# BAB II TINJAUAN PUSTAKA

## 2.1 Citra

Citra atau image adalah representasi spasial dari suatu objek yang disusun ke dalam bidang dua dimensi yang biasanya ditulis dalam koordinat kartesian x-y, dan setiap koordinat merepresentasikan satu sinyal terkecil dari objek (Kulkarni, 2001). Dalam fungsi matematis, citra berarti menerus *(continue)* dari intensitas cahaya pada bidang dwimatra (dua dimensi). Sumber cahaya menyinari sebuah objek, kemudian objek memantulkan kembali berkas cahaya tersebut. Proses ini ditangkap oleh alat-alat optik seperti mata pada manusia, kamera pemindai *(scanner)*, kamera digitaldan sebagainya, sehingga objek yang disebut citra terekam (Munir, 2004).

Secara umum citra dapat dikategorikan menjadi dua yaitu citra diam dan citra bergerak. Citra diam adalah gambar yang tidak bergerak, sedangkan citra bergerak merupakan rangkaian citra diam yang tersusun secara berurutan (sekunsial) sehingga memberikan kesan bahwa gambar yang bergerak. Keluaran dari suatu sistem perekaman data di dalam citra berupa analog dan digital (Munir, 2004).

### 2.1.1 Citra Analog

Citra analog merupakan citra yang bersifat kontinu dengan mengirimkan sinyal – sinyal video seperti gambar pada monitor televisi, foto yang tercetak pada kartu micard, hasil CT scan dan lain sebagainya. Citra analog tidak dapat direpresentasikan secara langsung di dalam komputer oleh sebab itu, citra analog perlu dikonversi menjadi citra digital terlebih dahulu. Alat yang digunakan untuk akuisisi citra analog seperti mata manusia, kamera analog, webcam dan lain sebagainya (Sutoyo, et al., 2009).

#### 2.1.2 Citra Digital

Citra digital dapat didefinisikan sebagai fungsi dua dimensi *f(x,y),* dengan x dan y adalah koordinat spasial yang memiliki tingkat keabuan dan bersifat diskrit (Gonzales & Woods, 2002). Fungsi *f(x,y)* memiliki dua unsur yaitu jumlah pancaran *(illumination)* menyinari permukaan objek dan kemampuan objek memantulkan cahaya yang diterimanya *(reflectance components)*. Keduanya dapat dituliskan menjadi fungsi *i(x,y)* dan *r (x,y)* dan hasil kali antara *i(x,y)* dan *r(x,y)* menghasilkan persamaan (Munir, 2004):

Yang dalam hal ini,

menunjukkan sifat sumber cahaya

menunjukkan jumlah cahaya yang dipantulkan dan diserap.

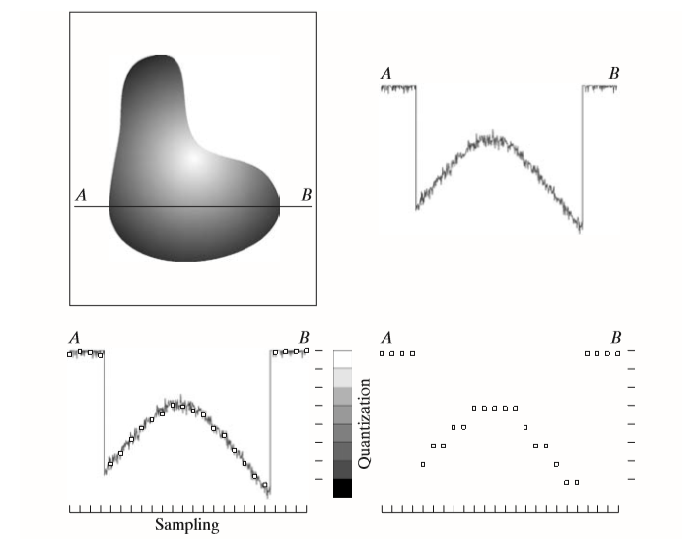
sehingga:

Suatu citra dapat didefinisikan sebagai matriks n baris dan m kolom dimana setiap titik yang disebut piksel atau elemen terkecil dari sebuah citra 2D memiliki nilai acak 0 sampai 255. Nilai matriks menunjukkan tingkat kecerahan titik tersebut (Ballard & Brown, 1982).

### 2.1.3 Digitalisasi Citra

Agar suatu citra dapat diproses oleh komputer digital, maka diperlukan representasi citra dari fungsi malar (kontinu) menjadi nilai-nilai diskrit disebut digitalisasi. Citra digital umumnya berbentuk *N x M* dapat dinyatakan menjadi matriks yang berukuran N baris dan M kolom (Munir, 2004).

Di dalam proses digitalisasi citra memiliki beberapa tahapan, yaitu akuisisi citra, penerokan *(sampling)* dan kuantisasi. Proses akuisisi citra merupakan pemetaan sudut pandang *(scene)* menjadi citra kontinu yang melibatkan salah satu sensor tunggal *(single sensor),* sensor garis *(sensor strip)* dan sensor larik *(sensor array).* Hasil dari proses akuisisi citra masih dalam bentuk citra kontinu yang kemudian akan dilanjutin ke proses penerokan *(sampling)*.Untuk mengkonversi ke citra digital diperlukan proses digitasi pada koordinat dan amplitudonya (intensitas).Proses digitasi pada koordinat disebut dengan proses penerokan *(sampling)* sedangkan pada amplitudonya dikenal dengan proses kuantisasi (Gonzales & Woods, 2002).



Gambar 2.1 Konsep sampling dan kuantisasi

(Sumber : Gonzalez & Woods, 2008)

Proses kuantisasi adalah proses perubahan nilai amplitudo kontinu menjadi nilai baru berupa nilai diskrit. Nilai amplitudo yang dikuantisasi adalah nilai-nilai koordinat diskrit hasil proses sampling (Putra, 2010).Proses kuantisasi membagi skala keabuan menjadi N buah level dimana (Munir, 2004):

Yang dalam hal ini,

N = derajat keabuan

m = bilangan bulat positif

Di dalam citra terdapat istilah format citra yang sesungguhnya merepresentasikan warna dari citra yang diolah. Format citra digital terdiri dari 4 yaitu citra biner, citra berwarna, citra skala keabuan dan warna berindeks (Kadir & Susanto, 2013).

1. Citra biner

Pada citra biner hanya memiliki dua kemungkinan titik (piksel) yaitu titik bernilai 0 atau 1. 0 menyatakan warna hitam dan 1 menyatakan warna putih. Setiap titik membutuhkan media penyimpanan 1 bit = 8 byte.

1. Citra skala keabuan *(Grayscale)*

Citra skala keabuan mempunyai kemungkinan warna yang lebih banyak daripada citra biner. Kemungkinan itu diantaranya memiliki nilai minimum dan nilai maksimum bergantung dengan jumlah bit yang digunakan. Contoh skala keabuan 2 bit maka jumlah kemungkinan adalah yang dapat dijabarkan menjadi warna 0 (min) sampai dengan warna 3 (maksimum).

1. Citra warna *(True color)*

Pada citra warna merupakan kombinasi dari tiga warna dasar yaitu citra RGB *(red-green-blue)*. Kombinasi dari citra warna dapat menghasilkan warna lain contohnya warna magenta merupakan kombinasi dari warna merah dan warna biru 255 0 255. Citra warna menggunakan penyimpanan 8 bit yaitu jadi dari 0 sampai 255.

