.

C. Segmentasi Citra

Segmentasi citra merupakan salah satu proses penting dalam pengolahan citra yang memiliki tujuan utama untuk membagi suatu gambar atau citra menjadi beberapa objek yang berbeda dalam hal karakteristik atau fitur tertentu. Tujuan utama dari segmentasi citra adalah untuk memisahkan objek dari latar belakang, menciptakan kelompok objek yang homogen dalam fitur-fitur tertentu. Dengan melakukan segmentasi, kita dapat mengidentifikasi dan mengisolasi objek-objek tertentu dalam citra, seperti tepi, area warna, tekstur, atau bahkan objek spesifik yang dapat digunakan untuk berbagai aplikasi, termasuk pengenalan pola, analisis medis, pengolahan gambar, dan lain sebagainya. Segmentasi citra dapat dilakukan dengan berbagai teknik yang beragam, tergantung pada jenis citra, karakteristik objek yang ingin diisolasi, dan tujuan pengolahan. Berikut beberapa teknik yang dapat digunakan untuk melakukan segmentasi citra.

1. Thresholding

Thresholding merupakan salah satu teknik segmentasi citra yang cara kerjanya memanfaatkan penggunaan ambang batas tertentu untuk memisahkan pixel dalam citra ke dalam kelas yang ada yang didasari oleh nilai intensitasnya. Dalam pemrosesan citra teknik ini sangat berguna untuk memisahkan objek dari latar belakang dan juga mengidentifikasi area tertentu dalam citra.

Pada prosesnya thresholding ini bekerja dengan sederhana tetapi memiliki tingkat efektifitas yang tinggi. Pixel akan dipisahkan dan dikelompokkan dalam dua kelas dengan menggunakan ambang batas yang telah ditentukan sebelumnya. Kelas yang pertama merupakan pixel dengan nilai intensitas di atas ambang batas yang sebelumnya telah ditentukan, sedangkan kelas lainnya merupakan pixel dengan nilai intensitas di bawah ambang batas tersebut. Dari

proses thresholding ini akan menghasilkan citra biner yang dimana objek biasanya diwakilkan oleh pixel yang bernilai satu (putih), sementara latar belakang diwakilkan oleh pixel dengan nilai nol (hitam).

Thresholding ini sering digunakan untuk diterapkan dalam berbagai permasalahan, termasuk pengenalan karakter dalam pemrosesan teks, deteksi tepi, pengukuran objek dalam pengolahan citra, dan banyak lagi. Penggunaan ambang batass yang akan dipilih dapat bervariasi tergantung pada karakteristik citra yang akan dianalisa dan tujuan analisa tersebut.

2. Segmentasi Warna dan Tekstur

Segmentasi berdasarkan warna tentunya berlaku untuk data citra berwarna. Segmentasi berdasarkan warna ini adalah salah satu metode yang berguna untuk memisahkan objek dari latar belakang atau untuk mengidentifikasi area tertentu berdasarkan komponen warna dalam citra tersebut. Pada dasarnya citra berwarna mempunyai komponen warna dasar yang terdiri dari merah, hijau, dan biru (RGB), namun ada juga ruang warna lainnya seperti HSV (Hue, Saturation, Value). Penggunaan segmentasi warna ini bertujuan untuk memilih objek atau area yang didasari dari nilai intensitas warna tertentu dengan komponen warna yang dipilih. Tentunya hal ini sangat berguna dalam kasus seperti pengolahan citra.

Sementara itu ada pula segmentasi berdasarkan tekstur yang juga berguna dalam pengolahan citra. Pada prosesnya metode ini didasari dari karakteristik citra yang akan diolah dan tujuan segmentasinya, dan metode ini sering dipasangkan dengan metode segmentasi warna atau lainnya untuk mendapatkan hasil segmentasi yang lebih baik, akurat dan informatif. segmentasi ini akan memisahkan area dengan karakteristik tekstur yang berbeda

3. Edge-based Segmentation

Metode ini merupakan metode pendekatan yang berfokus pada deteksi tepi dalam citra. Pada konsepnya metode ini merujuk pada deteksi tepi dalam citra yang perubahannya terjadi secara mendadak dalam intensitas piksel, yang sering menunjukkan batas antara objek dan latar belakang atau antara objek yang berbeda dalam data citra. Metode ini sangat berguna dalam proses segmentasi citra karena pada metode ini dapat membantu memisahkan objek dari latar belakang atau mengidentifikasi batas objek dengan baik.

