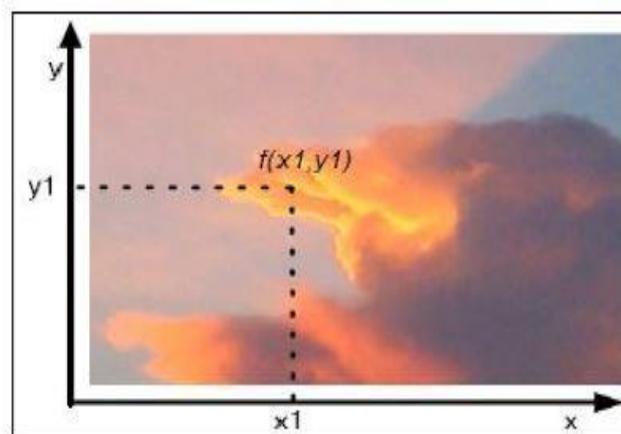


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Citra dan Tipe Citra

Citra merupakan sebuah gambaran atau rupa, kemiripan dari suatu objek dalam dua dimensi. Citra dibedakan menjadi 2 yaitu citra bersifat analog dan bersifat digital. Citra analog adalah citra yang bersifat kontinu seperti gambar pada monitor televisi, foto sinar-x, hasil *CT Scan*. Citra digital adalah citra yang dapat diolah oleh komputer (Sutoyo, 2009).



Gambar 2.1 Contoh Citra Digital (Sutoya, 2009)

Suatu citra dapat didefinisikan sebagai fungsi $f(x,y)$ berukuran M baris dan N kolom dengan x dan y adalah koordinat spasial dan amplitudo f di titik koordinat (x,y) dinamakan intensitas atau tingkat keabuan dari citra pada titik tersebut. Apabila x,y dan nilai amplitudo f secara keseluruhan berhingga dan bernilai diskrit maka dapat dikatakan bahwa citra tersebut adalah citra digital (Putra, 2010).

Pengolahan citra mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan perbaikan kualitas gambar yang terdiri dari peningkatan kontras, transformasi warna dan restorasi citra serta transformasi gambar yang terdiri dari rotasi, translasi, skala, transformasi geometrik. pengolah citra melakukan pemilihan citra ciri yang optimal untuk tujuan analisis, melakukan proses pengenalan obyek yang terkandung pada citra, melakukan kompresi data untuk tujuan penyimpanan data, transmisi dan waktu proses data. Input dari pengolahan citra adalah citra dan outputnya adalah citra hasil pengolahan (Sutoyo, 2009).

Resolusi citra merupakan tingkat detail suatu citra. Semakin tinggi resolusi citra maka akan semakin tinggi pula tingkat detail dari citra tersebut. Resolusi sebuah citra dapat diukur dengan berbagai cara sebagai berikut (Putra, 2010):

1. Resolusi Spasial

Resolusi spasial menunjukkan seberapa dekat jarak setiap garis pada citra. Jarak tersebut tergantung dari sistem yang menciptakan citra tersebut. Resolusi spasial menghasilkan jumlah pixel per satuan panjang.

2. Resolusi Spektrum

Sebuah citra digital membedakan intensitas ke dalam beberapa spektrum. Citra multi spektrum akan memberikan spektrum atau panjang gelombang yang lebih baik yang akan digunakan untuk menampilkan warna.

3. Resolusi Temporal

Revolusi temporal berkaitan dengan video. Video merupakan kumpulan frame statis yang berupa citra yang berurutan dan ditampilkan secara cepat. Resolusi teporal memberikan jumlah frame yang dapat ditampilkan setiap detik dengan satuan *frame per second* (fps).

Suatu pixel memiliki nilai dalam rentang tertentu dari nilai minimum sampai nilai maksimum. Jangkauan yang digunakan berbeda-beda tergantung dari jenis warnanya. Secara umum memiliki jangkauan 0-255. Citra dengan penggambaran seperti ini digolongkan ke dalam citra integer.