1. Citra warna berindeks

Untuk mengurangi jumlah memori dibutuhkan untuk format citra warna *true color* maka disediakan format citra berindeks. Pada format ini, informasi setiap titik pada citra warna berindeks dari suatu tabel warna yang tersedia biasanya disebut palet warna. Keuntungan pemakaian palet warna adalah kita dapat dengan cepat memanipulasi warna tanpa harus mengubah informasi pada setiap titik pada citra. Keuntungan yang lainnya adalah dalam hal penyimpanan lebih kecil jika dibandingkan dengan citra warna *true color* (Munir, 2004)*.*

### 2.1.4 Elemen-Elemen Citra Digital

Citra digital mengandung sejumlah elemen-elemen dasar yang dimanipulasikan dalam pengolahan citra. Elemen-elemen dasar itu sebagai berikut (Munir, 2004) :

1. Kecerahan *(brightness)*

Kecerahan merupakan intensitas cahaya yang dipancarkan oleh titik (piksel) dan ditangkap oleh sistem penglihatan. Secara matematis, peningkatan kecerahan dapat dilakukan dengan penambahan sebuah konstanta terhadap nilai seluruh piksel. Misalnya: adalah koordinat dari fungsi maka citra baru . Nilai dari dapat bernilai positif dan negatif. Jika negatif maka kecerahan menurun atau menjadi lebih gelap (Kadir & Susanto, 2013).

1. Kontras *(contrast)*

Kontras menyatakan distribusi warna terang dan warna gelap di dalam sebuah gambar. Suatu citra dengan kontras rendah apabila sebagian besar komposisi citranya adalah terang dan sebagian besar gelap. Dan sebaliknya suatu citra dengan kontras tinggi apabila komposisi terang dan gelap didistribusikan secara melebar (Kadir & Susanto, 2013).

1. Kontur *(contour)*

Kontur adalah kondisi yang ditimbulkan oleh perubahan intensitas piksel-piksel yang bertentangga sehingga mata manusia mampu mendeteksi tepi objek di dalam citra.

1. Warna *(color)*

Warna adalah spektrum tertentu yang dipantulkan oleh objek yang memiliki panjang gelombang yang berbeda. Sebagai contoh warna merah mempunyai panjang gelombang paling tinggi yaitu kisaran 620-750 nanometer sedangkan violet merupakan panjang gelombang paling rendah.

1. Bentuk *(shape)*

Bentuk merupakan properti intrinsik utama dari objek tiga dimensi untuk sistem visual manusia. Pada umumnya, citra yang dibentuk oleh mata adalah citra dwimatra *(2 dimensi)*, sedangkan objek yang dilihat berbentuk trimatra *(3 dimensi)*.

1. Tekstur *(texture)*

Tekstur merupakan distribusi spasial dari derajat keabuan di dalam sekumpulan piksel-piksel yang bertentangga. Tekstur bukanlah sebuah piksel. Sistem visual manusia pada dasarnya tidak menerima informasi citra secara independen pada setiap piksel, melainkan suatu citra dianggap sebagai suatu kesatuan.

### 2.1.5 Format File Citra

Berikut adalah penjelasan beberapa format umum yang paling banyak digunakan (Putra, 2010).

1. JPEG*(.jpg)*

JPEG atau Joint Photographic Experts Group merupakan format gambar yang paling umum digunakan terutama pada citra yang dihasilkan dari pemotretan digital.Karakteristik gambar dalam JPEG memiliki ekstensi *(.jpg)*, mengkompresi gambar dengan sifat lossy dan umumnya menyimpan gambar dalam ukuran lebih kecil.

1. Graphics Interchange Format*(.gif)*

GIF merupakan jenis file gambar yang juga sering dijumpai, salah satu ciri khas dari format ini adalah animasi gambar sederhana.Karakteristik lain dari jenis format gambar ini adalah menggunakan 8-bit untuk setiap pikselnya dan mampu menayangkan maksimum sebanyak 256 warna.

1. PNG*(.png)*

PNG atau Portable Network Graphics adalah peningkatan dari format gambar gif dan merupakan format penyimpanan citra terkompresi. Format ini sering digunakan pada citra grayscale, palet warna, dan juga full color (Putra, 2010).Karakteristik dari PNG adalah gambar yang dihasilkan lebih tajam dan biasanya ukuran penyimpanan lebih besar daripada jpeg.

1. MPEG*(.mpg)*

MPEG (Moving Picture Experts Group) adalah format yang sering digunakan di dunia internet dan diperuntukkan sebagai format penyimpanan citra bergerak video.

## 2.2 Video

Video adalah rangkaian citra diam yang direkam dan diakuisisi dalam satuan waktu tertentu. Citra video sering disebut dengan istilah *frame* atau *frame* citra. Kumpulan *frame* atau potongan citra dirangkai dengan berurutan (sekuential) dan dibaca secara bergantian dengan kecepatan tertentu sehingga menghasilkan kesan bahwa gambar yang bergerak *(moving images)*. Kecepatan standar rekaman disesuaikan dengan kecepatan mata manusia dalam menangkap, menganalisis dan memahami informasi yang terkandung pada setiap *frame*. Aplikasi umum yang menggunakan teknologi video adalah televisi. Video juga digunakan dalam aplikasi lain seperti bidang teknik, saintifik, produksi dan keamanan (Madenda, 2015).

### 2.2.1 Video analog

Video analog merupakan informasi gambar yang dikirimkan dengan menggunakan gelombang elektromagnetik. Ditinjau dari sudut pandang matematis, video analog merupakan fungsi satu dimensi (1-D) , setelah melalui proses sampling dan kuantisasi maka fungsi ini menjadi fungsi diskrit (Tekalp, 1995). Proses perekaman pada video analog menggunakan pita seluloid yang berfungsi untuk menyimpan data audio dan data gambar secara terpisah. Beberapa contoh standar video analog yaitu *NTSC, PAL, SECAM,* dan *HDTV*. Format umum yang dipakai adalah pita berukuran 8 mm (Binanto, 2010).

### 2.2.2 Video Digital

Video digital adalah serangkaian citra atau *frame* yang ditampilkan dengan kecepatan tertentu (*frame* / detik). Video digital menggunakan rangkaian kombinasi dari nilai biner 0 dan 1 dengan gelombang diskrit. Dalam konteks video, citra sering disebut dengan istilah *frame*. Untuk mengukur jumlah kemunculan citra dalam satuan waktu disebut *frame rate*, sedangkan untuk menghitung jumlah *frame* yang ditampilkan dalam satuan waktu disebut *frame per second* *(fps)*. Pada kamera video standar Eropa kecepatannya adalah 25 *frame per second* sedangkan standar pada Amerika adalah 30 *frame per second* (Madenda, 2015).

