

Buku Citra Digital

by Suhendro Irianto

Submission date: 16-Feb-2020 04:03PM (UTC+0800)

Submission ID: 1258149925

File name: BUKU_CITRA_DIGITAL.pdf (2.55M)

Word count: 17496

Character count: 112575

PENGOLAHAN CITRA DIGITAL & KECERDASAN BUATAN

Kecerdasan buatan adalah studi tentang komputasi yang memungkinkan untuk dipahami, bernalar dan bertindak. Tujuannya adalah untuk memecahkan masalah yang sebenarnya, atau tujuan ilmiahnya dapat menjelaskan berbagai jenis inteligensi. Tujuan lain dari kecerdasan buatan yaitu dapat membantu kita memecahkan masalah dunia yang sulit dan nyata, menciptakan peluang baru dalam bisnis, teknik, dan bidang aplikasi lainnya. Kecerdasan buatan membantu kita menjadi lebih cerdas. Pemrosesan informasi manusia dapat membantu menjadikan komputer cerdas, maka teori yang pada dasarnya dihasilkan dengan komputer mengemukakan petunjuk yang berguna bagi pemikiran manusia. Melalui penelitian kecerdasan, beberapa penyajian dan metode yang tampak digunakan manusia secara tidak sadar telah dibuat manusia untuk disebarkan dengan sengaja.



PENGOLAHAN CITRA DIGITAL & KECERDASAN BUATAN

Sri Karnita | Suhendro Yusuf Irianto | Rio Kurniawan

PENGOLAHAN CITRA DIGITAL DAN KECERDASAN BUATAN

Sri Karnita | Suhendro Yusuf Irianto | Rio Kurniawan

PENGOLAHAN
CITRA DIGITAL
& KECERDASAN BUATAN

Hak cipta pada penulis

Hak penerbitan pada penerbit

Tidak boleh diproduksi sebagian atau seluruhnya dalam bentuk apapun

Tanpa izin tertulis dari pengarang dan/atau penerbit

Kutipan Pasal 72 :

Sanksi pelanggaran Undang-undang Hak Cipta (UU No. 10 Tahun 2012)

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) atau Pasal (49) ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp. 1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan atau denda paling banyak Rp. 5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah)
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu Ciptaan atau hasil barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp. 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah)



P E N G O L A H A N
CITRA DIGITAL
& KECERDASAN BUATAN

Sri Karnila | Suhendro Yusuf Irianto | Rio Kurniawan

Perpustakaan Nasional RI:
Katalog Dalam Terbitan (KDT)

**PENGOLAHAN CITRA DIGITAL
DAN KECERDASAN BUATAN**

Penulis:

Sri Karnila
Suhendro Yusuf Irianto
Rio Kurniawan

Rancang Sampul & Penata Isi
Aura Creative

ISBN: 978-602-51690-6-9

Cetakan November 2018
xii + 92 hlm. ; 14,5 x 20,5 cm

Penerbit
Darmajaya (DJ) Press

Alamat :

Kampus IBI DARMAJAYA
Jl. Zainal Abidin Pagar Alam No 93,
Bandar Lampung 35142, INDONESIA

39

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang
All Rights Reserved.

Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian
atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit

Kata Pengantar

47

Puji Syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah mencurahkan rahmat dan karunia, sehingga penulis dapat menyelesaikan buku teks ini. Buku ini diperuntukan sebagai buku pegangan wajib atau sebagai buku pelengkap untuk mata kuliah pengolahan citra digital dan kecerdasan buatan. Buku disajikan dalam bentuk narasi teori serta latihan-latihan soal.

24

Penulis juga mengucapkan terima kasih Darmajaya Press yang telah bersedia menerbitkan buku ini. Penulis menyadari bahwa isi buku ini masih terdapat kelemahan baik dalam penyajian dan isi dari buku. Akhirnya saya mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang berjasa dalam rangkai menyelesaikan penyusunan buku ini. Semoga karya ilmiah ini dapat memberikan kontribusi yang nyata bagi pengguna. Sekian dan terima kasih, Wabillahi Taufik Walhidayah-Wasalamu Alaikum Wa-wb.