Sebuah format file citra harus dapat menyatukan kualitas citra, ukuran file dan komabilitas dengan berbagai aplikasi. Format citra standar yang digunakan saat ini terdiri dari beberapa jenis di antaranya :

1. Bitmap (.bmp)

Format .bmp adalah format penyimpanan standar tanpa kompresi yang umum dapat digunakan untuk menyimpan citra biner hingga citra warna. Format ini terdiri dari beberapa jenis yang setiap pixelnya ditentukan dengan jumlah bit yang digunakan untuk menyimpan sebuah nilai pixel.

2. *Tagged Image Format* (.tif, .tiff)

Format .tif merupakan format penyimpanan citra yang dapat digunakan untuk menyimpan citra bitmap hingga citra dengan warna palet terkompresi. Format ini digunakan untuk menyimpan citra yang tidak terkompresi dan juga citra terkompresi.

3. *Portable Network Graphics* (.png)

Format .png adalah format penyimpanan citra terkompresi. Format ini digunakan pada citra *grayscale*, citra dengan palet warna dan juga citra *fullcolor*. Format ini juga mampu menyimpan informasi hingga kanal alpha dengan penyimpanan sebesar 1 hingga 16 bit per kanal.

4. JPEG (.jpg)

Format .jpg adalah format yang sangat umum digunakan saat ini khususnya untuk transmisi citra. Format ini digunakan untuk menyimpan citra hasil kompresi dengan metode JPEG.

Terdapat empat buah tipe citra, yaitu (Marvin, 2007) :

a. Citra ber-indeks

Citra yang mengandung sebuah matriks data dan matriks *colormap*. Setiap baris pada map atau peta adalah data komponen untuk merah, hijau dan biru.

b. Citra RGB

Citra RGB disebut juga citra “*true color*”, warna setiap *pixels* ditentukan kombinasi merah, hijau dan biru. Format citra menyimpan citra RGB dalam citra 24 bit dengan komponen merah, hijau dan biru, masing-masing disimpan dalam ukuran 8 bit. Kombinasinya menjadi 16 juta warna sehingga disebut “*true color*”.

c. Citra intensitas

Citra intensitas adalah sebuah matriks data yang mempresentasikan nilai dalam suatu *range* atau jangkauan. Elemen matriks intensitas merepresentasikan berbagai intensitas atau level keabuan, nilai 0 biasanya berarti hitam dan nilai 1 atau nilai 255 atau 65535 (bergantung pada tipe datanya).

d. Citra biner

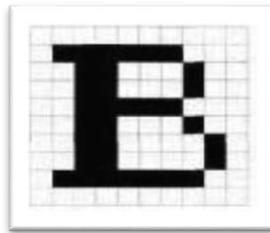
Sebuah citra biner, setiap *pixels* hanya mempunyai dua kemungkinan yaitu nilai 0 dan 1. Citra biner dapat dianggap sebagai tipe khusus dari citra intensitas yang hanya berisi hitam dan putih. Sebuah citra biner dapat disimpan dengan tipe

double atau *uint8*, *uint8* lebih banyak digunakan dari pada *double*, karena tipe *uint8* menggunakan lebih sedikit memori.

2.2 Pengolahan citra digital

Pengolahan citra merupakan sebuah sistem yang melakukan proses dengan masukan berupa citra dan keluaran juga berupa citra yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas citra masukan. Secara umum citra yang dapat diolah dan dihasilkan oleh komputer yaitu:

1. Citra biner adalah citra digital yang hanya memiliki dua kemungkinan nilai *pixel* yaitu hitam dan putih. Gambar citra biner dapat dilihat pada gambar 2.2



Gambar 2.2 Citra Biner (Google Image)

Warna hitam ditunjukkan dengan nilai 0 dan warna putih ditunjukkan dengan nilai 1. Citra biner juga disebut citra monokrom. Citra biner muncul sebagai hasil dari proses pengolahan seperti segmentasi, pengambangan, morfologi atau *dithering*.

