**Pengembangan Sistem Kamera Keamanan Berbasis IOS dengan Metode Viola Jones dan Metode Eigenface**

**TUGAS AKHIR**

Oleh:

**Dicky Christian (**NIM.141110248)

**Kelvin Jingga (**NIM.141112681)

**William Karno (**NIM.141112052)



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA  
SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INFORMATIKA DAN KOMPUTER  
MIKROSKIL  
MEDAN  
2018**

# DAFTAR ISI

[DAFTAR ISI i](#_Toc512496696)

[BAB I PENDAHULUAN 1](#_Toc512496697)

[1.1 Latar Belakang 1](#_Toc512496698)

[1.2 Rumusan Masalah 2](#_Toc512496699)

[1.3 Tujuan 2](#_Toc512496700)

[1.4 Manfaat 3](#_Toc512496701)

[1.5 Batasan Masalah 3](#_Toc512496702)

[1.6 Metodologi Penelitian 4](#_Toc512496703)

[BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5](#_Toc512496704)

[2.1 Citra 5](#_Toc512496705)

[2.1.1 Citra Analog 5](#_Toc512496706)

[2.1.2 Citra Digital 6](#_Toc512496707)

[2.1.3 Digitalisasi Citra 6](#_Toc512496708)

[2.1.4 Elemen-Elemen Citra Digital 9](#_Toc512496709)

[2.1.5 Format File Citra 11](#_Toc512496710)

[2.2 Grayscale 12](#_Toc512496711)

[2.3 Pengolahan citra digital 12](#_Toc512496712)

[2.3.1 Transformasi citra 15](#_Toc512496713)

[2.4 Video 16](#_Toc512496714)

[2.4.1 Video analog 16](#_Toc512496715)

[2.4.2 Video Digital 17](#_Toc512496716)

[2.4.3 Struktur Video Frame 17](#_Toc512496717)

[2.4.4 Ukuran Video Digital 18](#_Toc512496718)

[2.4.5 Laju Frame (Frame rate) 18](#_Toc512496719)

[2.4.6 Aktivitas gerak pada video 19](#_Toc512496720)

[2.5 Pengenalan Pola 20](#_Toc512496721)

[2.5.1 Jarak (Distance) 23](#_Toc512496722)

[2.6 Thresholding 24](#_Toc512496723)

[2.7 Pengenalan Wajah(Face Recognition) 24](#_Toc512496724)

[2.7.1 Konsep Pengenalan Wajah 25](#_Toc512496725)

[2.7.2 Tahap pengenalan wajah 25](#_Toc512496726)

[2.7.3 Metode Pengenalan wajah 26](#_Toc512496727)

[Gambar 1 7](#_Toc512676453)

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Pengenalan wajah merupakan salah satu teknologi biometrik yang digunakan untuk mengidentifikasi seseorang dari sebuah citra maupun frame video. Pengenalan wajah memiliki peran penting dalam kehidupan sehari-hari terutama sebagai tujuan keamanan (Gumus, et al., 2010). Berbagai cara dapat dilakukan untuk meningkatkan keamanan, salah satunya adalah melakukan pengawasan jarak jauh dengan menggunakan CCTV (Widyardini, 2015). Secara umum CCTV digunakan untuk memantau dan merekam segala aktivitas pada suatu tempat. Contoh sistem yang telah dikembangkan adalah *yoosee* dan *Xiaomi Yi.* Pada sistem yang dikembangkan kamera mampu mendeteksi adanya pergerakan dan mengirimkan notifikasi ketika objek bergerak apapun terdeteksi oleh kamera.

Pendeteksian wajah dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode seperti *Haar algorithm, Genetic algorithm, Viola-Jones algorithm,* dan lain-lain.Pembahasan ini menggunakan metode pendeteksi wajah *Viola-Jones* yang memiliki tingkat akurasi yang tinggi dan kemampuan dalam beroperasi secara *real-time* pada pengambilan video CCTV (Deshpande & Ravishankar, 2017). Metode ini memiliki empat tahap dalam pendeteksian wajah : *haar like feature* digunakan sebagai pengenal objeck, *integral image* untuk komputasi*, Adaboost* untuk melakukan penyeleksian, *attentional cascade* untuk efisiensi dalam mengalokasikan sumber daya komputasi (Wang, 2014; Jaiswal, et al., 2011).