Hampir semua sistem video digital telah menggunakan komponen warna (Tekalp, A. M., 1995)*.* Warna dapat direpresentasikan menjadi sebuah piksel. Semakin banyak bit, maka semakin banyak variasi warna yang dapat dihasilkan. Prinsip tersebut disebut dengan istilah *Color Depth* (CD) pada video. Selain itu, di dalam video juga mempunyai parameter lama waktu yang berfungsi sebagai pemutar video yang disebut durasi. Beberapa contoh standar video digital yaitu *SIF, CIF, QCIF,* dan *QSIF* (Binanto, 2010)*.*

### 2.2.3 Struktur Video Frame

*Frame* merupakan rangkaian utama penyusun video. Rangkaian *frame* ditampilkan ke layar monitor dengan kecepatan tampil antara 25 *fps* hingga 30 *fps* maka mata manusia dapat menangkap dan mengolah informasi dengan baik di dalam setiap frame video secara kontinu (Madenda, S., 2015). Suatu citra digital direpresentasikan sebagai matriks berukuran *n* dan *m,* yang dalam hal ini *n*  adalah baris dan *m* adalah kolom. Titik-titik dimana citra dilakukan *sampling* disebut *picture element* atau istilah lain yaitu piksel (Binanto, I., 2010).

### 2.2.4 Ukuran Video Digital

Berikut beberapa ukuran video digital yang paling banyak digunakan dari paling rendah hingga paling tinggi, yaitu (Dwi, 2010) :

1. SQCIF *(Sub Quarter Common Intermediate Format)* merupakan ukuran standar gambar paling kecil. Standar resolusi ini memiliki ukuran 128 piksel x 96 piksel atau 5 *frame/*detik. SQCIF digunakan pada kamera dengan resolusi kecil dan transmisi video dengan bandwith yang lebih rendah contoh *video conference*. SQCIF masih jenis varian dari CIF.
2. QCIF *(Quarter Common Intermediate Format)* merupakan ukuran standar gambar yang resolusinya lebih besar dari SQCIF. Standar resolusi ini memiliki ukuran 176 piksel x 144 piksel. QCIF masih jenis varian dari CIF.
3. CIF *(Common Intermediate Format)* merupakan format standarisasi yang biasa digunakan dalam sistem video digital. Standar resolusi ini memiliki ukuran 352 piksel x 288 piksel atau 30 *frame/*detik.
4. SD *(Standard Definition)* memiliki kualitas video yang lebih baik dari resolusi video sebelumnya. SD memiliki ukuran resolusi 720 piksel x 576 piksel dengan frekuensi 50 Hz.
5. HD *(High Definition)* merupakan kualitas video yang paling baik dengan resolusi 720p hingga 1080p pada frekuensi 50 Hz.

### 2.2.5 Laju Frame (Frame rate)

Laju frame *(frame rate)* menunjukkan jumlah gambar yang ditampilkan tiap detik dalam satuan *fps.* Di dalam laju *frame* ada dua hal yang perlu diperhatikan, yaitu kehalusan gerakan *(smooth motion)* dan kilatan *(flash)*. Kehalusan gerakan ditentukan dengan jumlah *frame* yang berbeda per detik. Untuk menghasilkan gerakan yang halus, setidaknya harus berada pada 25 *frame*/detik. Kilatan ditentukan oleh jumlah berapa kali layar digambar per detik. Dengan 20 *frame/*detik, kilatan sudah dapat dilenyapkan. Penggunaan *frame rate* disesuaikan dengan *motion activity* dari video, untuk *high motion* maka diperlukan *frame rate* yang besar dan sebaliknya gerakan lambat atau *low motion* digunakan frame rate yang rendah (Hashlinda & Mukhlash, 2012).

### 2.2.6 Aktivitas gerak pada video

Aktivitas gerak *(motion activity)* digunakan untuk mendeskripsikan intensitas kegiatan, tindakan dan gerakan pada suatu urutan video. *Motion activity* dapat diklasifikasikan menjadi 3 yaitu: *low motion, medium motion,* dan *high motion* (Peker, et al., 2001)*.*

1. Low motion
   1. Interview: Seseorang yang sedang menjawab pertanyaan yang diajukan atasan dimana pergerakan yang tidak banyak.
   2. Ship: kapal yang melaju dengan kecepatan rendah.
2. Medium motion
   1. Animasi: beberapa karakter animasi komputer dengan adanya pergerakkan kamera.
   2. Keramaian: pergerakan beberapa orang di dalam kerumunan dengan tingkat detail pergerakan kamera yang banyak.
   3. Terminal: beberapa orang berjalan di keramaian dan terdapat pergerakan kamera.
3. High motion
   1. Sports: Pemain sepak bola menggiring bola dengan cepat dan menendang bola dengan tajam dimana terdapat pergerakan pemain dari *background* yang sangat banyak.
   2. Bicycle race: sebuah adegan perlombaan sepeda dengan kecepatan tinggi dan pergerakan yang sangat banyak.

## 2.3 Pengolahan citra digital

Pengolahan citra digital adalah pemrosesan suatu citra menjadi citra yang lain dengan kualitas lebih baik. Tujuan dari pengolahan citra adalah memperbaiki kualitas citra sehingga mudah dikenali oleh manusia atau komputer (Munir, 2004). Pada contoh dibawah, terlihat gambar citra bunga rose 2.2 (a) tampak gelap, lalu dengan operasi pengolahan citra diperbaiki kontrasnya yang keluaran gambar 2.2 (b).

### 

b

a

### 

Gambar 2.2 (a) citra bunga rose tampak gelap, (b) citra bunga rose telah diperbaiki kontrasnya sehingga terlihat terang atau tajam

### 2.3.1 Proses perubahan citra berwarna menjadi grayscale

Pada dasarnya dalam *image processing* adalah mengubah citra berwarna ke citra *grayscale*. Proses ini berfungsi sebagai penyederhanaan model citra. Citra berwarna atau sering disebut RGB terdiri dari 3 *layer* matrik yaitu *R-layer*, *B-layer* dan *G-layer*. Proses konversi melibatkan tiga layer berarti dilakukan tiga perhitungan yang sama. Untuk mendapatkan citra *grayscale* dari tiga *layer* matrik masing-masing r, g dan b dengan nilai fungsi maka dilakukan dengan mengambil hasil rata-rata dari nilai r, g dan b. Sehingga rumus yang dihasilkan (Santi, 2011):

### 2.3.2 Perbaikan kualitas citra *(Image Enhancement)*

Perbaikan kualitas citra merupakan proses awal dalam pengolahan citra *(image processing).* Perbaikan kualitas citra diperlukan untuk memperbaiki kualitas citra yang buruk seperti citra mengalami derau *(noise)*, citra yang terlalu gelap atau terang, kabur dan lain-lain. Dengan memperbaiki kualitas citra, maka citra memiliki format yang lebih baik sehingga mudah dikenali manusia dan lebih mudah diolah dengan mesin dalam hal ini adalah komputer (Putra, 2010).

Beberapa metode yang digunakan dalam proses perbaikan kualitas citra yaitu pengubahan kecerahan gambar *(image brightness),* peregangan kontras *(constrast stretching),* ekualisasi histogram *(histogram equalization)*, dan Ekualisasi histogram Adaptif *(adaptif histogram equalization)* (Putra, 2010).