Bandar Lampung, 10 September 2018
Hormat kami,

Penulis

Kata Pengantar Penerbit

Materi buku ajar dengan judul **Pengolahan Citra Digital Dan Kecerdasan Buatan** ini dibuat telah disesuaikan dengan silabus mata kuliah yang membahas mengenai “kecerdasan buatan”, ditambah contoh penerapan metode CBIR diberikan bagi mahasiswa Fakultas Ilmu Komputer di Institut Informatika dan Bisnis Darmajaya (IBI) Bandar Lampung. Selain itu, materi ajar ini merupakan bahan kuliah untuk matakuliah **pengolahan citra digital** dan matakuliah **kecerdasan buatan**. Diharapkan materi ajar ini dapat berguna bagi para pengguna buku ini, terutama dosen/akademisi saat mengajarkan mata kuliah tentang “Kecerdasan Buatan” dan/atau mata kuliah terkait lainnya, khususnya fakultas Ilmu Komputer jurusan Teknik Informatika. Buku ini secara tidak langsung diharapkan dapat dimanfaatkan menjadi salah satu referensi dalam Materi ajar Kecerdasan Buatan yang disesuaikan dengan kebutuhan masing-masing dosen/akademis perguruan tinggi tempat mengajar.

Akhir kata, penerbit mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang terlibat dalam menerbitkan buku ini, tak ada gading yang tak retak, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk kesempurnaan buku Kecerdasan Buatan ini, semoga bermanfaat.

Bandar Lampung, September 2018

Penerbit

Kata Pengantar	v
Kata Pengantar Penerbit	vi
Daftar isi	vii
Daftar Gambar	x
Daftar Tabel	xii
BAB - 1	1
REPRESENTASI KECERDASAN BUATAN.....	1
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Sejarah AI.....	1
1.3 Pengertian Artifial Intelegent (AI)	2
1.3.1 Artifial Intelegent (AI)	2
1.3.2 Aplikasi – Aplikasi dari AI	3
1.4 Kerja Kecerdasan Manusia.....	7
1.5 Latihan.....	7
BAB - 2	8
PENGANTAR CITRA DIGITAL	8
2.1 Pendahuluan	8
2.2 Terbentuknya Citra Digital.....	8
2.3 Sampling dan Kuantisasi citra 2D	9
2.4 Distorsi dan Blurring.....	11
2.5 Representasi Spatial Citra Digital.....	13
2.6 Database citra digital	13
2.7 Matching Citra JPEG Berbasis Content	14
2.8 Latihan.....	16
BAB - 3	17
DASAR TEKNIK CBIR	17
3.1 Pendahuluan	17

3.2 Content based Image Retrieval (CBIR).....	17
3.3 Fitur Citra Dalam CBIR	18
3.3.1 Warna	19
3.3.2 Tekstur	19
3.3.3 Fitur Bentuk	21
3.3.4 Query-by-Example	21
3.4 Matching Image Query	23
3.4.1 Matching berdasarkan fitur warna.....	23
3.4.2 Matching berbasis fitur tekstur.....	23
3.4.3 Matching berbasis fitur bentuk.....	24
3.4.4 Menghitung Jarak Fitur Bentuk.....	25
3.5 Teknik Haar Classified Facial Tracking System	26
3.5.1 Perhitungan Similarity Fitur Warna, Tekstur, dan Bentuk	26
3.5.2 Matching Kemiripan	28
3.6 Latihan.....	29
BAB - 4.....	30
TEKNIK CBIR	30
4.1 Pendahuluan	30
4.2 Jenis Citra digital.....	30
4.3 Konversi Antar Citra	33
4.3.1 rgb2gray	33
4.3.2 im2bw.....	33
4.3.3 Perintah atau command untuk konversi citra	34
4.4 Pengenalan Wajah	36
4.5 CBIR Dalam Compressed Domain.....	38
4.6 Aplikasi Similarity	39
4.7 Latihan.....	40
BAB - 5.....	41
FITUR CITRA DIGITAL	41
5.1 Pendahuluan	41
5.2 Tekstur.....	41
5.3 Co-occurrence Matrix Features	43
5.4 Tepi (edge)	44
5.5 Warna	45
5.6 Fitur Bentuk.....	46
5.7 Latihan.....	50