Pada dasarnya, metode ini akan menemukan dan menonjolkan tepi dalam citra. Metode ini akan bekerja dengan cara membandingkan nilai intensitas piksel dalam citra untuk mengidentifikasi perubahan signifikan yang menunjukkan tepi. Tepi ini dapat berada dalam berbagai arah, seperti tepi

vertikal, horizontal, atau diagonal, dan juga sering direpresentasikan sebagai garis atau kurva yang mengikuti perubahan intensitas tersebut.

Penerapan metode ini umumnya digunakan dalam berbagai kasus termasuk pengenalan karakter dalam pengolahan teks, analisis citra dengan tujuan untuk mendeteksi struktur anatomi, dan pelacakan objek dalam visi komputer. Metode ini dapat menjadi langkah awal yang penting dalam proses segmentasi citra, karena tepi yang terdeteksi dengan baik dapat digunakan sebagai panduan untuk memisahkan objek dari latar belakang atau untuk menjalankan analisis lebih lanjut terkait dengan struktur citra.

4. Bounding box Segmentation

Bounding box merupakan kontak pembatas yang akan mengelilingi suatu objek pada citra. Metode ini akan didefinisikan dengan empat titik sudut yang membentuk kotak. Metode segmentasi ini akan memisahkan dan membagi wilayah ke dalam bounding box menjadi beberapa bagian yang lebih kecil dan juga spesifik. Pendekatan metode ini cocok ketika pada pengolahan citra kita ingin fokus pada detail di dalam beberapa area yang dibatasi oleh bounding box.

Pada prosesnya metode ini akan mendefinisikan terlebih dahulu bounding box yang akan mengelilingi objek atau area wilayah tertentu pada citra, dengan cara membuat empat titik sudut yang akan membentuk kotak. Setelah itu akan dilakukan pengestrakan dengan metode Region of Interest (ROI) berdasarkan wilayah yang dibatasi oleh bounding box tersebut. ROI ini akan menjadi bagian dari citra yang ada di dalam bounding box yang menjadi fokus segmentasi. Selanjutnya akan dilakukan segmentasi citra berdasarkan konteks yang akan dilakukan.

D. Clustering

Clustering merupakan metode segmentasi citra yang pada prosesnya akan membagi piksel-piksel dalam citra ke dalam kelompok-kelompok berdasarkan kesamaan karakteristik yang dimiliki oleh setiap citra. Karakteristik itu sendiri yang dapat digunakan untuk pengelompokan ini dapat berupa warna, tekstur, atau fitur-fitur lainnya. Clustering sendiri dapat digunakan dalam hal segmentasi objek-objek dalam citra, seperti segmentasi wajah, segmentasi teks, atau segmentasi objek pada citra satelit. Pada prosesnya clustering dapat dimanfaatkan untuk pemindaian citra. Ada beberapa algoritma clustering yang dapat digunakan untuk segmentasi citra, diantaranya seperti K-means clustering dan juga fuzzy C-means.

BAB IV

TEKNIK EKSTRAKSI FITUR CITRA

A. Mycobacterium Tuberculosis

Mycobacterium tuberculosis, sebuah bakteri patogen yang menyebabkan penyakit tuberkulosis, dapat diamati dalam citra mikroskop elektron dengan karakteristik unik yang membedakannya dari banyak jenis bakteri lainnya. Dalam citra ini, bisa melihat Mycobacterium tuberculosis sebagai batang berwarna pucat yang memiliki ciri-ciri khas, seperti dinding sel yang sangat tebal dan kompleks, yang membuatnya tahan terhadap faktor lingkungan dan perlindungan tubuh manusia.

Dinding sel Mycobacterium tuberculosis, yang terdiri dari lapisan berlipid, memberikan bakteri ini kekuatan tambahan dan ketahanan terhadap berbagai kondisi eksternal, seperti radiasi ultraviolet dan zat kimia yang dapat merusak bakteri lainnya. Ini adalah salah satu alasan mengapa Mycobacterium tuberculosis sangat sulit untuk dihapus dari tubuh manusia setelah infeksi terjadi.