1. Pengubahan kecerahan gambar *(image brightness)*

Agar suatu citra lebih gelap atau lebih terang dapat dilakukan pengubahan kecerahan gambar. Secara matematis kecerahan/kecemerlangan gambar dapat diperbaiki dengan menambahkan (atau mengurangkan) sebuah konstanta. Rumus ini dapat ditulis sebagai (Munir, 2004) :

Tingkat kecerahan suatu citra dapat dilihat dari histogramnya. Semakin dinaikkan kecerahannya maka konsentrasi nilai piksel pada histogram akan bergeser ke kanan dan sebaliknya jika kecerahan diturunkan maka histogram akan bergeser ke kiri. Dalam hal ini konstanta *b* positif maka kecerahan bertambah namun jika *b* negative maka kecerahan menurun (Munir, 2004).

1. Peregangan kontras *(constrast stretching)*

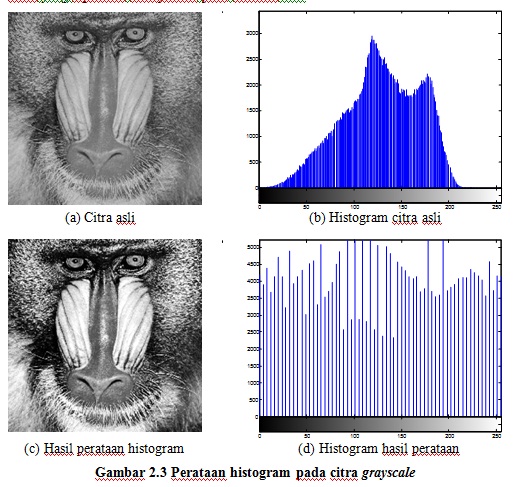
Kontras di dalam citra adalah distribusi terang dan gelap (Putra, 2010). Pada dasarnya citra dapat dikelompokkan kedalam tiga kategori kontras yaitu: citra kontras rendah, citra kontras bagus dan citra kontras tinggi. Citra dengan kontras rendah maka akan terlihat gelap, terang atau terlalu abu-abu dan dari histogramnya semua piksel terkonsentrasi pada sisi kiri, sisi kanan atau di tengah. Citra kontras bagus memperlihatkan jangkauan nilai keabuan yang lebar dan dari sisi histogramnya memperlihatkan sebaran nilai keabuan yang relatif seragam. Sedangkan citra kontras tinggi hampir sama dengan citra kontras bagus yang membedakan keduanya adalah di area yang lebar didominasi oleh warna gelap dan area yang lebar didominasi oleh warna terang. Dapat diibaratkan sebagai gambar langit terang dengan latar depan yang gelap (Munir, 2004).

1. Ekualisasi histogram *(histogram equalization)*

Ekualisasi histogram merupakan teknik yang mengubah nilai-nilai intensitas citra sehingga penyebarannya histogramnya seragam *(uniform).* Hasil dari proses ekualisasi tidak akan seragam, dalam hal ini teknik ini hanya melakukan distribusi intensitas dari histogram awal. Karena histogram menyatakan peluang piksel dengan derajat keabuan tertentu maka rumus menghitung histogram dapat ditulis menjadi (Munir, 2004) :

dan ,

Yang artinya, derajat keabuan dinormalkan terhadap derajat keabuan terbesar . Nilai menyatakan hitam danmenyatakan putih dalam skala keabuan yang didefinisikan (Munir, 2004).



Gambar 2.3 Perataan histogram pada citra grayscale

(Sumber : https://pemrogramanmatlab.com/pengolahan-citra-digital/perbaikan-kualitas-citra)

1. Ekualisasi histogram adaptif *(adaptif histogram equalization)*

Ekualisasi histogram adaptif hampir sama dengan ekualisasi histogram. Yang membedakan pada ekualisasi histogram adaptif, citra dibagi menjadi blok-blok dengan ukuran *n x n* lalu pada setiap blok dilakukan proses ekualisasi histogram.

### 2.3.3 Transformasi citra

Secara harafiah, transformasi citra adalah proses perubahan bentuk citra untuk mendapatkan informasi. Transformasi citra terdiri dari dua yaitu transformasi geometri atau piksel dan transformasi domain atau ruang. Transformasi geometri seperti perputaran (rotasi), pergeseran (translasi), penskalaan. Sedangkan transformasi domain seperti transformasi *fourier*, transformasi dan transformasi *wavelet diskrit* (Putra, 2010).

#### 2.3.3.1 Transformasi Domain

1. Transformasi *fourier*

merupakan proses perubahan citra dari satu ruang ke ruang lain contohnya ruang spasial ke ruang frekuensi. Transformasi *fourier* adalah transformasi yang paling banyak digunakan dalam pengolahan citra. Transformasi ini diperkenalkan oleh *Jean Baptiste Joseph Fourier* pada tahun 1807. Fungsi basis dari transformasi *fourier* adalah fungsi sinyal sinus. Dengan transformasi *fourier* suatu citra fungsi dapat dinyatakan sebagai penjumlahan sinyal sinus dan kosinus dengan amplitudo dan frekuensi yang bervariasi, dalam hal ini frekuensi dominan suatu citra dapat diketahui. Kelemahan dari transformasi ini tidak memberikan tentang domain waktu (Putra, 2010).

1. Transformasi wavelet diskrit

Wavelet didefinisikan sebagai *small wave* atau gelombang singkat. Cara kerja transformasi wavelet adalah menkonversi suatu sinyal ke dalam sederetan wavelet. Gelombang singkat tersebut merupakan fungsi basis yang terletak pada waktu berbeda (Putra, 2010).

Dari sudut pandang matematika wavelet adalah fungsi matematika yang memotong-motong data menjadi kumpulan frekuensi yang berbeda, sehingga masing komponen dapat dipelajari dengan menggunakan skala resolusi yang berbeda. Transformasi *wavelet* merupakan perkembangan dari transformasi *fourier*. Dalam hal ini transformasi *fourier* hanya dapat menentukan frekuensi yang muncul pada suatu sinyal, namun tidak dapat menentukan kapan (dimana) frekuensi itu muncul. Kelemahan lain dari transformasi *fourier* adalah perubahan sedikit pada sinyal tertentu maka akan mempengaruhi sinyal pada posisi lain (Putra, 2010).

Transformasi wavelet mampu memberikan informasi frekuensi yang muncul, juga memberikan informasi tentang skala, durasi atau waktu. Selain itu perubahan sinyal pada posisi tertentu tidak menggangu terhadap sinyal pada posisi lainnya. Dengan *wavelet*, suatu sinyal disimpan lebih efisien dibandingkan dengan *fourier* dan lebih baik dalam hal aprosimasi terhadap *real-word* (Putra, 2010).

### 2.3.4 Segmentasi citra

Segmentasi citra adalah teknik untuk mempartisi suatu citra ke dalam beberapa segmen dengan kriteria tertentu. Pada umumnya segmentasi citra didasarkan pada sifat *discontinuity* dan *similarity* dari intensitas piksel (Gonzales & Woods, 2002).

Pendekatan *discontinuity* adalah mempartisi sebuah citra pada perubahan intensitas secara tiba-tiba seperti tepian dalam suatu citra. Pendekatan pada *discontinuity* seperti deteksi tepi, deteksi garis dan deteksi titik. Sedangkan pendekatan *similarity* adalah mempartisi suatu citra ke wilayah-wilayah yang serupa atau memiliki kesamaan tertentu contoh thresholding dan region growing (Gonzales & Woods, 2002).