Pada dasarnya banyak metode yang telah dikembangkan untuk menyelesaikan masalah pengenalan wajah diantaranya adalah metode *Linear Discriminant Analysis(LDA),* metode *Independent Component Analysis(ICA)* dan metode *Principal Component Analysis(PCA)*. Pada pembahasan ini metode pengenalan wajah yang digunakan adalah metode *Eigenface* yang merupakan salah satu algoritma yang berbasis pada *Principal 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. Cara kerja dari metode ini adalah menghitung *eigenvector* untuk mendapatkan nilai eigenface yang kemudian memasuki tahapan identifikasi wajah dengan menggunakan pendekatan *eucledian-distance*. Kelebihan dari metode ini adalah kesederhanaan algoritmanya dan memiliki keakuratan yang cukup tinggi dengan wajah frontal (Jaiswal, et al., 2011).

Pada penelitian ini akan dirancang kamera yang mampu mengidentifikasi seseorang dengan menggunakan metode *Viola-Jones* dan *Eigenface*. Sistem ini akan terintegrasi pada smartphone untuk dapat menerima notifikasi apabila seseorang tertangkap oleh kamera. Berdasarkan uraian di atas maka diangkatlah topik Tugas Akhir dengan judul “**Pengembangan Sitem Kamera Keamanan Berbasis Mobile dengan Metode Viola Jones dan Metode Eigenface**”.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjabaran latar belakang diatas, maka yang menjadi permasalahan dalam tugas akhir ini adalah:

1. Sistem keamanan kamera CCTV pada umumnya belum dilengkapi kemampuan untuk mendeteksi dan mengenali seseorang.
2. Kamera CCTV konvensional belum mampu mengirim pemberitahuan ke smartphone jika orang yang terdeteksi tidak dikenali serta melakukan monitoring secara real-time melalui perangkat mobile.

## 1.3 Tujuan

Tujuan dari pembahasan ini adalah :

1. Merancang kamera CCTV yang berguna untuk mendeteksi wajah dari pemilik rumah atau pemilik kamera CCTV.
2. Kamera CCTV diharapkan dapat mengenali wajah dari pemilik rumah atau pemilik kamera CCTV
3. Kamera CCTV yang bangun dalam bentuk hewan atau hiasan rumah yang berguna sebagai kamuflase CCTV, serta dapat mengeluarkan suara sebagai kemampuan tambahan dari CCTV.

## 1.4 Manfaat

Manfaat dari pembuatan tugas akhir ini adalah:

1. Dengan adanya kamera CCTV yang dapat mendeteksi wajah dan mengenali wajah pemilik rumah diharapkan dapat meningkatkan keamanan pemilik rumah
2. Dengan rancangan CCTV ini dapat memberikan pemberitahuan kepada pemilik rumah dalam bentuk pemberitahuan pesan pada smartphone.
3. Dengan bentuk kamera CCTV yang fleksibel serta penanaman suara kedalam CCTV dapat mengurangi kemungkinan orang asing mengenali kamera CCTV dan merusak kamera CCTV.
4. Dengan adanya kamera CCTV ini diharapkan memberikan solusi pencegahan kriminalitas dimasyarakat luas ini.

## 1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dari tugas akhir ini adalah:

1. Karena hanya dapat melakukan identifikasi pada bagian depan wajah manusia.
2. Wajah yang dideteksi tidak terhalang oleh objek lain seperti helm, topi, dan accessoris lainnya.
3. Kamera mampu mendeteksi dan mengidentifikasi wajah yang bersumber dari foto.
4. Objek bergerak manusia dideteksi menggunakan library openCV.
5. Aplikasi mobile yang dikembangkan berbasis iOS.
6. Kamera yang dikembangkan terbatas pada berbagai jenis ekspresi wajah.