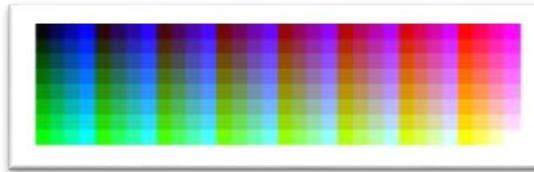
2. *Grayscale* merupakan citra digital yang dapat menghasilkan gradasi warna abu-abu dari warna hitam hingga warna putih dengan tingkat keabuan berupa bilangan antara 0 sampai 255. Nilai tersebut digunakan untuk menunjukkan nilai intensitas. Gambar citra biner dapat dilihat pada gambar 2.3



Gambar 2.3 Citra *Grayscale* (Google Image)

Nilai 0 untuk warna hitam, nilai 255 untuk warna putih dan nilai di antara 0 sampai 255 untuk warna abu-abu.

3. Citra warna atau RGB merupakan perpaduan dari ketiga komponen utama pembentuk warna yang dikenal sebagai warna RGB. Gambar citra berwarna dapat dilihat pada gambar 2.4



Gambar 2.4 Citra Warna (Google Image)

RGB terdiri dari tiga warna dasar yaitu merah, hijau dan biru yang berukuran sama. Gabungan dari ketiga warna tersebut akan membentuk warna-warna lain tergantung komposisi ketiga komponen pada koordinat tersebut.

Histogram citra sangat berkaitan dengan berbagai teknik pengolahan citra terutama metode-metode yang tergolong dalam operasi titik. Histogram citra ditampilkan dalam grafik 2D, dengan sumbu x menyatakan nilai intensitas pixel dan sumbu y menyatakan frekuensi atau banyaknya kemunculan suatu nilai intensitas pixel.

Ekualisasi histogram merupakan salah satu bagian penting dari beberapa aplikasi pengolahan citra. Tujuan dari teknik ini adalah untuk menghasilkan histogram citra yang seragam. Teknik ini dapat dilakukan pada keseluruhan citra atau pada beberapa bagian citra saja. Teknik ini hanya melakukan distribusi ulang terhadap distribusi intensitas dari histogram awal. Jika histogram awal memiliki beberapa puncak dan lembah maka histogram hasil ekualisasi akan tetap memiliki puncak dan lembah. Histogram ekualisasi akan lebih disebar (Putra, 2010).

2.3 Segmentasi Citra

Segmentasi citra merupakan sebuah proses untuk membagi citra ke dalam sejumlah region atau obyek. Segmentasi bertujuan untuk mempartisi citra menjadi bagian-bagian pokok yang mengandung informasi penting misalnya pada pemisahan obyek dan latar belakang.

Teknik *thresholding* atau nilai ambang merupakan titik pusat dalam aplikasi segmentasi yang bertujuan untuk memisahkan bagian tertentu dengan bagian lain (Prasetyo, 2011). *Threshold* dilakukan dengan mempertegas citra dengan cara mengubah citra hasil yang memiliki derajat keabuan 255 (8 bit), menjadi hanya dua buah yaitu hitam dan putih atau dalam citra biner. Hal yang perlu diperhatikan pada proses *threshold* adalah memilih sebuah nilai *threshold* (T) dimana piksel yang bernilai dibawah nilai *threshold* akan diset menjadi hitam dan piksel yang bernilai diatas nilai *threshold* akan diset menjadi putih. Secara umum, proses *thresholding* citra *grayscale* untuk menghasilkan citra biner dapat dijelaskan dengan persamaan:

$$T = \frac{f_{maks} + f_{min}}{2} \dots \dots \dots 2.1$$

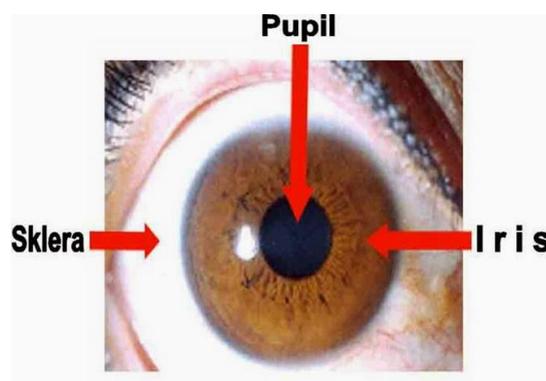
Dimana adalah nilai intensitas maksimum pada citra dan adalah nilai intensitas minimum pada citra. Jika $f(x,y)$ adalah nilai intensitas pixel pada posisi (x,y) maka pixel tersebut diganti putih atau hitam tergantung kondisi berikut.