#### **2.3.4.1 Thresholding**

Thresholding (pengambangan) adalah salah satu metode yang berfungsi sebagai mengubah citra keabu-abuan *(grayscale)* menjadi citra biner sehingga dapat memisahkan antara objek dengan latar gambarnya *(background)*. Suatu nilai threshold dapat ditentukan untuk membedakan objek dengan latar belakangnya. Tujuan dari thresholding adalah untuk memisahkan nilai keabuan yang tinggi diberi nilai biner 1 dan nilai keabuan yang rendah diberi nilai 0. Di dalam thresholding, terdapat dua jenis pengambangan yaitu pengambangan global *(global thresholding)* dan pengambangan secara lokal adaptif *(locally adaptive thresholding)* (Putra, 2010).

### 2.3.4.2 Region growing

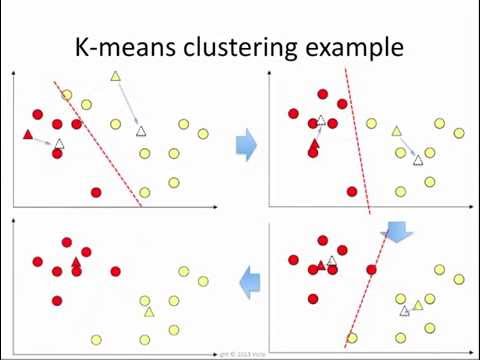
Metode region growing merupakan penggabungan *thresholding* dengan kondisi konektivitas atau kriteria daerah homogenitas. Hasilnya berupa *region-map* yaitu label yang ditandai pada piksel-piksel dalam citra yang merupakan klasifikasi region untuk piksel tersebut. Region growing terdiri dari dua tahap yaitu *valley determination* yang digunakan untuk menentukan himpunan *valley* terbaik dan *valley growing* merupakan proses pembentukan region-region dari *valley-valley*. Kelebihan dari metode ini adalah dapat memisahkan wilayah yang memiliki properti yang sama dengan didefinisikan. Sedangkan kelemahan dari metode ini adalah hanya dapat bekerja baik pada daerah homogen dan membutuhkan operator untuk menentukan daerah yang akan disegmentasi (Gonzalez & Woods, 2008).

### 2.3.5 Klasifikasi citra

Klasifikasi citra adalah metode pengelompokkan nilai seluruh piksel pada suatu citra ke dalam kelompok kelas yang terbatas dengan aturan tertentu sehingga dapat diinterpretasikan sebagai suatu property yang spesifik (Chang & Ren, 2000). Secara umum klasifikasi citra juga dapat didefinisikan sebagai citra piksel yang memberikan kemiripan atau kesamaan property lalu di kelompokkan ke dalam suatu kelas. Di dalam klasifikasi citra terdapat dua metode yaitu klasifikasi tak terawasi *(unsupervised)* dan klasifikasi terawasi *(supervised)*.

Klasifikasi tak terawasi (tak terbimbing, *unsupervised*) adalah pendekatan dimana data belum dilatih, kelas tidak diketahui sehingga dimulai dengan mempartisi data gambar ke dalam kelompok *(clusters)* (Omran, et al., 2005). Contoh metode klasifikasi tak terawasi *(unsupervised)* adalah *clustering* (Chang & Ren, 2000).

*Clustering* adalah teknik mengelompokkan data ke dalam beberapa kluster (kelompok-kelompok) berdasarkan kemiripannya. Secara umum metode *clustering* dibagi menjadi dua yaitu metode berbasis hirarki *(hierarchical)* dan metode berbasis partisi *(non-hierarchical)* (Putra, 2010). Metode pengelompokkan hirarki adalah teknik mengelompokkan objek dengan konsep tree digunakan apabila belum ada informasi jumlah kelompok *(cluster)* sedangkan metode pengelompokkan non-hirarki adalah metode partisi mengelompokkan objek dengan mencari pusat kluster *(cluster seeking)*. Salah satu prosedur teknik non-hirarki cukup terkenal adalah metode *K-means* (Chang & Ren, 2000).



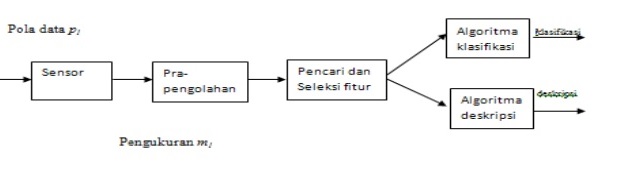
Gambar 2.4 Contoh k-means clustering

(Sumber: https://www.youtube.com/watch?v=\_aWzGGNrcic)

Klasifikasi terawasi (terbimbing, *supervised)* adalah pendekatan dimana data telah dilatih (data training), sehingga tujuan dari pendekatan ini adalah mengelompokan suatu data ke data yang sudah ada. Ketelitian ditentukan oleh kualitas sampling dan jumlah sampel (Chang & Ren, 2000).

## 2.4 Pengenalan Pola

Secara umum pengenalan pola atau *pattern recognition* merupakan bidang ilmu yang mengklasifikasi atau mengelompokkan suatu bentuk atau model berdasarkan sifat utama dari objek ke dalam kelompok tertentu dan diberi nama. Pola sendiri adalah bentuk atau model yang telah terdefinisi, dan dikenali melalui ciri-cirinya. Pola bisa didefinisi sebagai kumpulan hasil pengukuran dan penelitian lalu dinyatakan dalam notasi vektor dan matriks (Putra, 2010).

Struktur dalam pengenalan pola ditunjukkan oleh gambar 2.5. Sistem adalah keseluruhan bagian dari pengenalan pola mulai dari input, proses dan output. Sistem terdiri atas sensor misalnya kamera, suatu algoritma pencari fitur dan algoritma klasifikasi atau pengenalan. Dan apabila suatu data telah diklasifikasi maka diasumsikan telah tersedia untuk melatih sistem (Putra, 2010).

Gambar 2.5 Struktur sistem pengenalan pola

(Sumber : Putra, 2010 )