## 1.6 Metodologi Penelitian

Dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini, metodologi penelitian yang dilakukan adalah:

1. Pengumpulan Data

Mengumpulkan referensi yang berhubungan dengan penelitian seperti pengolahan citra, pendeteksi wajah, pengenalan wajah, metode Viola Jones, metode Eigenface, metode Fisherface dan bahan referensi lainnya dari buku-buku maupun jurnal ilmiah.

1. Analisis Data

Bahan-bahan yang telah di kumpulkan dipelajari lebih lanjut untuk mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam mengenai bagaimana cara kerja metode Viola Jones dan Eigenface.

1. Pemrosesan Data

Metode yang telah dipelajari akan di konversi ke dalam bahasa pemrograman yang dapat dimengerti oleh komputer. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah Python versi 3. Selain itu library openCV digunakan untuk memperoleh frame dari kamera secara real-time serta mendeteksi adanya objek bergerak manusia.

1. Pengembangan Sistem

Dalam tahapan ini akan dikembangkan aplikasi berbasis iOS dengan menggunakan bahasa pemrograman Swift. Dan Raspberry Pi 3 beserta modul kamera akan digunakan untuk merancang kamera CCTV.

1. Pengujian Hasil

Pada tahap ini, kamera CCTV yang telah dikembangkan akan diuji coba. Adapun hal-hal yang dilakukan adalah:

1. Percobaan mendeteksi wajah dengan menutupi sebagian wajah dengan objek lain.
2. Percobaan mendeteksi dan mengidentifikasi objek wajah manusia.
3. Percobaan mendeteksi objek bergerak manusia.
4. Penarikan Kesimpulan
5. Berdasarkan hasil pengujian yang telah diperoleh akan dilakukan penarikan kesimpulan dan penyusunan laporan.

# 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 (Munir, 2004). Keluaran dari suatu sistem perekaman data di dalam citra berupa analog dan digital.

### 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 (Sutoyo, T. et al, 2009). 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.

### 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:

Yang dalam hal ini,

menunjukkan sifat sumber cahaya

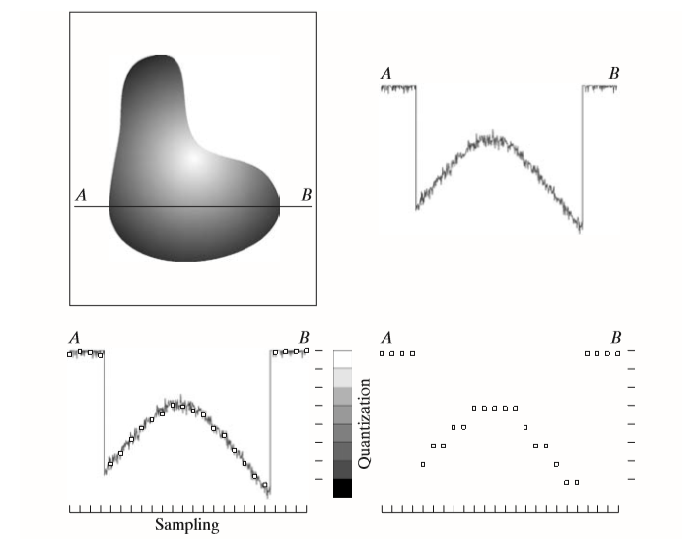
menunjukkan jumlah cahaya yang dipantulkan dan diserap.

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 (Ballard, D.,H, 1982) memiliki nilai acak 0 sampai 255. Nilai matriks menunjukkan tingkat kecerahan titik tersebut.

### 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 (Munir, 2004). Citra digital umumnya berbentuk *N x M* dapat dinyatakan menjadi matriks yang berukuran N baris dan M kolom.

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

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:

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.

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:

1. Kecerahan *(brightness)*

Kecerahan merupakan intensitas cahaya yang dipancarkan oleh titik (pixel) 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.

1. Kontras *(contrast)*

Kontras menyatakan distribusi warna terang dan warna gelap di dalam sebuah gambar (Kadir & Susanto, 2013). 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.

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 (Munir, 2004).

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 (jain et all, 1995). 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(Mengko, R.,1989).

### 2.1.5 Format File Citra

Berikut adalah penjelasan beberapa format umum yang paling banyak digunakan.