$$f(x, y) = 255, \text{ jika } f(x, y) \dots \dots \dots 2.2$$

$$f(x, y) = 0, \text{ jika } f(x, y) \dots \dots \dots 2.3$$

2.4 Anatomi Iris Mata Manusia

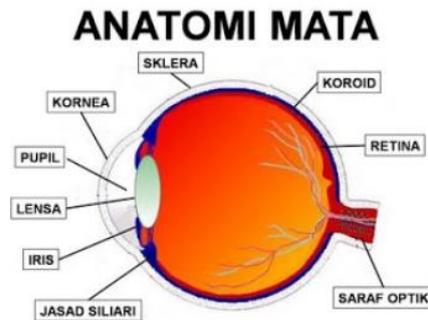
Iris merupakan bagian yang berwarna yang tampak pada bola mata. Bagian iris terlihat sebagai lingkaran mata yang melingkupi bagian hitam pupil dengan warna-warna tertentu.



Gambar 2.5 Penampakan Iris pada Bagian Mata (*Google Image*)

2.4.1 Karakteristik Iris

Secara anatomi iris merupakan sebuah organ internal yang dilindungi, terletak di belakang *kornea* dan *aqueous*, serta berada di depan lensa mata. Iris merupakan satu-satunya organ internal tubuh yang dapat terlihat dari luar. Iris dapat terlihat cukup jelas pada jarak 1 meter.



Gambar 2.6 Struktur Anatomi Mata (*Google Image*)

Bagian depan dari iris berbentuk tidak teratur, cenderung kasar serta memiliki alur yang tidak rata. Bagian ini dibentuk oleh lapisan yang terdiri dari sel pigmen dan *fibroblast*. Bagian bawah dari lapisan ini adalah jaringan ikat yang berkadar darah rendah (*poorly vascularized*) dengan beberapa serat, *fibroblast* dan *melanocyte*. Bagian selanjutnya merupakan bagian yang kaya akan supply darah tertutup oleh jaringan ikat yang longgar. Tekstur dari iris bersifat stokastik. Hal ini disebabkan karena morfologi iris sangat bergantung pada kondisi awal pada fasa *mesoderm embrionik*, saat dimana iris mulai berkembang. Bentuk *fenotip* dari dua iris yang bahkan mempunyai genotip yang sama (misalnya pada dua orang yang kembar atau iris kiri dan kanan) akan tidak berkorelasi satu sama lainnya.

Adapun karakteristik iris adalah :

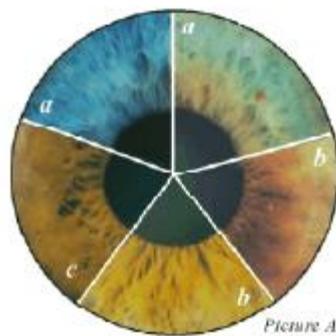
1. Mempunyai bentuk geometri polar, merupakan sistem koordinat yang alami.
2. Mempunyai tingkat ketidakteraturan yang tinggi dan mempunyai *entropi* 3.2 bit per millimeter persegi jaringan iris.

2.4.2 Warna Dasar Iris

Warna iris manusia sangat beraneka ragam, tergantung dari ras dan etniknya. Beberapa ahli iridologi mengklasifikasikan warna iris yang menjadi hitam, coklat, emas, biru tua, hijau, biru muda dan abu-abu. Kesemuannya itu dapat dibagi menjadi tiga bagian utama, yaitu : biru coklat dan campuran.

Warna biru dan coklat merupakan warna iris murni. Warna campuran berasal dari gabungan genetika yang berbeda sebagai akibat perkawinan antar ras, dan merupakan anomali genetika dari warna iris coklat dan biru.

Akibat perkawinan antar ras, terdapat bermacam-macam warna dasar iris. Tidak terdapat warna yang ideal, dengan kata lain tidak terdapat iris dengan warna yang paling baik, masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan. Iris yang jernih mengindikasikan berbagai organ di dalam tubuh berfungsi dengan baik. Jika salah satu organ tubuh tidak berfungsi dengan normal, terdapat kemungkinan warna iris akan berubah pada area yang berhubungan dengan bagian tubuh yang bersangkutan.