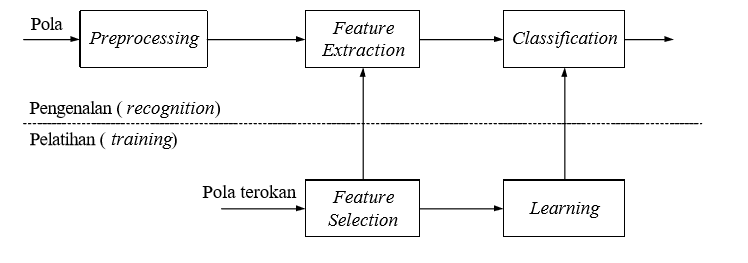
1. Sensor digunakan untuk tahapan pengambilan data atau objek dari dunia nyata lalu data tersebut dikonversi menjadi data digital agar bisa dilanjutkan ke tahap pra-pengolahan.
2. Pra-pengolahan tahapan mempersiapkan data mentah yang berasal dari dunia nyata agar layak digunakan dalam tahap pengolahan berikutnya. Pada tahap ini sinyal informasi ditonjolkan dan sinyal penggangu diminimalisasi. Pra-pengolahan meliputi keseluruhan tahapan-tahapan yang diperlukan untuk membawa inputan data menjadi suatu bentuk yang dapat diterima yaitu *feature extraction*. Operasi ini meliputi input data, *cropping* dan *grayscale*.
   1. *Cropping* adalah teknik atau metode yang digunakan untuk memotong suatu bagian citra sehingga ukuran dari citra tersebut menjadi lebih kecil. Teknik *cropping* diperlukan untuk memisahkan citra wajah dengan latar belakangnya.
   2. *Citra grayscale* adalah citra digital yang hanya memiliki satu nilai kanal pada setiap pikselnya dengan kata lain nilai bagian RED=GREEN=BLUE. Nilai tersebut menunjukkan tingkat intensitas. Dalam hal ini diperlukan untuk memfokuskan objek inputan data setelah dilakukan proses deteksi agar memudahkan dalam proses pengenalan nantinya.
3. Pencari dan seleksi fitur bertujuan untuk menemukan karakteristik atau sifat utama sinyal sekaligus mengurangi dimensi siyal menjadi kumpulan bilangan yang lebih sedikit tetapi representative.
4. Algoritma klasifikasi berfungsi untuk pengelompokan data berdasarkan kesamaan ciri yang dimiliki oleh data tersebut.
5. Algoritma deskripsi berfungsi untuk memberitahukan apakah objek yang diklasifikasi dikenal atau tidak.

Didalam pengenalan pola terdapat dua pendekatan yaitu pendekatan secara statistik dan pendekatan secara sintaktik atau struktural (Munir, 2004).

1. Pengenalan pola secara statistik

Pendekatan ini menggunakan matematika statistik dan peluang. Ciri-ciri yang dimiliki oleh suatu pola ditentukan distribusi statistiknya. Pola dengan distribusi statistik *a* berbeda dengan pola dengan distribusi statistik *b*. Dengan menggunakan teori keputusan di dalam statistik, maka suatu objek diukur dan diklasifikasi berdasarkan ciri-ciri pola tersebut.

Sistem pengenalan pola dengan pendekatan statistik dapat ditunjukan dalam gambar 2.6



Gambar 2.6 Sistem pengenalan pola dengan pendekatan statistik

(Sumber : Munir, 2004)

Ada dua fase dalam sistem pengenalan pola: yaitu fase pelatihan dan fase pengenalan. Dalam fase pelatihan kumpulan citra dipelajari dan diukur untuk mendapatkan sifat umum atau ciri yang kemudian digunakan dalam proses pengenalan serta prosedur klasifikasi. Sedangkan fase pengenalan adalah citra yang cirinya telah selesai diukur kemudian diambil dan dikategorikan kedalam kelas kelompoknya.

***Preprocessing***

Proses awal yang berfungsi untuk menghilangkan gangguan atau menormalkan gambar dengan cara peningkatan kontras, transformasi warna, perbaikan tepi objek *(edge enhancement)*, penajaman *(sharpening)* dan lain sebagainya.

***Feature Extraction***

Proses ini mengambil ciri-ciri yang terdapat pada objek di dalam citra. Di dalam proses ini diperlukan pendeteksian tepi pada objek citra lalu menghitung properti objek berkaitan dengan ciri.

***Classification***

Proses pengelompokan atau klasifikasi berdasarkan kesamaan ciri pada kelas yang sesuai.

***Feature Selection***

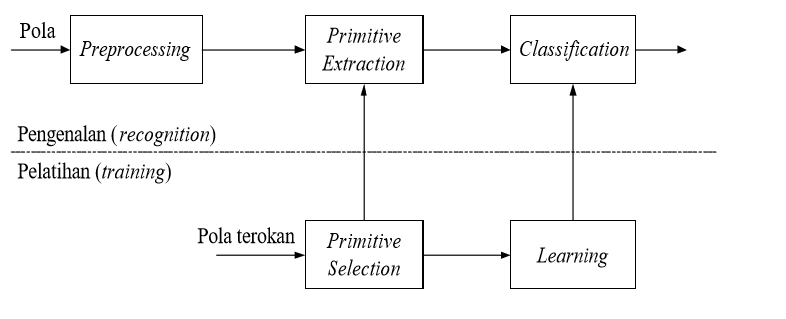
Proses pemilihan objek yang paling optimal, yaitu objek yang mempunyai ciri yang dapat digunakan untuk membedakan objek yang satu dengan objek lain.

***Learning***

Proses belajar membuat aturan pengelompokkan atau klasifikasi sehingga jumlah kelas yang tumpang tindih dapat diminimumkan.

1. Pendekatan pola sintaktik atau struktural

Pendekatan ini menggunakan struktur formal seperti grammer, automata dan lain-lain. Pendekatan ini dilakukan dengan menganalisis struktur pola dari citra. Strategi pengenalan pola menggunakan sintatik memiliki kesamaan dengan pengenalan pola yang dilakukan manusia, namun penerapan relatif sulit dibandingkan secara statistik.



Gambar 2.7 pendekatan pola sintaktik atau struktural

(Sumber : Munir, 2004)

### 2.4.1 Ekstraksi Fitur

Ekstraksi fitur merupakan metode yang digunakan untuk pemisahan fitur, dalam hal ini fitur adalah karakteristik unik dari suatu objek. Karakteristik fitur harus memenuhi persyaratan berikut (Putra, 2010).

1. Dapat membedakan suatu objek dengan yang lainnya *(discrimination)*.
2. Memperhatikan kompleksitas komputasi dalam memperoleh fitur.
3. Tidak terikat *(independence)* dalam arti bersifat invariant terhadap berbagai transformasi (rotasi, penskalaan, pergeseran, dan lain sebagainya.)
4. Jumlahnya sedikit, karena fitur yang jumlahnya sedikit menghemat waktu komputasi

Secara umum fitur dapat diekstrak menjadi beberapa jenis yaitu ekstraksi fitur warna, ekstraksi fitur bentuk, ekstraksi fitur tekstur dan analisis komponen utama *(Principal component analysis*- *PCA)*.

1. Ekstraksi fitur warna

Pada ekstraksi ini, diawali dengan merubah citra warna RGB menjadi citra abu-abu (grayscale). Nilai warna keabuan dari masing-masing piksel yang menyusun gambar dikelompokkan menjadi 8 kelompok rentang nilai piksel warna. Tiap kelompok jumlah anggota kemudian dinormalisasi dengan cara di bagi dengan hasil perkalian panjang dan lebar gambar (banyak piksel warna penyusun gambar) (Sugiartha, et al., 2017).

1. Ekstraksi fitur bentuk

Ciri bentuk merupakan karakter dari suatu objek yang merupakan konfigurasi oleh garis dan kontur. Fitur bentuk dikategorikan bergantung pada teknik yang digunakan.Kategori tersebut berdasarkan batas *(boundary-based)* dan berdasarkan daerah *(region-based)* (Sugiartha, et al., 2017).

1. Ektraksi fitur tekstur

Ciri tekstur merupakan bagian penting dari sebuah gambar yang merupakan informasi berupa susunan struktur permukaan suatu gambar (Sugiartha, et al., 2017).