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 (Putra, 2010).

## 2.2 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:

## 2.3 Pengolahan citra digital

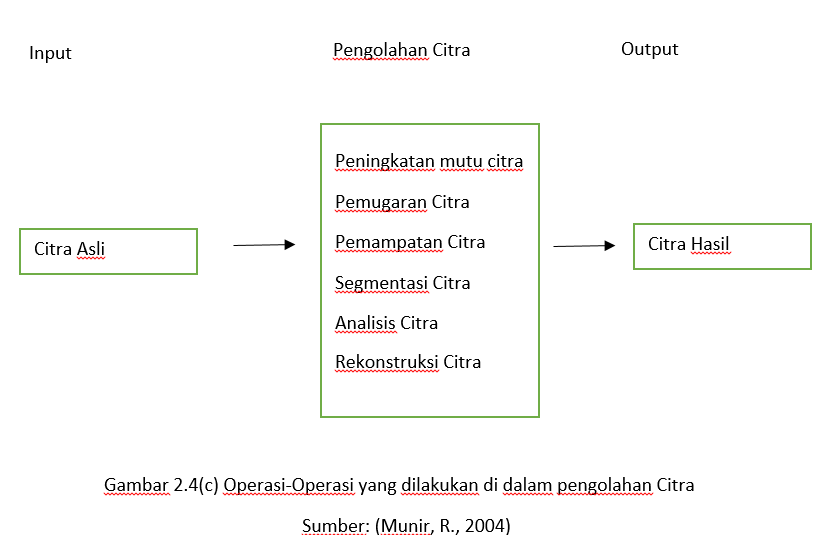
Pengolahan citra digital adalah pemrosesan suatu citra menjadi citra yang lain dengan kualitas lebih baik. Tujuan dari pengolahan citra adalah memperbaiki kualitas citra sehingga mudah dikenali oleh manusia atau komputer (Munir, 2004). Pada contoh dibawah, terlihat gambar citra bunga rose 2.4(a) tampak gelap, lalu dengan operasi pengolahan citra diperbaiki kontrasnya yang keluaran gambar 2.4(b).





(b)

(a)

Dalam pengolahan citra, terdapat berbagai ragam operasi yang sering digunakan. Pada contoh diatas adalah operasi perbaikan kualitas citra kontras gelap menjadi terang. Dalam hal ini, citra inputan awal pada gambar 2.4(a) diproses lalu mendapatkan citra keluaran pada gambar 2.4(b). Maka operasi dalam pengolahan citra dapat dijabarkan menjadi beberapa jenis seperti gambar 2.4(c) berikut:

1. Peningkatan mutu citra *(image enhancement)*

Bertujuan untuk mendapatkan kualitas citra yang lebih baik dengan memanipulasikan parameter-parameter citra, sehingga ciri-ciri khusus yang terdapat di suatu citra dapat ditonjolkan.

Berikut beberapa contoh operasi peningkatan mutu citra:

1. Kontras gelap/terang
2. Tepian objek *(edge enhancement)*
3. Penajaman *(sharpening)*
4. Pemberian warna semu *(pseudocoloring)*
5. Penapisan derau *(noise filtering)*
6. Pemugaran citra *(image restoration)*

Bertujuan untuk menghilangkan atau meminimumkan cacat pada citra. Dengan operasi ini penyebab degradasi gambar diketahui.

Berikut beberapa contoh operasi pemugaran citra:

1. Penghilangan kesamaran *(blurring)*
2. Penghilangan derau *(noise)*
3. Pemampatan citra *(image compression)*

Bertujuan agar citra dapat direpresentasikan dalam bentuk yang lebih kompak dan citra yang dimampatkan tetap memiliki kualitas gambar yang bagus. Contoh metode yang umum digunakan yaitu metode *Lossless*, metode *Lossy*, metode *Huffman*, metode *Rle* dan metode *Kuantisasi*.

1. Segmentasi citra *(image segmentation)*

Bertujuan untuk mempartisi suatu citra ke dalam beberapa segmen dengan kriteria tertentu.Operasi ini berhubungan dengan pengenalan pola.

