

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Yudhistira Ganis K, Imam Santoso, R. Rizal Isnanto (2011) melakukan penelitian mengenai “Klasifikasi Citra dengan Matriks Ko-Okurensi Aras Keabuan (*Gray Level Co-occurrence Matrix-GLCM*) pada Lima Kelas Biji-bijian”. Tujuan dari penelitian ini yaitu mampu mengembangkan perangkat lunak yang mampu mengklasifikasikan gambar kedalam kelas yang sesuai menggunakan analisis tekstur, dalam hal ini adalah gambar benih. Gambar yang digunakan adalah gambar *grayscale* yg kemudian di ekstraksi menggunakan GLCM dengan fitur energi, entropi, homogenitas, kontras, korelasi, momentum, perbedaan terbalik, jumlah varians, jumlah rata-rata, jumlah entropi, perbedaan varia dan perbedaan entropi. Kemudian hasilnya di klasifikasikan dengan KNN menggunakan enam scenario. Hasilnya menunjukkan bahwa tingkat pengakuan beras yang tertinggi yaitu 100% sedangkan tingkat pengakuan terendah pada jagung yaitu sebesar 20%. (K, Santoso, & Isnanto, 2011)

Novita Meisida, Oni Soesanto, S.Si, M.Si, dan Heru Kartika Chandra, S.Si, M.T (2014) melakukan penelitian tentang “K-Means untuk KLASIFIKASI PENYAKIT KARIES GIGI”, dalam penelitian ini dilakukan klasifikasi terhadap data karakteristik karies gigi dan kelas-kelas karies gigi berdasarkan anatomi J. V. Black yang dilakukan menggunakan metode *Clustering K-Means*. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil klasifikasi *K-Means* dan klasifikasi kelas Black. Hasilnya hanya 1 dari 12 data klasifikasi *K-Means* yang berbeda dari data kalsifikasi kelas Black. Maka dapat disimpulkan bahwa metode *K-Means* memiliki nilai akurasi yang baik, tetapi data harus dibinerisasikan terlebih dahulu. (Meisida, Oni, & Chandra, 2014)

Abdolvahab Ehsani Rad (2015) melakukan penelitian tentang “Enhanced Level Set Segmentation Method for Dental Caries Detection”, yang sebelumnya telah diketahui bahwa diantara semua metode segmentasi gambar medis, level set memiliki akurasi segmentasi terbaik. Namun, ada beberapa komponen level set yang perlu ditingkatkan untuk menentukan batas yang tepat untuk perbaikan ROI (*Region of*

Interest). Dalam penelitian ini telah ditemukan peningkatan baru metode segmentasi yang dilakukan untuk hasil yang lebih akurat dengan menggunakan 2 fase, yaitu *IC (Initial Contour) generation* dan *intelligent level set segmentation*. Hasil yang dicapai dari metode segmentasi yang diusulkan dievaluasi pada 120 *radiograf* gigi (X-Ray) dengan tingkat akurasi 90%. Selain itu tingkat akurasi deteksi karies gigi yang dievaluasi pada 155 gambar tersegmentasi sebesar 98%. (Ehsani Rad, Mohd Rahim, & Norouzi, 2013)

Yaltha Rullist, Budhi Irawan S.Si, M.T., Andrew Brian Osmond, S.T., M.T (2015) dalam penelitiannya “Aplikasi Identifikasi Motif Batik Menggunakan Metode Ekstraksi Fitur *Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM)* Berbasis Android” mengatakan bahwa tingkat akurasi tertinggi mencapai 81% pada pasangan orientasi sudut 45o dengan jarak piksel 2 pada parameter GLCM, pada penggunaan parameter $k = 1$ pada KNN didapatkan akurasi sebesar 82% dan menurun secara signifikan jika parameter k bertambah besar, akurasi 80% pada jarak akuisisi 10cm terhadap objek dan menurun jika jarak akuisisi bertambah jauh, pemberian cahaya pada outdoor dan indoor dengan perbedaan daya lampu pada indoor memberikan akurasi 80% namun menurun jika daya lampu kecil dari 8Watt. Perbedaan parameter resolusi kamera smartphone Android juga memberikan tingkat akurasi yang berbeda yaitu maksimum pada 80% dengan resolusi 13MP dan menurun jika resolusi lebih kecil lagi. Waktu komputasi rata – rata pada smartphone Android dengan RAM 512MB dan 2GB adalah 163ms dan 29.25ms. (Rullist, Irawan, & Osmond, 2015)

Hermas Ahadhi Septiaji, Dr. Ir. Bambang Hidayat, DEA, Prof. Dr. Drg. Suhardjo, MS. SpRK (2018) melakukan penelitian tentang ”Identifikasi Pengolahan Citra Deteksi Penyakit Kista Periapikal Melalui Radiograf Pada Gigi Manusia Dengan Menggunakan Metoda Ekstraksi Gray Level Cooccurence Marix dan Metoda Klasifikasi Decision Tree”. Gambaran sistem pada radiolucent adalah inputannya merupakan radiograf periapikal, lalu dilakukan proses yang pertama dengan cara mengakuisisi citranya dan setelah itu diidentifikasi citra, setelah melakukan proses tersebut maka di dapatkan hasil outputan apakah gigi tersebut terkena penyakit kista periapikal atau tidak. Hasil pengolahan citra pada deteksi kista menggunakan metode

Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM) dan Decision Tree dengan akurasi tertinggi yaitu 85%. (Septiaji et al., 2018)

Dari beberapa tinjauan tersebut, maka penulis akan melakukan penelitian mengenai ekstraksi dan klasifikasi terhadap citra gigi menggunakan metode *Gray Level Co-occurrence Matrix* dan *K-Nearest Neighbor*. Proses ekstraksi citra menggunakan empat fitur pada GLCM, yaitu *contrast, correlation, energy dan homogeneity*. Citra karies gigi yang digunakan adalah citra *grayscale* yang diproses dalam sistem aplikasi MATLAB. Penelitian bertujuan untuk mengetahui tingkat keseriusan kerusakan akibat karies gigi. Tabel 2.1 adalah rangkuman dari beberapa penelitian yang digunakan sebagai referensi penelitian ini :

Tabel 2. 1 Tinjauan Pustaka

Penulis (Tahun)	Judul	Objek	Metode	Hasil
Yudhistira Ganis K, Imam Santoso, R. Rizal Isnanto (2011)	Klasifikasi Citra dengan Matriks Ko-Okurensi Aras Keabuan (<i>Gray Level Co- occurrence Matrix-GLCM</i>) pada Lima Kelas Biji-bijian	Biji-bijian	GLCM dan K-Nearest Neighbor	Akurasi tertinggi : 100% pada beras Akurasi terendah : 20% pada jagung
Novita Meisida, Oni Soesanto, S.Si, M.Si, dan Heru Kartika Chandra, S.Si, M.T (2014)	K-Means untuk KLASIFIKASI PENYAKIT KARIES GIGI	Karies Gigi	K-Means	Hanya 1 dari 12 data klasifikasi yang tidak sesuai

Tabel 2. 2 Tinjauan Pustaka (lanjutan)

Penulis (Tahun)	Judul	Objek	Metode	Hasil
Abdolvahab Ehsani Rad (2015)	Enhanced Level Set Segmentation Method for Dental Caries Detection	Karies Gigi	Segmentasi Level Set	Akurasi metode segmentasi : 90% Akurasi deteksi karies : 98%
Yaltha Rullist, Budhi Irawan S.Si, M.T., Andrew Brian Osmond, S.T., M.T (2015)	Aplikasi Identifikasi Motif Batik Menggunakan Metode Ekstraksi Fitur <i>Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM)</i> Berbasis Android	Motif Batik	GLCM dan K-Nearest Neighbor	Akurasi : 80%
Hermas Ahadhi Septiaji, Dr. Ir. Bambang Hidayat, DEA, Prof. Dr. Drg. Suhardjo, MS. SpRK (2018)	Identifikasi Pengolahan Citra Deteksi Penyakit Kista Periapikal Melalui Radiograf Pada Gigi Manusia Dengan Menggunakan Metoda Ekstraksi	Kista Periapikal	GLCM dan Decision Tree	Akurasi : 85%

Tabel 2. 3 Tinjauan Pustaka (lanjutan)

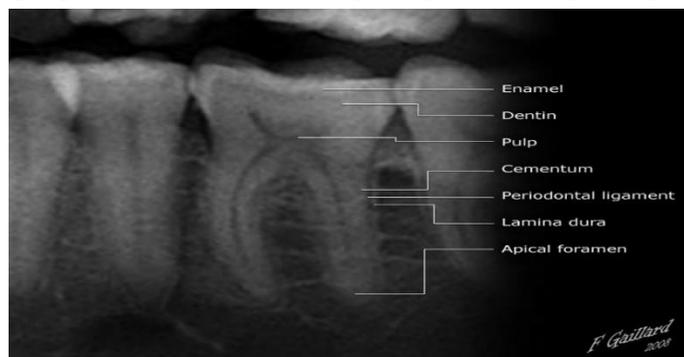
	Gray Level Cooccurrence Marix dan Metoda Klasifikasi Decision Tree			
--	---	--	--	--

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Karies Gigi

a. Pengertian Karies Gigi

Karies adalah penyakit infeksi rongga mulut yang ditandai dengan adanya kavitas pada permukaan gigi. Seperti yang ditunjuk pada Gambar 2.1. Kavitas dapat terjadi karena adanya proses demineralisasi asam hasil dari metabolisme dalam plak (Sibarani, 2014). Asam pada karies gigi adalah asam hasil fermentasi karbohidrat dari sisa makanan oleh bakteri dalam mulut. Demineralisasi terjadi ketika enamel pada gigi memiliki pH dibawah 5,5. Hal ini terjadi karena pH yang rendah akan meningkatkan konsentrasi ion hydrogen yang akan merusak hidroksiapatif enamel gigi (Prasetyo, 2005). Karies gigi merupakan jenis penyakit kronis yang perkembangannya membutuhkan waktu yang lama, sehingga sebagian besar penderita memiliki potensi gangguan seumur hidup. Namun penyakit ini sering tidak diperhatikan oleh masyarakat dan perencana program kesehatan karena jarang membahayakan jiwa.