Gambar 2.7 Skema Warna Mata (a). Iris Biru, (b). Iris Cokelat, (c). Iris Campuran

1. Iris Biru

Warna biru dari iris merupakan refleksi cahaya dari jaringan *epithel posterior* yang terlihat melalui *stroma* yang tak berpigmen (lapisan otot pada iris). Iris berwarna dasar biru/abu-abu ditemukan di Nordic, Eropa, dan ras Anglo-Saxon. Warna iris ini mengindikasikan mudahnya terserang kondisi ‘asam’ seperti *arthritic*, *rheumatic*, asma dan penyakit bisul (ulcer). Pada umumnya mereka mempunyai sel darah yang lebih kecil, dan kecenderungan *cold extremities*, ginjal yang lemah dan penyempitan pembuluh limfe. (Bagian a)

2. Iris Cokelat

Pada iris yang berwarna coklat, sel pigmen dari *stroma* memberikan warna pada mata. Warna coklat ditentukan oleh konsentrasi sel pigmen dalam mata. Warna dasar iris coklat ditemukan di Asia, Afrika, India, dan ras Semit. Hal ini menunjukkan sel darah yang lebih tebal, dan kecenderungan pada penyakit

pencernaan, dan kerusakan sistem saraf. Iris yang berwarna cokelat umumnya menunjukkan tekstur berpasir. (Bagian b)

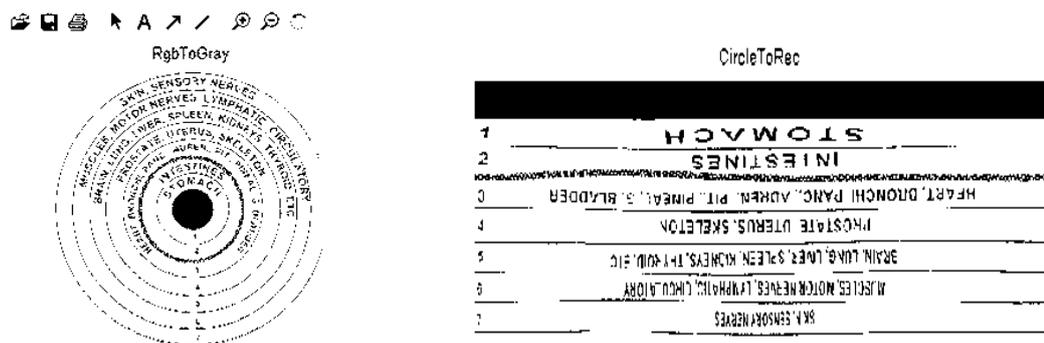
3. Iris Campuran

Iris campuran merupakan hasil campuran antara warna iris biru dan cokelat. Terdapat berbagai macam variasi antara biru dan cokelat (Bagian c). warna iris campuran mempunyai dasar genetic biru, dan orang yang memiliki warna iris ini rawan terhadap kondisi ‘asam’ dan keracunan. Orang dengan iris campuran memerlukan peeliharaan tubuh secara khusus, terutama pada pencernaan dan sistem saraf, dengan cara kebiasaan hidup yang teratur.

Selain warna dasar iris, seringkali kita temukan pada warna lain di dalam iris. Hal ini menunjukkan adanya disfungsi dari rgan di dalam tubuh yang letaknya ditunjukkan oleh letak warna lain tersebut di dalam iris. Warna lain ini antara lain putih, kuning, orange, cokelat, merah, dan hitam.

2.5 Perubahan Citra Polar Menjadi Citra Persegi Panjang

Citra mata yang akan kita proses berada pada lingkaran dekat pupil, sehingga proses pengambilan citra akan sulit. Agar mudah dalam proses pengambilan citra mata berdasar area iridologi, yaitu lingkaran 3 bagian Pankreas. Maka kita harus merubah citra polar menjadi citra persegi panjang, seperti pada Gambar 2.8



Gambar 2.8 Perubahan citra polar menjadi citra persegi panjang (Priyani, 2009)

2.6 Ekstraksi Ciri Menggunakan Matriks Kookurensi Aras Keabuan (*Gray Level Co-occurrence Matrices -GLCM*)

Proses ekstraksi citra merupakan salah satu proses yang penting dalam pengenalan pola, karena metode ekstraksi citra yang tepat akan mampu memberikan informasi yang detail tentang kelas suatu citra. Proses ekstraksi citra menggunakan metode *Gray Level Co-occurrence Matrix* atau GLCM. GLCM merupakan suatu metode ekstraksi ciri yang banyak digunakan dalam klasifikasi citra dan salah satu metode yang cukup efektif dalam melakukan klasifikasi karena mampu memberikan informasi yang detail tentang suatu citra dalam hal tekstur (Gadkari, 2004).