1. Pengorakan citra *(image analysis)*

Bertujuan untuk menghitung kuantitatif dari citra untuk menghasilkan deskripsinya.Berikut beberapa contoh operasi pengorakan citra:

1. Pendeteksian tepi objek
2. Ektraksi batas
3. Representasi daerah
4. Rekonstruksi citra *(image reconstruction)*

Bertujuan untuk membentuk ulang objek dari hasil proyeksi. Operasi rekonstruksi citra banyak diterapkan di bidang medis.

### 2.3.1 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 *hadamart*, dan transformasi *wavelet* (Putra, 2010).

#### 2.3.1.1 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).
2. Transformasi wavelet

Transformasi *wavelet* merupakan perkembangan dari transformasi *fourier*. Wavelet adalah fungsi matematika yang memotong-motong data menjadi kumpulan frekuensi yang berbeda, sehingga masing komponen dapat dipelajari dengan menggunakan skala resolusi yang berbeda. Selain itu transformasi wavelet mampu memberikan informasi frekuensi yang muncul, juga memberikan informasi tentang skala, durasi atau waktu. Transformasi wavelet menggunakan dua komponen penting yaitu fungsi penskalaan *(scalling function)* atau *mother wavelet* dan fungsi wavelet *(wavelet function)*. Dengan *wavelet*, suatu sinyal disimpan lebih efisien dibandingkan dengan *fourier* dan lebih baik dalam hal aprosimasi terhadap *real-word* signal (Putra, 2010).

## 2.4 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* (Madenda, S., 2015). Aplikasi umum yang menggunakan teknologi video adalah televisi. Video juga digunakan dalam aplikasi lain seperti bidang teknik, saintifik, produksi dan keamanan.

### 2.4.1 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, A. M., 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, I., 2010).

### 2.4.2 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, S., 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 (Binanto, I., 2010). Beberapa contoh standar video digital yaitu *SIF, CIF, QCIF,* dan *QSIF.*

### 2.4.3 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).

### 2.4.4 Ukuran Video Digital

Berikut beberapa ukuran video digital yang paling banyak digunakan dari paling rendah hingga paling tinggi, yaitu (Nurhayati, O. N., 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.

### 2.4.5 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 (Haslinda, A. S., 2012).

### 2.4.6 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 all, 2001)*.*

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

## 2.5 Pengenalan Pola

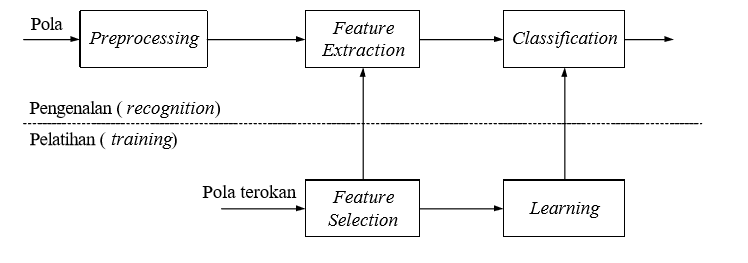
Secara umum pengenalan pola atau *pattern recognition* merupakan bidang ilmu yang mengklasifikasi atau mengelompokkan suatu bentuk atau model berdasarkan sifat utama dari objek ke dalam kelompok tertentu dan diberi nama. Pola sendiri adalah bentuk atau model yang telah terdefinisi, dan dikenali melalui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

Tujuan dari pengenalan pola adalah mengelompokkan atau menentukan kategori pola berdasarkan sifat utama atau ciri dari objek ke kelompok tertentu. Dan dapat disimpulkan bahwa, pengenalan pola dapat membedakan suatu objek dengan objek lain. 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 2.5