Gambar 2. 1 Struktur Gigi dan Karies Gigi (radiopedia.org)

b. Proses Terjadinya Karies Gigi

Karies gigi terjadi akibat adanya bakteri *Streptococcus* yang ada pada mulut, yang menumpuk membentuk lapisan lunak dan lengket yang disebut plak gigi. Plak ini mengubah gula dan karbohidrat pada makanan atau minuman yang dikonsumsi menjadi asam yang dapat merusak gigi dengan cara melarutkan mineral yang terdapat pada gigi. Proses larutnya mineral pada gigi disebut demineralisasi, sedangkan bertambahnya mineral dalam struktur gigi disebut remineralisasi. Proses demineralisasi yang lebih besar dari remineralisasi akan menimbulkan karies gigi. Awal terjadinya karies gigi dapat diketahui dengan adanya bintik hitam yang tidak bisa dibersihkan dengan sikat gigi. Ketika dibiarkan, maka bintik hitam akan semakin besar dan dalam. Karies yang belum mencapai email gigi tidak akan sakit, tetapi ketika sudah menembus email gigi maka akan terasa sakit (Ramadhan, 2010).

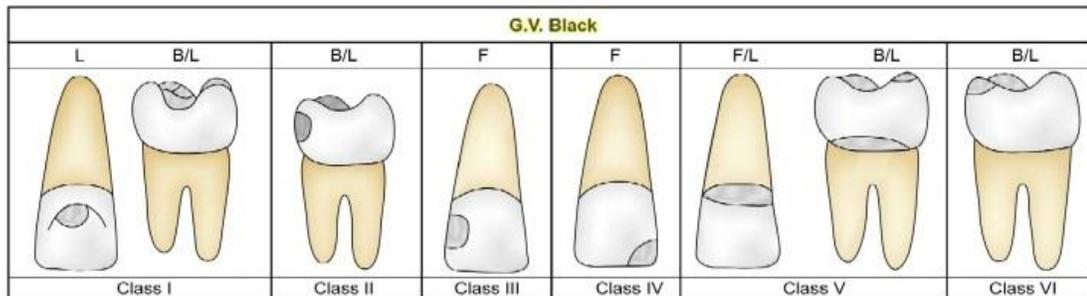
c. Jenis-Jenis Karies Gigi

Karies gigi dapat digolongkan kedalam empat jenis berdasarkan tempat terbentuknya sebagai berikut:

- 1) Karies *Inspiens* : karies yang terdapat pada lapisan terluar dan terkeras gigi (enamel), belum terasa sakit, ditandai dengan adanya pewarnaan hitam atau coklat pada enamel.
- 2) Karies *Superficialis* : karies yang sudah menembus enamel dan kadang-kadang terasa sakit.
- 3) Karies *Media* : karies yang berada diantara dentin (tulang gigi) dan pulpa, akan terasa sakit ketika mendapat rangsangan dingin dan makanan atau minuman panas atau dingin.
- 4) Karies *Profunda* : karies yang sudah melebihi dentin (tulang gigi) atau telah mencapai pulpa, akan terasa sakit saat makan bahkan secara tiba-tiba.

d. Klasifikasi Karies Menurut G.V. Black

Karies gigi menurut Greene Vardiman Black sebagai salah satu tokoh pendiri kedokteran gigi modern di Amerika Serikat dapat di golongan kedalam enam kelas dengan posisi yang berbeda-beda seperti pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Klasifikasi G.V Black

1) Kelas I

Karies pada $2/3$ *occlusal/labial/lingual/palatal* dari gigi-geligi posterior dan anterior.

2) Kelas II

Karies yang terdapat pada permukaan *proximal* dari gigi-geligi posterior, yaitu pada permukaan halus/lesi mesial dan atau distal yang biasanya berada di bawah titik kontak yang sulit dibersihkan, termasuk karies yang menjalar ke permukaan *occlusalnya*.

3) Kelas III

Karies yang terdapt pada permukaan proksimal dari gigi seri sentral,gigi seri lateral dan cuspid yang belum mengenai *incisal edge*.

4) Kelas IV

Karies yang terdapat pada permukaan proksimal dari gigi seri sentral,gigi seri lateral dan cuspid yang sudah mengenai *incisal egde*.

5) Kelas V

Karies yang terdapat pada $1/3$ *cervical* dari permukaan buccal/labial/lingual/palatal dari seluruh gigi-geligi.

6) Kelas VI

Karies gigi yang terletak pada bagian cups gigi belakang.

e. Akibat Adanya Karies Gigi

Pada tahap awal, karies gigi tidak menimbulkan rasa sakit, tetapi pada tahap selanjutnya akan menimbulkan rasa sakit pada gigi yang terkena maupun daerah sekitarnya. Rasa sakit yang dialami berawal karena adanya kontak makanan atau minuman yang panas atau dingin. Rasa sakit yang muncul dan semakin tajam terjadi saat lubang gigi dan invasi bakteri semakin dalam pada enamel dan dentin gigi. Apabila invasi bakteri sudah mencapai pulpa gigi yang terdiri dari syaraf dan pembuluh darah maka akan menyebabkan infeksi yang disebut pulpitis. Bakteri yang terus menerus menyerang pulpa akan membuat syaraf mati dan semakin lama akan menimbulkan abses gigi yang akan menimbulkan rasa yang sangat sakit. Sehingga membuat gigi tidak dapat diselamatkan dan harus dicabut.