Di dalam citra mikroskop elektron, juga dapat melihat sejumlah besar Mycobacterium tuberculosis yang terkumpul bersama, membentuk struktur yang dikenal sebagai granuloma. Granuloma adalah respons tubuh terhadap infeksi bakteri ini, di mana sel-sel darah putih dan jaringan parut berkumpul untuk mencoba mengendalikan infeksi. Namun, bakteri ini seringkali dapat bertahan di dalam granuloma dan menjadi dormant, menjadikannya sulit untuk dieliminasi oleh sistem kekebalan tubuh.

Selain itu, dalam citra mikroskop elektron, kita dapat melihat Mycobacterium tuberculosis menginfeksi sel makrofag, yang seharusnya berperan dalam pemusnahan bakteri. Bakteri ini mampu menghindari pemusnahan oleh sel makrofag dan mengambil tempat tinggal di dalamnya. Ini adalah contoh nyata tentang bagaimana Mycobacterium tuberculosis memiliki adaptasi khusus yang memungkinkannya untuk bertahan dalam tubuh manusia dan menyebabkan penyakit tuberkulosis yang serius.

Dengan demikian, citra mikroskop elektron memungkinkan untuk memahami lebih dalam tentang karakteristik unik Mycobacterium tuberculosis yang membuatnya begitu sulit untuk diatasi dan mengembangkan strategi yang lebih efektif dalam menghadapi penyakit mematikan ini.

B. Definisi Ekstraksi Fitur Citra

Ekstraksi fitur citra adalah tahap yang sangat penting dalam analisis gambar digital yang melibatkan serangkaian teknik untuk mengambil informasi yang signifikan dari citra, dengan tujuan untuk memungkinkan analisis yang lebih mendalam dan berarti. Dalam konteks ini, istilah "fitur" merujuk kepada segala karakteristik, atribut, atau elemen khusus dalam citra yang dapat memberikan wawasan penting, seperti kontur objek, variasi warna, pola tekstur, atau bahkan struktur geometris yang menggambarkan objek dalam citra.

Proses ekstraksi fitur citra ini menjadi sangat vital karena seringkali citra yang digunakan dalam analisis digital memiliki ukuran besar dan tingkat kompleksitas yang tinggi. Dalam hal ini, ekstraksi fitur membantu dalam mengurangi kompleksitas ini dengan mentransformasikan citra menjadi representasi yang lebih sederhana, tetapi tetap mempertahankan informasi yang sangat berharga. Proses ini tidak hanya membantu dalam menghemat ruang penyimpanan, tetapi juga mempermudah analisis dan pengambilan keputusan lebih lanjut dalam berbagai aplikasi, termasuk pengenalan objek, pengolahan citra medis, pengawasan keamanan, atau pemrosesan citra dalam riset ilmiah.

Proses ekstraksi fitur citra dapat melibatkan berbagai teknik, mulai dari penggunaan filter dan operator matematika untuk mengidentifikasi tepi dan kontras, hingga penggunaan transformasi matematis kompleks seperti transformasi Fourier atau wavelet. Teknik ini membantu mengungkapkan informasi penting dalam citra dan memungkinkan penggunaannya dalam berbagai aplikasi, termasuk pengenalan pola, pengenalan objek, penglihatan komputer, analisis medis, dan banyak lagi. Satu contoh dalam analisis citra medis yaitu citra *Mycobacterium tuberculosis*. Dimana ekstraksi fitur pada *Mycobacterium tuberculosis* dalam analisis citra adalah proses yang memungkinkan identifikasi dan karakterisasi bakteri tersebut. Berikut beberapa aspek yang dapat dianalisis meliputi :

1. Ekstraksi Ukuran

Ekstraksi Fitur Citra Ukuran adalah proses analisis citra yang bertujuan untuk mengukur dan mengidentifikasi ukuran *Mycobacterium tuberculosis* (Mtb) dalam citra mikroskopis atau citra lainnya yang digunakan untuk menganalisis bakteri ini. Beberapa fitur citra yang penting untuk diekstraksi dalam konteks ini termasuk panjang, lebar, dan area dari bakteri tersebut. Informasi ini sangat bermanfaat untuk memantau perkembangan infeksi dan memahami karakteristik bakteri Mtb.