GLCM diperoleh dengan menghitung probabilitas hubungan ketetanggaan antara dua piksel pada jarak dan orientasi sudut tertentu. Langkah-langkah untuk membuat GLCM adalah sebagai berikut :

1. Membuat area kerja matriks
2. Menentukan hubungan spasial piksel referensi dengan piksel tetangga
3. Menghitung jumlah kookurensi dan mengisikannya pada area kerja
4. Menjumlahkan matriks kookurensi dengan transposenya untuk menjadikannya simetris
5. Normalisasi matriks.

Proses ekstraksi citra dengan menggunakan GLCM maka citra akan dikonversi kedalam format keabuan (*grayscale*) sehingga untuk setiap *pixel* dalam wilayah citra hanya terdapat 1 nilai keabuan. Misalkan terdapat citra *grayscale* berukuran 3x4, jarak (d)=1, dengan kisaran derajat keabuan 1-4 sebagai berikut:

2	2	1
3	1	2
1	2	4
4	2	2

	1	2	3	4
1	0	2	0	0
2	1	2	0	1
3	1	0	0	0
4	0	1	0	0

Gambar 2.9 Proses Mendapatkan Matriks GLCM (Anggriyani, 2015)

$$EN = - \sum_{i=1}^{Ng} \sum_{j=1}^{Ng} p_{i,j} \log_2\{p(i,j)\} \dots \dots \dots 2.5$$

Dengan, i = nilai pixel keabuan baris ke- i

j = nilai level keabuan kolom ke- j

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

c. Contrast

Contrast merupakan perbedaan intensitas antara nilai tertinggi (terang) dan nilai-nilai terendah (gelap) dari seperangkat piksel yang saling berdekatan. Secara visual, nilai dari suatu *contrast* merupakan ukuran variasi antar derajat keabuan dari suatu daerah citra (Gadkari, 2004: 13). Rumus *contrast* adalah sebagai berikut (Haralick, Shanmugam & Dinstein, 1973: 619):

$$Con = \sum_{i=1}^{Ng} \sum_{j=1}^{Ng} p_{i,j} (i - j)^2 \dots \dots \dots 2.6$$

Dengan, $p(i,j)$ = Peluang nilai level keabuan pada baris ke- i dan kolom ke- j

d. Sum of squares (Variance)

Variance adalah ukuran heterogenitas atau variasi elemen-elemen matriks. *Variance* meningkat ketika nilai tingkat keabuan berbeda dari rata-ratanya dengan kata lain, citra dengan tingkat keabuan kecil maka akan memiliki *variance* yang kecil pula (Gadkari, 2004: 13). Rumus *sum of square variance* adalah sebagai berikut (Haralick, Shanmugam & Dinstein, 1973: 619):

$$SSV = \sum_{i=1}^{Ng} \sum_{j=1}^{Ng} p_{i,j} (i - \mu)^2 \dots \dots \dots 2.7$$

e. Correlation

Correlation digunakan untuk mengukur ketergantungan linear derajat keabuan di sekitar *pixel*. Nilai-nilai korelasi tinggi (mendekati 1) menyiratkan sebuah hubungan yang linear antara tingkat abu-abu dari pasangan piksel. Rumus *correlation* adalah sebagai berikut :

$$Corr = \sum_{i=1}^{Ng} \sum_{j=1}^{Ng} \frac{\{ij p_{i,j}\} - \mu_x \mu_y}{\sigma_x \sigma_y} \dots \dots \dots 2.8$$