2.2.2 Pengolahan Citra Digital

a. Image Processing

Pengolahan citra digital (*Image Processing*) adalah ilmu yang mempelajari teknik-teknik mengolah citra. Citra yang dimaksud adalah gambar diam (foto) maupun gambar bergerak, sedangkan digital yang dimaksud adalah proses pengolahan citra/gambar secara digital menggunakan computer. Proses pengolahan citra dilakukan dengan masukan (*input*) berupa citra (*image*) dengan hasil (*output*) juga berupa citra. Proses tersebut juga dapat digunakan untuk mengekstrak ciri suatu citra. Langkah-langkah pengolahan citra terdiri dari :

1) Akuisisi Citra

Akuisi citra adalah tahap awal untuk membentuk citra kontinyu ke dalam citra diskrit (digital). Citra digital dari sistem analog diubah menjadi citra diskrit melalui proses digitalisasi citra. Hasil dari digitalisasi citra disebut dengan citra digital. Yang dilakukan pada tahap ini yaitu mengambil citra yang diperlukan dan memilih metode pencitraan (Tarianti, 2018)

2) *Pre-processing*

Tahap *pre-processing* adalah tahapan yang digunakan untuk membuat citra asli menjadi lebih baik kualitasnya, hal itu membuat tingkat

keberhasilan pada tahap berikutnya meningkat. Yang dapat dilakukan pada tahap ini antara lain meningkatkan kontras, menghilangkan noise, *resizing*, *grayscale* dan menentukan citra yang akan diproses. *Resizing* adalah proses untuk mengubah resolusi suatu citra secara vertical dan horizontal. *Grayscale* adalah proses konversi citra RGB menjadi citra *grayscale* (keabuan) dengan nilai 0 (hitam) hingga 255 (putih) (Kadir dan Susanto, 2013).

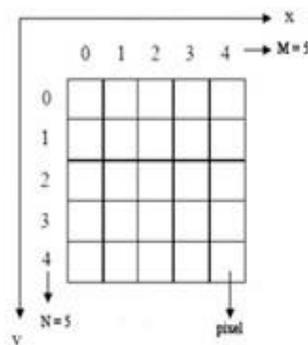
3) Segmentasi Citra

Segmentasi citra digunakan untuk membagi citra kedalam beberapa segmen yang memiliki kemiripan atribut. Namun pada citra yang hanya memiliki satu objek, maka citra tersebut dibedakan bersarkan latar belakangnya. Segmentasi juga dilakukan untuk proses tahap awal klasifikasi citra. Proses segmentasi dilakukan dengan dua teknik berdasarkan nilai aras keabuan, ketika nilai aras keabuan berbeda maka dapat dikatakan sebagai pemisah citra (Kadir dan Susanto, 2013)

b. Citra Digital

Citra digital adalah citra kontinyu $f(x,y)$ yang sudah didiskritkan baik koordinat spasial maupun tingkat kecerahannya. Seperti yang ditunjuk pada Gambar 2.3. Setiap titik biasanya memiliki koordinat sesuai dengan posisinya dalam citra. Koordinat ini biasanya dinyatakan indeks x dan y hanya bernilai bilangan bulat positif,

$$f(x,y) = \begin{Bmatrix} f(0,0) & \dots & f(0,n-1) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ f(n-1,0) & \dots & f(n-1,n-1) \end{Bmatrix}$$



Gambar 2. 3 Citra Digital

yang dapat dimulai dari 0 atau 1. Sebuah citra digital dapat diwakili oleh sebuah matriks dua dimensi $f(x,y)$ yang terdiri dari M kolom dan N baris, dimana perpotongan antara kolom dan baris disebut piksel (pixel = picture element) atau elemen terkecil dari sebuah citra.

c. Citra Grayscale/Graylevel

Grayscale adalah citra keabuan yang memiliki nilai 0-255 yang menunjukkan tingkat keabuan atau kecerahan dari suatu citra (0 = hitam/gelap dan 255 = putih/terang). Seperti yang ditunjuk pada Gambar 2.4. Citra *grayscale* berbeda dengan citra hitam-putih, dimana pada konteks computer citra hitam-putih hanya terdiri dari 2 warna saja yaitu hitam dan putih. Sedangkan pada citra *grayscale* memiliki banyak

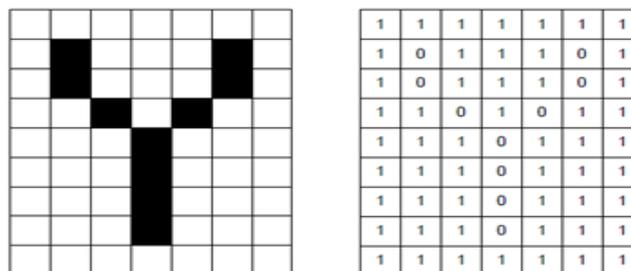


Gambar 2. 4 Skala Keabuan/Grayscale (Wiryadinata, Sagita, Wardoyo, & Priswanto, 2016)

variasi warna antara hitam dan putih.

d. Citra Biner

Citra yang hanya memiliki dua nilai yaitu 0 (putih) dan 1 (hitam). Citra biner diperoleh melalui proses pemisahan pixel berdasarkan derajat keabuan yang dimilikinya. Tampak pada Gambar 2.5. Proses pemineran dilakukan dengan membulatkan ke atas atau ke bawah untuk setiap nilai keabuan dari pixel yang berada