Gambar 2.5 sistem pengenalan pola dengan pendekatan statistik

Sumber Rinaldi 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***

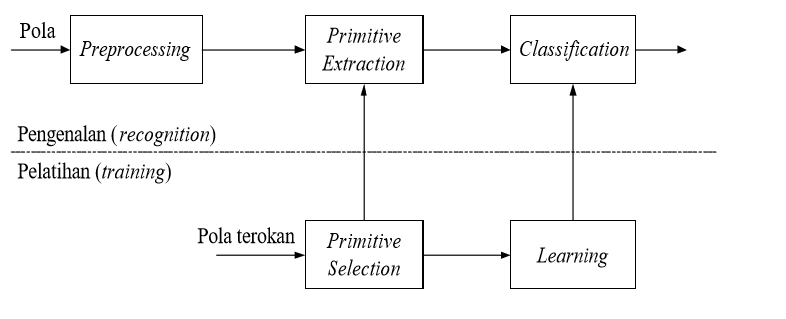
Proses pemilihan objek yang paling optimal, yaitu objek yang mempunyai ciri yang dapat digunakan untuk membedakan objek yang satu dengan objek lain.

***Learning***

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

1. Pendekatan pola sintaktik atau structural

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 (Munir, 2004).



Gambar 2.5 pendekatan pola sintaktik atau struktural

Sumber Rinaldi munir , 2004

### 2.5.1 Jarak (Distance)

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 (Putra, 2010). Beberapa metode yang digunakan untuk mengukur tingkat kemiripan dua buah vektor fitur yaitu *eucledian distance, normalized eucledian distance, minkowski distance* dan lain-lain.

#### 2.5.1.1 Eucledian Distance

Metode ini paling sering digunakan untuk menghitung kesamaan dua vektor. *Eucledian distance* menghitung akar dari kuadrat perbedaan dua vektor. Berikut rumus dari *eucledian distance* :

## 2.6 Thresholding

Thresholding (pengambangan) adalah salah satu metode yang terdapat di dalam segementasi citra yang berfungsi sebagai mengubah citra keabu-abuan *(grayscale)* menjadi citra biner sehingga dapat memisahkan antara objek dengan latar gambarnya *(background)*. Metode yang paling umum digunakan untuk menentukan nilai ambang (T) adalah metode histogram. Metode pengambangan secara umum ada dua yaitu *thresholding global* dan *thresholding adiktif* (Putra, 2010)*.* Thresholding global adalah mempartisi histogram dengan sebuah *threshold* (batas ambang) global T. Sedangkan threshold adiktif yaitu membagi citra menjadi sub-sub kecil dan kemudian pada setiap sub citra menggunakan nilai T yang berbeda.

## 2.7 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, S., 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 (Jain, A. K. dan Li, S. Z, 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)*.

### 2.7.1 Konsep Pengenalan Wajah

Kemampuan manusia untuk mengenali seseorang dari wajahnya sangat luar biasa (Marti, 2010). 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*.

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 (Jain, A. K. dan Li, S. Z, 2005).

### 2.7.2 Tahap pengenalan wajah

Secara umum, tahapan pengenalan wajah mencakup empat modul yaitu (Jain, A. K. dan Li, S. Z, 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 (Jain, A. K. dan Li, S. Z, 2005).

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)*(Jain, A. K. dan Li, S. Z, 2005).

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

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

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*.

### 2.7.3 Metode Pengenalan wajah

Di dalam pengenalan wajah terdapat beberapa metode yang sering digunakan untuk mengidentifikasi wajah yaitu metode *eigenface* dan metode *fisherface*.

#### 2.7.3.1 Metode Eigenface

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

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

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:

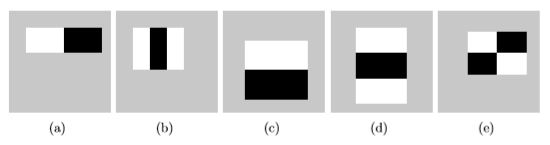
1. Sebuah *image testing* () akan dicoba dikenali, dengan cara terapkan cara pada tahap pertama sampai tahap keenam untuk mendapatkan nilai *eigen*
2. Gunakan pendekatan *eucledian distance* untuk mencari jarak terpendek antara nilai *eigen* training image dalam database dengan nilai eigen dari *image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

### 2.7.4 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 dibagi menjadi beberapa metode utama yaitu (Wang, 2014) :

#### 2.7.4.1 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 :



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 :

(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).

#### 2.7.4.2 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. Dimana kemungkinan terjadinya adalah w (weight)