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

$$\mu_x = \sum_j \{i p(i, j)\} \text{ atau rata-rata dari } p_x$$

$$\mu_y = \sum_i \{j p(i, j)\} \text{ atau rata-rata dari } p_y$$

$$\sigma_x = \sum_j \{i - \mu_x\}^2 p(i, j) \text{ standar deviasi dari } p_x$$

$$\sigma_y = \sum_i \{j - \mu_y\}^2 p(i, j) \text{ standar deviasi dari } p_y$$

f. *Inverse Difference Moment (IDM)*

IDM adalah ukuran dari homogenitas local. Nilai IDM tinggi ketika abu-abu (*Grey level*) local seragam dan *invers* dari GLCM tinggi. Rumus IDM adalah sebagai berikut :

$$IDM = \sum_{i=1}^{Ng} \sum_{j=1}^{Ng} \frac{p(i, j)}{1 + i - j^2} \dots \dots \dots 2.9$$

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

g. *Sum average*

Rumus sum average adalah sebagai berikut :

$$SA = \sum_{k=2}^{2Ng} \{k (p_{x+y(k)})\} \dots \dots \dots 2.10$$

$$\text{Dengan : } p_{x+y(k)} = \sum_{i=1}^{Ng} \sum_{j=1}^{Ng} p(i, j) ; i + j = k ; k = 2, 3, \dots, 2Ng.$$

Ng = banyak tingkat abu-abu yang diperoleh dari citra.

h. *sum entropy*

Rumus sum entropy adalah sebagai berikut :

$$SE = - \sum_{k=2}^{2Ng} p_{x+y(k)} \log \{p_{x+y(k)}\} \dots \dots \dots 2.11$$

$$\text{Dengan : } p_{x+y(k)} = \sum_{i=1}^{Ng} \sum_{j=1}^{Ng} p(i, j) ; i + j = k ; k = 2, 3, \dots, 2Ng,$$

Ng = banyak tingkat abu-abu yang diperoleh dari citra.

i. *Sum variance*

Sum variance menunjukkan seberapa banyak level keabuan yang bervariasi dari nilai rata-rata. Rumus sum variance adalah sebagai berikut:

$$SV = \sum_{k=2}^{2Ng} i - SE^2 p_{x+y(k)} \dots \dots \dots 2.12$$

Dengan : SE = nilai sum entropy.

$$p_{x+y(k)} = \sum_{i=1}^{Ng} \sum_{j=1}^{Ng} p_{i,j}; i + j = k; k = 2,3, \dots, 2Ng,$$

Ng = banyak tingkat abu-abu yang diperoleh dari citra.

j. *difference variance*

Rumus difference variance adalah sebagai berikut :

$$DV = \text{varians dari } p_{x+y(k)}$$

$$DV = \sum_{k=0}^{Ng-1} \left(k - \sum_{k=0}^{Ng-1} k p_{x+y(k)} \right)^2 p_{x+y(k)} \dots \dots \dots 2.13$$

l. *maximum probability*

maximum probability menunjukkan tingkat abu-abu yang memenuhi relasi pada persamaan entropi dan dirumuskan sebagai berikut :

$$MP = \max_{i,j} \{p(i,j)\} \dots \dots \dots 2.14$$

Dengan : $p(i,j)$ = peluang nilai level keabuan pada baris ke- i dan kolom ke- j .

m. *Homogeneity*

Homogeneity digunakan untuk mengukur kehomogenan variansi intensitas citra. Nilai homogentas akan relative membesar apabila variasi intensitas dalam citra mengecil. Rumus untuk homogeneity adalah sebagai berikut:

$$H = \sum_{i=1}^{Ng} \sum_{j=1}^{Ng} \frac{p(i,j)}{1 + (i - j)^2} \dots \dots \dots 2.15$$

Dengan : $p(i,j)$ = peluang nilai level keabuan pada baris ke- i dan kolom ke- j .

n. *Dissimilarity*

Dissimilarity mengukur perbedaan tiap piksel. Dissimilarity akan bernilai tinggi apabila teksturnya acak, sebaliknya akan bernilai rendah apabila teksturnya seragam. Rumus untuk dissimilarity adalah sebagai berikut :

$$D = \sum_{i=1}^{Ng} \sum_{j=1}^{Ng} p_{i,j} |i - j| \dots \dots \dots 2.16$$

Dengan : $p_{i,j}$ = peluang nilai level keabuan pada baris ke $-i$ dan kolom ke $-j$.