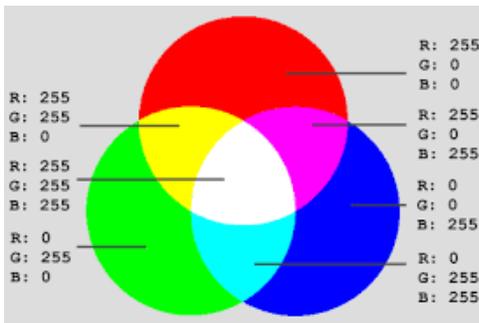


Gambar 2. 5 Citra Biner

di atas atau bawah harga ambang. Metode untuk menentukan besarnya nilai ambang disebut *thresholding* (Wiryadinata, Sagita, Wardoyo, & Priswanto, 2016).

e. Citra Warna RGB

Citra warna RGB (Red-Green-Blue) adalah pewarnaan citra yang terdiri dari 3 buah matriks *grayscale* berupa matriks *R-layer*, *G-layer* dan *B-layer*. *R-layer* adalah matrik yang menunjukkan derajat kecerahan warna merah dari 0 (gelap) hingga 255 (cerah). Dapat dilihat pada Gambar 2.6. Begitu pula matriks *G-layer* untuk menunjukkan derajat kecerahan warna hijau dan *B-layer* untuk menunjukkan derajat warna biru. Untuk memunculkan warna tertentu dapat dilakukan dengan mencampurkan ketiga warna dasar tersebut.



Gambar 2. 6 Citra Warna RGB (Wiryadinata et al., 2016)

2.2.3 Metode Ekstraksi

a. Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM)

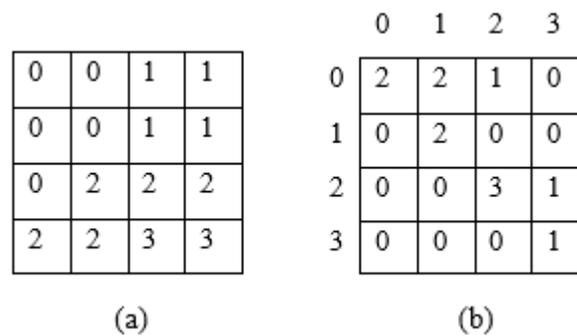
- Pengertian GLCM

Secara sejarah, metode yang paling umum digunakan untuk menggambarkan informasi tekstur adalah pendekatan berbasis statistic. Ada beberapa algoritma statistic untuk analisis tektur seperti, GLCM, *gray-level run length*, *gray-level different vector*, *fourier power spectrum*, *max-min texture*, *sum and difference histogram*, *texture spectrum* dan *semiveriogram*. Dalam kasus klasifikasi fitur gambar, beberapa peneliti telah menyetujui bahwa GLCM memiliki kemampuan terbaik untuk melakukan ekstrksi fitur. Ekstraksi fitur menggunakan metode GLCM dapat menghasilkan klasifikasi yang lebih baik dari metode lain (Jusman et al., 2017). Gray Level Co-occurrence Matrix adalah metode statistik yang sering digunakan untuk analisis tekstur. GLCM adalah

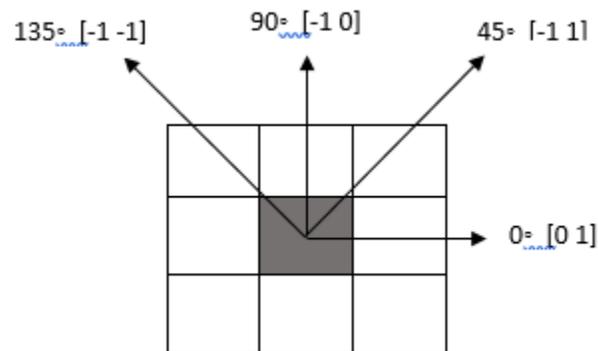
suatu matriks yang menggambarkan frekuensi munculnya pasangan dua piksel dengan intensitas tertentu dalam jarak dan arah tertentu dalam citra. GLCM dapat dihitung menggunakan beberapa arah offset spasial yaitu 0 derajat, 40 derajat, 90 derajat dan 135 derajat. Seperti yang digambarkan pada Gambar 2.7 dan Gambar 2.8.

- Pembentukan matrix GLCM

Pembentukan matrix GLCM yang memiliki 4 tingkat keabuan pada jarak $d=1$ dan arah sudut 0 derajat.



Gambar 2. 7 (a) Citra 4 Tingkat Keabuan (b) Matriks GLCM (Tansa et al,2010)



Gambar 2. 8 Arah pixel matrix GLCM (Tansa et al, 2010)

- Proses normalisasi GLCM

Proses normalisasi berisi nilai probabilitas kombinasi horizontal pada matrix citra, dirumuskan dengan persamaan (2.1).