1. Analisis komponen utama (*Principal component analysis* - *PCA*)

Principal component analysis (PCA) merupakan transformasi yang mengubah dan mendekomposisikan sejumlah besar variabel yang berkorelasi menjadi sejumlah kecil variabel yang tidak berkorelasi dan dapat mengurangi dimensi dari data tanpa menghilangkan informasi penting di dalam data tersebut (Intan & Imah, 2015). PCA digunakan untuk mendapatkan vektor-vektor atau disebut dengan *principal component* yang dapat memberikan informasi tentang *variance* maksimum database wajah. Setiap *principal component* merupakan representasi dari suatu kombinasi linier dari semua citra-citra wajah training yang sudah dikurangi oleh mean citra. Gabungan citra wajah-wajah inilah disebut *Eigenface* (Li & Jain, 2005).

#### Jarak

Jarak digunakan untuk menentukan tingkat kesamaan dan ketidaksamaan dua vektor fiktur. Tingkat kesamaan berupa suatu nilai dari dua vektor fitur akan dikatakan mirip atau tidak. Metode yang digunakan untuk mengukur tingkat kemiripan dua buah vektor fitur yaitu *eucledian distance dan minkowski distance* dan lain-lain (Putra, 2010).

1. *Eucledian distance* adalah metode paling sering digunakan untuk menghitung kesamaan dua vektor. *Eucledian distance* menghitung akar dari kuadrat perbedaan dua vektor. Berikut rumus dari *eucledian distance* (Putra, 2010):
2. *Minkowski distance* dengan ordo ini menggeneralisasikan beberapa metrika sebelumnya dimana dinyatakan sebagai *city block distance* dan dinyatakan sebagai *eucledian distance*. Rumus:

### 2.4.2 Pengenalan Wajah (Face Recognition)

Pengenalan wajah adalah suatu metode pengenalan yang berorientasi pada wajah. Dalam hal ini, proses mengenali dengan membandingkan citra wajah dengan database (Emami, 2010). Pengenalan wajah, menjadi salah satu teknologi biometrik utama. Selain itu, pengenalan wajah memiliki beberapa kelebihan dibandingkan modalitas biometrik lainnya seperti sidik jari, iris karena bersifat alami dan tidak menggangu (Li & Jain, 2005).

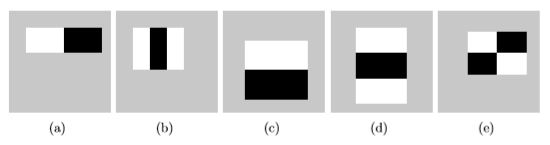
Teknologi pengenalan wajah semakin banyak dikembangkan dan dimanfaatkan khususnya di sistem keamanan *(security).*Sistem absensi mahasiswa, sistem keamanan cctv adalah contoh kasus paling banyak menggunakan teknologi ini. Dalam hal ini, keakuratan, efisiensi dan praktis menjadi faktor utama sistem pengenalan wajah banyak diaplikasikan khususnya di sistem keamanan *(security)*.

## 2.5 Metode Viola Jones

Metode ini pertama kali diperkenalkan oleh Paula Viola dan Michael Jones pada tahun 2001. Metode ini banyak diaplikasikan di berbagai bidang pendeteksian objek karena kecepatan dan akurasi yang tinggi. Pada pembahasan kali ini metode *Viola-Jones* diterapkan pada pendeteksian wajah. Menurut analisis Yi-Qing Wang pada tahun 2014, metode *Viola-Jones* dibagi menjadi beberapa metode utama yaitu (Wang, 2014) :

### 2.5.1 Haar Like Feature dan Integral Image

Haar Like Feature adalah metode yang digunakan *Viola-Jones* sebagai pendeteksi objek. Fitur ini digunakan karena pemrosesan fitur berlangsung lebih cepat dibandingkan dengan menggunakan *pixel* image secara langsung. Pada metode *Viola-Jones* digunakan fitur *Haarlike* yang diambil dari konsep metode *Wavelet Haar*. *Wavelet Haar* merupakan gelombang bujur sangkar yang mempunyai satu interval tinggi dan satu interval rendah yang dipetakan dalam bentuk kotak putih dan kotak hitam (Senjaya, et al., 2012). Dalam pembahasan ini digunakan 5 jenis fitur *Haarlike* seperti gambar dibawah ini :



Gambar 2.8 5 jenis – jenis fitur yang digunakan untuk pemetaan karakteristik wajah pada metode Haar Like Feature  
(Sumber : Wang, 2014)

*Fitur* diatas didapatkan dengan cara mengurangi total jumlah *pixel* pada kotak putih dan total jumlah *pixel* pada kotak kanan, Untuk fitur (e) didapatkan dengan cara mengurangi jumlah *pixel* bagian diagonal yang berbeda Berikut rumus yang digunakan untuk menghitung *fitur* (Wang, 2014) :

Keterangan : I = Gambar

P = Fitur (pola)

Dengan adanya 5 *fitur* tersebut dapat menghasilkan informasi – informasi karakteristik wajah yang dibutuhkan. Meskipun karakteristik wajah manusia secara natural berbeda – beda, *fitur* diatas masih dapat bekerja dengan baik (Wang, 2014). *Fitur* diatas dapat di hitung secara berulang – ulang dan cepat dengan menggunakan *intermediate representation image* yang disebut juga dengan *integral image.* Dimana *integral image* adalah sebuah titik gambar (x,y) yang merupakan hasil *akumulasi* dari pixel diatas dan kiri dari x dan y. Seperti pada rumus dibawah ini (Wang, 2014):

(1)

Keterangan : II ( x , y ) = integral image

*I* ( x , y ) = original image

Dimana dan

Jika *integral image* diselesaikan dalam bentuk *linear* maka rumusnya adalah :

*AdaBoost* merupakan tahap selanjutnya dari metode *Viola-Jones* yang berguna untuk menyeleksi *fitur – fitur* yang memiliki informasi karakteristik wajah (Senjaya, et al., 2012).

### 2.5.2 Feature Selection with AdaBoost

*AdaBoost* merupakan singkatan dari *Adaptive Boosting*. *AdaBoost* diformulasikan oleh Yoav Freund dan Robert Schapire tahun 1995, metode ini merupakan pengembangan dari metode *boosting* dan terbukti telah memperbaiki masalah dari metode *boosting* (Senjaya, et al., 2012).

*Boosting* adalah meta-algoritma dalam *machine learning* untuk melakukan *supervised learning*. *Supervised learning* adalah kemampuan untuk mempelajari pemetaan dari data input dan data output untuk memprediksi data yang belum diketahui (Cunningham, et al., 2008). *Boosting* dibagi menjadi 2 buah classifier yaitu *weak* *learner* adalah *classifier* yang hanya memiliki sedikit *korelasi* dengan *klasifikasi* sebenarnya dan *strong* *learner* adalah *classifier* yang memiliki *korelasi* kuat dengan *klasifikasi* yang sebenarnya (Andoko, 2007).