2.7 Biometri

Teknologi biometri adalah teknologi keamanan yang menggunakan bagian tubuh atau kebiasaan yang berasal dari tubuh kita sebagai identitas. Dunia medis mengatakan bahwa ada beberapa bagian tubuh kita yang sangat unik juga kebiasaan yang diciptakannya, seperti tanda tangan. Artinya tidak dimiliki oleh lebih dari satu individu. Contoh bagian tubuh seperti sidik jari atau retina mata. Meskipun bentuk atau warna mata bisa saja sama, namun retina mata belum tentu sama. Begitu juga dengan suara dan struktur wajah. Bagian bagian unik inilah yang kemudian dikembangkan sebagai atribut keamanan.

Sebagai bagian dari teknologi keamanan, biometrik memiliki dua fungsi sekaligus yang dapat dijalankan terpisah maupun secara bersamaan. Yang pertama sebagai pencatat ID atau sebagai alat verifikasi (*Password*).

Teknologi biometrik hampir dapat diterapkan di mana saja. Mulai untuk melindungi sebuah barang tertentu dari akses yang tidak diinginkan, seperti komputer sampai untuk melindungi sebuah ruangan yang ramai dari orang-orang tertentu. Misalnya, untuk mengetahui keberadaan teroris atau penjahat lain di bandara.

Cara kerja teknologi keamanan yang satu ini hampir sama dengan teknologi keamanan lain yang sangat bergantung kepada sensor. Sensor yang digunakan pada teknologi biometrik cenderung mahal dan semakin akurat ketajamannya maka akan semakin mahal.

Selain sensor, bagian yang tidak kalah penting dari biometrik adalah data. Bagaimana menyimpan data pada sebuah sistem sangat penting. Sebab biometrik adalah teknologi yang bergantung kepada data. Bila data yang disimpan tidak aman atau lengkap, kemungkinan adanya penyusup ke sistem ini akan lebih besar.

Menurut sistemnya biometri sendiri terdiri atas tiga macam, sebagai berikut:

- a. Sistem yang menyimpan data langsung pada alat.

Dengan sistem ini, data akan disimpan pada media penyimpanan yang berada dalam alat detektor. Jika sewaktu-waktu mesin harus di-reset atau dikembalikan ke posisi awal, maka data yang ada dapat saja ikut terhapus.

Sehingga petugas harus meng-input ulang. Jika data yang dimasukkan sangat banyak tentu akan sangat merepotkan, lain halnya bila data tidak terlalu banyak. Biometrik dengan sistem ini sangat cocok untuk diterapkan pada sebuah alat tertentu yang tidak digunakan oleh banyak orang atau untuk melindungi sebuah ruang khusus, yang juga tidak diakses oleh banyak pengunjungnya.

- b. Sistem yang menyimpan data pada jaringan.

Sistem yang kedua memanfaatkan jaringan untuk menyimpan datanya. Sistem yang kedua sangat efektif bagi aplikasi yang memang dipergunakan untuk user. Misalnya saja untuk data absen karyawan atau siswa. Bentuk fisik yang ditampilkan oleh alat juga tidak perlu terlalu besar. Karena data tidak akan diproses langsung pada alat. Melainkan dikirim dahulu ke sebuah jaringan baru kemudian diproses dan disimpan. Sistem ini memang membutuhkan waktu lama. Tetapi cukup efektif untuk data yang besar. Karena tidak akan terkena resiko data hilang pada saat proses reset pada alat harus dilakukan.

- c. Sistem yang menyimpan data pada sebuah chip

Sistem yang terakhir ini menggunakan media tambahan berupa chip untuk menyimpan data si pemilik ID. Sehingga untuk menggunakannya seseorang harus membawanya. Untuk sistem ini, akan sangat efektif diterapkan untuk yang memiliki pengguna sangat banyak atau bila alatnya hendak diletakkan di tempat umum. Misalnya saja untuk keamanan di mesin ATM atau hanya sekedar sebagai ID masuk dalam sebuah gedung.