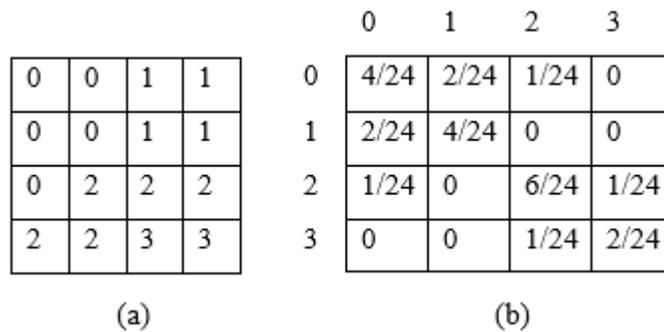
$$P_{i,j} = \frac{V_{i,j}}{\sum_{i,j=0}^{N-1} V_{i,j}} \dots\dots\dots \text{Pers. (2.1)}$$

Dimana :

$V_{i,j}$ = banyaknya kemungkinan (probabilitas) nilai yang muncul

$\sum_{i,j=0}^{N-1} V_{i,j}$ = jumlah total probabilitas kombinasi yang terjadi

Dibawah ini adalah contoh citra matrix (4 x 4) yang memiliki nilai jumlah total probabilitas kombinasi yang terjadi sebar 24 yang berasal dari 12 kombinasi arah kiri + 12 kombinasi arah kanan, yang digambarkan pada Gambar 2.9.



Gambar 2. 9 (a) Contoh citra 4 tingkat keabuan (b) Normalisasi GLCM (Tansa et al,2010)

- Ekstraksi fitur

Matrix Co-occurrence harus disarikan lagi menjadi angka-angka supaya dapat diklasifikasikan teksturnya. Haralick pada tahun 1973 telah mengusulkan 14 ciri/fitur pada GLCM, tetapi Connors dan Harlow pada tahun 1980-an mengkaji bahwa hanya ada 4 fitur yang biasa digunakan dari 14 fitur yang telah diusulkan sebelumnya. Ke-4 fitur yang biasa digunakan yaitu :

1) Contrast

Contrast digunakan untuk mengukur tingkat kekontrasan antar pixel, dirumuskan dengan persamaan (2.2).

$$\text{Contrast} = \sum_i^M \sum_j^N (i - j)^2 P(i, j) \dots\dots\dots \text{Per. (2.2)}$$

Dimana :

M = maksimum nilai level keabuan baris ke-i

N = maksimum nilai level keabuan kolom ke-j

i = nilai level keabuan baris ke- i

j = nilai level keabuan pada kolom ke- j

$P(i,j)$ = peluang nilai level keabuan pada baris ke- i dan kolom ke- j

2) *Correlation*

Correlation digunakan untuk mengukur nilai korelasi antar pixel, yang dirumuskan pada persamaan (2.3).

$$\text{Correlation} = \sum_i^M \sum_j^N \frac{(i-\mu_i)(j-\mu_j)P(i,j)}{\sigma^2} \dots\dots\dots \text{Pers. (2.3)}$$

Dimana :

$\mu_i = \sum_{i,j} i P(i,j)$ = nilai mean baris ke- i

$\mu_j = \sum_{i,j} j P(i,j)$ = nilai mean kolom ke- j

$\sigma^2 = \sum_{i,j} P(i,j)(i-\mu_i)^2$ = nilai standard deviasi

3) *Energy*

Energy digunakan untuk mengukur jumlah elemen kuadrat dalam GLCM, dirumuskan dengan persamaan (2.4).

$$\text{Energy} : \sum_i^M \sum_j^N P^2(i,j) \dots\dots\dots \text{Pers. (2.4)}$$

Dimana :

M = maksimum nilai level keabuan baris ke- i

N = maksimum nilai level keabuan kolom ke- j

i = nilai level keabuan baris ke- i

j = nilai level keabuan pada kolom ke- j

$P(i,j)$ = peluang nilai level keabuan pada baris ke- i dan kolom ke- j

4) *Homogeneity*

Homogeneity digunakan untuk mengukur kedekatan distribusi elemen dalam GLCM, dirumuskan dalam persamaan (2.5).

$$\text{Homogeneity} : \sum_i^M \sum_j^N \frac{P(i,j)}{1+|i-j|} \dots\dots\dots \text{Pers (2.5)}$$

Dimana :

M = maksimum nilai level keabuan baris ke- i

N = maksimum nilai level keabuan kolom ke- j

i = nilai level keabuan baris ke- i

j = nilai level keabuan pada kolom ke- j

$P(i,j)$ = peluang nilai level keabuan pada baris ke- i dan kolom ke- j

b. Watershed

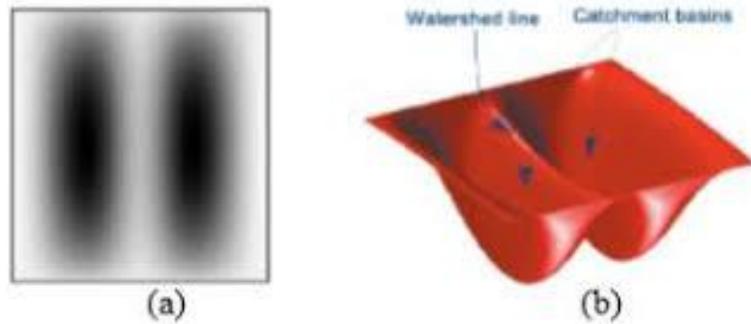
Watershed merupakan salah satu metode yang digunakan untuk melakukan proses segmentasi citra. *Watershed* memiliki konsep dengan cara menganggap bahwa sebuah citra merupakan 3 dimensi. *Watershed* memiliki prinsip untuk mencari garis *watershed*, yang berarti bahwa titik-titik tertinggi pada citra 3 dimensi yaitu posisi x dan posisi y . Dimana posisi x dan posisi y merupakan bidang dasar dan warna piksel (Restyana, Indah;Hidayat, Bambang;Haryati, 2018).