Metode *Viola-Jones* menggunakan persegi panjang tunggal untuk mengoptimalkan fungsi dari *weak* *learner* dengan membagi persegi panjang menjadi contoh positif dan negative (Senjaya, et al., 2012). Untuk deteksi wajah di asumsi dalam bentuk dimana 1 menyatakan bahwa ada wajah pada pendeteksian, -1 tidak ditemukannya wajah dan d menyatakan banyaknya *fitur* yang didapatkan dari gambar. Tujuan *AdaBoost* untuk dapat beradaptasi pada rendahnya pengetahuan yang diberikan dengan menghitung kemungkinan yang dapat terjadi disimbolkan sebagai *weights* (w) (Wang, 2014). Perhitungan *weights* dirumuskan menjadi :

## 2.6 Konsep Pengenalan Wajah

Kemampuan manusia untuk mengenali seseorang dari wajahnya sangat luar biasa. Seseorang dapat mengenali wajah yang dikenali sebelumnya meskipun ekspresi wajah berubah, pemakaian atribut seperti kacamata, topi dan lain-lain, kondisi penerangan yang gelap atau terang, dan kemiringan wajah. Oleh karena itu wajah dijadikan indikasi pengenalan seseorang atau *face recognition* (Marti, 2010).

Di dalam pengenalan wajah mempunyai dua aplikasi utama yaitu verifikasi dan identifikasi. Fungsi dari verifikasi adalah melakukan pencocokkan yang melibatkan citra wajah baru dengan citra wajah yang ada didatabase dan umumnya menghasilkan dua keluaran yaitu cocok *(true)* atau tidak *(false)*. Sedangkan identifikasi adalah mengenali seseorang berdasarkan keputusan kesamaan dan kemiripan (Li & Jain, 2005).

### 2.6.1 Tahap pengenalan wajah

Secara umum, tahapan pengenalan wajah mencakup empat modul yaitu (Li & Jain, 2005):

1. Deteksi wajah *(Face Detection)*

Sebuah pendeteksi wajah harus mampu mengidentifikasi luas semua wajah yang ada di sebuah gambar tanpa memperhatikan skala, ekspresi, pose.

1. Normalisasi wajah *(Face Normalization)*

Proses normalisasi wajah ada dua yaitu secara geometris dan fotometri yang digunakan untuk menormalkan wajah. Proses normalisasi geometris ini mengubah citra wajah menjadi bingkai standar dengan memotong *(cropping)* wajah. Sedangkan proses normalisasi fotometrik ini digunakan untuk menormalkan wajah berdasarkan sifat seperti pencahayaan dan skala abu-abu *(grayscale)*

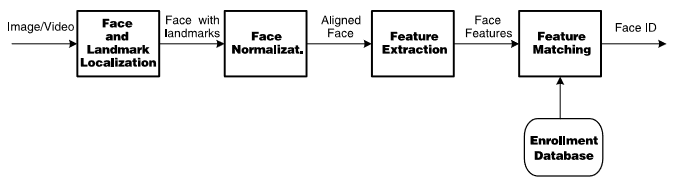
1. Fitur ekstraksi wajah *(Face Feature Extraction)*

Ektraksi fitur merupakan fundamental dari analisis citra. Ektraksi fitur digunakan untuk mengambil bagian terpenting dari sebagai suatu vektor yang merepresentasikan wajah dan bersifat unik (Putra, 2010).

1. Identifikasi wajah *(Face matching)*

Proses ini membandingkan citra wajah baru *(testing image)* dengan semua citra wajah *(training image)* yang ada didatabase untuk mendapatkan kesamaan dan kemiripan antara *testing image* dengan *training image*.

### 2.6.2 Metode Pengenalan wajah



Gambar 2.8 Tahapan pengenalan wajah

(Sumber : Li & Jain, 2005)

Di dalam pengenalan wajah terdapat beberapa metode yang sering digunakan untuk mengidentifikasi wajah yaitu metode *orthogonal* *laplacianfaces*, metode *hidden markov models,* metode *eigenface* dan metode *fisherface*.

1. *Orthogonal laplacianfaces*

Pada dasarnya pengenalan ini didasarkan pada metode *laplacianfaces*. Metode ini menggambarkan kedekatan grafik yang mencerminkan geometri dari berbagai jenis wajah dan mempunyai hubungan kelas antara titik dengan sampel dan dengan fungsi dasar dari *orthogonal* yang mempertahankan struktur metrik dari ruang wajah (Cai, et al., 2006).

1. *Hidden markov models*

*HMM* merupakan model statistik suatu sistem yang dimodelkan yang diasumsikan sebagai *markov* proses dengan kondisi yang tidak terobservasi. Di dalam pengenalan wajah berupa sistem yang digunakan untuk melacak posisi wajah seseorang dan mengenali wajah dengan database wajah yang telah ditraining sebelumnya (Nefian & Bayes, 1998).

1. *Eigenface* adalah salah satu metode yang digunakan untuk pengenalan wajah yang berdasarkan pada *principle component analysis* (PCA). Metode *Eigenface* ini pertama kali dikembangkan oleh Sirovich dan Kirby (1987) yang kemudian disempurnakan pada tahun 1991 oleh M.Turk dan A.Pentland (Imran, et al., 2015).

Algoritma *eigenface* secara keseluruhan cukup sederhana, dengan menghitung *eigenvektor* untuk mendapatkan nilai *eigenface* yang kemudian memasuki tahapan identifikasi wajah dengan menggunakan pendekatan *eucledian distance* (Imran, et al., 2015).

Langkah-langkah algoritma *eigenface* adalah sebagai berikut:

1. Langkah pertama menyiapkan data dengan membuat himpunan S yang terdiri dari seluruh *training* image.
2. Langkah kedua membuat matriks rata-rata
3. Langkah ketiga mencari matriks selisih antara nilai training image () dengan nilai matriks rata-rata ()
4. Langkah keempat adalah menghitung matriks kovarian
5. Langkah kelima menghitung nilai eigenvalue () dan nilai eigenvector () dari matriks kovarian
6. Langkah keenam hitung nilai eigenface dengan

Tahapan pengenalan wajah:

1. Sebuah *image testing* () akan dicoba dikenali, dengan cara terapkan cara pada tahap pertama sampai tahap keenam untuk mendapatkan nilai *eigen*
2. Gunakan pendekatan *eucledian distance* untuk mencari jarak terpendek antara nilai *eigen* training image dalam database dengan nilai eigen dari *image testing*

### 2.6.3 Threshold

*Threshold* (nilai ambang) adalah suatu proses di dalam citra masukan yang dalam hal ini, jika intensitas piksel lebih besar dari suatu nilai tertentu yang konstan maka disebut nilai ambang atas atau nilai *threshold* dengan citra keluaran diberi nilai 1, sebaliknya untuk piksel selain itu maka diberi nilai 0. Jika *threshold* disimbolkan menjadi T, maka dapat dirumuskan menjadi persamaan berikut ini (Putra, 2010).

Dengan adalah citra biner dari citra grayscale , dan T menyatakan nilai ambang. Terdapat dua jenis metode *threshold*, yaitu threshold global dan threshold adaptif (Putra, 2010).

1. *Threshold global* adalah teknik mempartisi histogram citra dengan menggunakan nilai ambang T pada seluruh bagian citra. Keberhasilan dari teknik ini sangat bergantung pada seberapa baik histogram dapat dipartisi (Gonzales & Woods, 2002).
2. *Threshold adaptif*  adalah teknik membagi citra asli menjadi sub citra, lalu menggunakan nilai ambang lokal adaktif pada setiap sub citra dengan nilai T yang berbeda (Putra, 2010).