Analisis ini dapat dijelaskan melalui gambaran perilaku air terhadap bentang alam. Air yang turun saat terjadinya hujan kan menggenang pada suatu daerah lembah. Semakin lama maka air akan naik dan dapat melebihi lembah mencapai pada puncak. Ketika air akan mencapai puncak dan akan bergabung dengan air dari lembah lain, maka dibutuhkan dam untuk mencegahnya. Sehingga air berhenti mengalir setelah mencapai tingkat batas dari dam.

Dari gambaran tersebut maka didapatkan titik-titik, yaitu : (Gunawan ; Halim, Fandi ; Wijaya, 2011)

1. Titik dari daerah yang rendah
2. Titik tempat menetesnya air, dimana saat air menetes maka air tersebut akan jatuh hingga ke posisi minimum tertentu
3. Titik tempat jatuhnya air ke salah satu posisi minimum (tidak pasti jatuh ke sebuah titik minimum, tetapi dapat jatuh ke titik minimum tertentu atau titik minimum yang lain).

Dalam prinsip *watershed*, maka kondisi nomor 2 disebut sebagai lembah penampungan (*catchmen basin*). Sedangkan kondisi nomor 3 disebut sebagai garis *watershed*. Ilustrasi *watershed* dapat digambarkan pada Gambar 2.10.



Gambar 2. 10 Ilustrasi Watershed ((Restyana, Indah;Hidayat, Bambang;Haryati, 2018)

2.2.4 Metode Klasifikasi

a. K-Nearest Neighbor

Metode *K-Nearest Neighbor* (KNN) merupakan metode yang melakukan klasifikasi data berdasarkan perbandingan nilai jarak tetangga terdekatnya. KNN metode yang menggunakan algoritma *supervised* dimana hasil dari *query instance* yang baru diklasifikasikan berdasarkan mayoritas dari kategorinya. Tujuan dari KNN yaitu untuk atribut dan *training sample*. Klasifikasi KNN berdasarkan *votting* terbanyak dari suatu obyek (Sikki, 2009).

Jarak *Euclidean* untuk mengukur jauh dekat jarak tetangga dapat dihitung berdasarkan rumus umum pada persamaan (2.6).

$$d = \sqrt{(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + \dots + (a_n - b_n)^2}$$

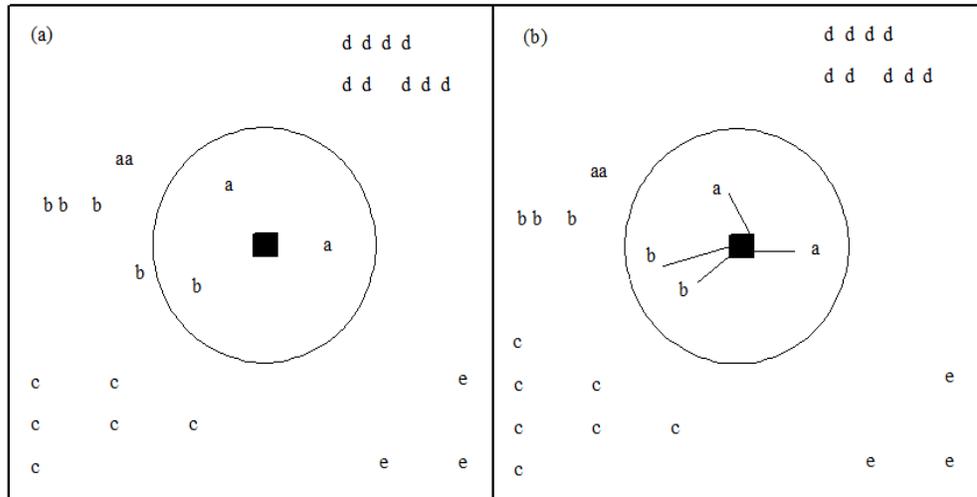
$$= \sqrt{\sum_{k=1}^n (a_k - b_k)^2} \dots \dots \dots \text{Pers. (2.6)}$$

Langkah-langkah untuk melakukan klasifikasi KNN adalah :

1. Apabila sekumpulan vector dari data latih memiliki nilai N titik data keseluruhan, maka kenalilah k -buah tetangga terdekat dari sampel x dimana k merupakan bilangan ganjil.
2. Setelah mengenali k -buah tetangga terdekat, identifikasi jumlah vector k_i pada kelas ω_i , $i = 1, 2, 3, \dots, M$ dengan $\sum_i k_i = k$.
3. Masukkan nilai x pada kelas ω_i dengan nilai maksimum k_i .

4. Jika terdapat dua atau lebih kelas ω_i yang memiliki E tetangga terdekat, maka terjadinya kondisi seimbang (konflik) dan digunakan strategi pemecah konflik.
5. Untuk masing-masing kelas yang terlibat dalam konflik, tentukan jarak d_i antara x dengan kelas ω_i berdasarkan E tetangga terdekat yang ditemukan pada kelas ω_i .
6. Jika pola plethian ke- m dari kelas ω_i yang terlibat dalam konflik ditunjukkan dengan $y^{im} = \{y_1^{im}, \dots, y_N^{im}\}$ maka jarak antara x dengan kelas ω_i di rumuskan dengan persamaan (2.7).

$$d_i = \frac{1}{E} \sum_{j=i}^N |(x_j - y_j)^{im}| \dots \dots \dots \text{Pers. (2.7)}$$
7. Masukkan x ke dalam kelas dengan jarak d_i paling kecil, yaitu $x \in \omega_c$, jika $d_c < d_i$ untuk $I, C \in [1, \dots, M]$ dan $I \neq C$.



Gambar 2. 11 (a) Model awal KNN (b) Model KNN dengan strategi pemecahan konflik

Dari gambar 2.10 (a) dapat diketahui bahwa nilai $k = 3$ dan dapat diketahui bahwa titik uji tersebut termasuk kedalam kelas a. Karena tidak terjadi adanya konflik antara kelas a dan kelas b, maka tidak dilakukan pemecahan konflik. Sedangkan pada gambar (b) dengan $k = 4$ terjadi konflik antara kelas a dan kelas b. Masing-masing kelas memiliki jumlah tetangga terdekat E sebanyak 2, maka untuk menentukan titik uji tersebut masuk ke dalam kelas a atau kelas b harus dilakukan aturan pemecahan

konflik dengan cara menghitung jarak terdekat antara kelas a dan kelas b (Sumarlin, 2015).

b. K-Means Clustering

Metode K-Means *clustering* yang diperkenalkan oleh James B MacQueen dalam *Proceeding of the 5th Berkeley Symposium on Mathematical Statistic and Probability* pada tahun 1967 adalah salah satu metode *cluster analysis* non-hirarki yang mempartisi data berdasarkan karaktersitiknya (Effendy, Fatichah, & Purwitasari, 2014).

Menurut (Yudi Agusta, 2007) secara umum data *clustering* menggunakan metode ini dilakukan dengan cara :

1. Menentukan jumlah *cluster*.
2. Alokasikan data ke dalam *cluster* secara *random*.
3. Menghitung *centroid*/rata-rata dari data yang ada pada masing-masing *cluster*.
4. Kembali ke step-3, apabila masih ada data yang berpindah *cluster* atau terjadi perubahan nilai *centroid*, ada yang di atas nilai *threshold* atau ada perubahan nilai pada *objective function* yang digunakan.

2.2.5 MATLAB

MATLAB merupakan singkatan dari *Matrix Laboratory*, yang awalnya dibuat untuk memudahkan pengembangan perangkat lunak berbasis matrik yang telah dikembangkan oleh LINPACK (*Linear system Package*) dan EISPACK (*Eisen system Package*). Sedangkan saat ini, MATLAB berkembang sehingga mampu menganalisa data, mengembangkan algoritma, menciptakan model dan simulasi, serta mampu menciptakan GUI (Irwandhono, 2016).

Toolbox atau fitur-fitur pada MATLAB untuk penyelesaian spesifik adalah koleksi komprehensif dari fungsi-fungsi MATLAB yang memperlebar lingkungan MATLAB dalam menyelesaikan kelas-kelas tertentu dari permasalahan. Beberapa *toolbox* meliputi bidang pengolahan sinyal, sistem kendali, jaringan syaraf, logika *fuzzy*, *wavelet* dan lain sebagainya (Wijaya, 2007).

2.2.6 Graphical User Interface GUI

Graphical User Interface adalah suatu tampilan grafik yang berisi *control* untuk menjalankan tugas secara interaktif. Untuk menjalankan tugas tertentu, pengguna tidak perlu menuliskan *script* pada *command window* dan tidak perlu mencari secara detail mengenai cara kerja atau algoritma dari suatu program bekerja.

Setiap komponen yang ada di dalam GUI disebut sebagai *control*. Untuk menciptakan GUI secara umum dimulai dengan pembuatan *layout*, yang dilakukan dengan menentukan posisi, ukuran, serta tipe *control* yang dikehendaki. *Callback* atau istilah untuk menjalankan tugas dalam GUI pada setiap *control* perlu didefinisikan terlebih dahulu supaya dapat bekerja. *Callback* akan dieksekusi setelah mendapat perintah dari pengguna.

Menurut (Irwandhono, 2016) ada dua cara yang dapat digunakan untuk pembuatan GUI yaitu :

1. Membuat GUI dengan GUIDE

GUIDE (*Graphical User Interface Design Environment*) merupakan fitur yang digunakan untuk mempermudah pembuatan GUI. *Layout* akan ditampilkan oleh GUIDE sehingga dapat mempermudah pengguna dalam menentukan posisi dan ukuran dari setiap *control* yang akan ditampilkan. Selain itu, GUIDE juga akan memunculkan *script* berisi *callback* dari setiap *control* itu sendiri. GUIDE akan menyimpan *layout* desain UI dalam bentuk FIG-file serta *script coding* dalam bentuk file.m.

2. Membuat GUI secara terprogram

Pembuatan GUI secara terprogram tidak sama halnya pada GUIDE, karena metode ini tidak menampilkan *layout* secara langsung, sehingga pengguna perlu mendefinisikan property ada *control* yang akan digunakan. Seperti mengatur posisi, ukuran, tipe *control* dan sebagainya. Selain itu metode ini juga melakukan *callback* satu persatu menggunakan *script coding*.