BAB - 6	51
JPEG DAN JPEG2000.....	51
6.1 Pendahuluan	51
6.2 Lossy Compression	51
6.3 Discrete Cosine Transform.....	55
6.3.1 DCT Analysis	55
6.3.2 ZigZag Scanning	56
6.3.3 Modified Huffman Coding.....	56
6.4 Lossless Compression	60
6.5 JPEG 2000.....	61
6.5.1 Skema encoder-decoder	63
6.6 Latihan.....	65
BAB - 7	66
APLIKASI AI BERBASIS CBIR.....	66
7.1 Intelligent Security System	66
7.2 Pengenalan Wajah	71
7.3 Intelligent System.....	74
7.4 Pengenalan Ekspresi Wajah	74
7.5 Image Retrieval	76
7.5.1 Planning dan Analysis	78
7.6 Desain Development	78
7.6.1 Teknik Haar Classified Facial Tracking System.....	78
7.6.2 Perhitungan Similarity Fitur Warna, Tekstur, dan Bentuk	78
7.7 Matching Kemiripan.....	80
7.8 Flowchart Alur Proses Ektrak Fitur Wajah	82
7.9 Flowchar Proses Similarity	84
7.10 Aplikasi Similarity	84
DAFTAR PUSTAKA	89

Daftar Gambar

Gambar 1.1. Suatu Input-Output Model Untuk Artificial Intelligence	5
Gambar 2.1. Pembentukan suatu citra digital	8
Gambar 2.2. (a) Citra kontinu diproyeksikan suatu sensor matrik, b). hasil dari citra sampling dan kuantisasi	9
Gambar 2.3. Pengaruh resolusi pada citar inteprestasi citra a. citra 8x8, b. 32 x 32, c. 256x256.	10
Gambar 2.4. Pengaruh kuantisasi nada citra interpretasi, (a) 4 levels. (b) 16 levels. (c) 256 levels.....	10
Gambar 2.6. Beberapa contoh artifak distorsi blur pada gambar: (a) Efek blur yang menimbulkan sensasi gerakan cepat; (b) Efek blur yang tidak diinginkan pada seluruh area gambar; (c) Efek motion blur lokal pada sebagian area gambar.	12
Gambar 3.1. Fitur content based image retrieval.....	19
Gambar 3.2 Aplikasi proses kemiripan	29
Gambar 4.1. Contoh citra binary/biner.....	30
Gambar 4.2. Contoh citra idexed.....	31
Gambar 4.3. Citra gray scale	32
Gambar 4.4. Contoh citra berwarna (RGB).....	32
Gambar 4.5 Teknik CBIR	38
Gambar 4.6 Proses similarity	39
Gambar 5.1 Concurancy matrix	43

Gambar 5.2	7 (a) Citra camera, (b) citra hasil pendeteksian seluruh tepi	45
Gambar 5.3	data tidak tersedia	50
Gambar 5.4	Data tersedia	50
Gambar 6.3	Diagram Blok JPEG2000 (a) encoding, (b) decoding	62
Gambar 6.4	Contoh tiling dari citra 8 bit	64
Gambar 6.5	Penempatan DC level shifting dengan komponen transform	65
Gambar 7.1	Sistem face recognition untuk pembuka pintu dengan teknik CBIR	77
Gambar 7.2	Tahapan pengembangan system	77
Gambar 7.3	Aplikasi proses kemiripan	81
Gambar 7.4	Sistem pengenalan wajah tanpa penghalang	82
Gambar 7.5	Sistem pengenalan wajah dengan obstacles	82
Gambar 7.6	Alur Prose Ektrak Fiture Wajah	83
Gambar 7.7	Proses similarity	84
Gambar 7.8	Tampilan Home	85
Gambar 7.9	Lokasi penyimpanan gambar yang telah disimpan	85
Gambar 7.10	Input data Gambar	86
Gambar 7.11	Output Sistem Similarity 100%	86
Gambar 7.12	Validasi Input data Image	87
Gambar 7.13	Menu Input data content wajah	87
Gambar 7.14	Output Sistem simillarity tidak sama dengan 100% ..	88

Daftar Tabel

24		
Tabel 4.1	Konversi citra	34
Tabel 6.1	Code Length fman	56
Tabel 6.2	Huffman coding	59
Tabel 6.1	Pengaruh Tilling	64

BAB - 1

REPRESENTASI KECERDASAN BUATAN

1.1 Pendahuluan

Kecerdasan buatan adalah studi tentang komputasi yang memungkinkan untuk dipahami, bernalar dan bertindak. Tujuannya adalah untuk memecahkan masalah yang sebenarnya, atau tujuan ilmiahnya dapat menjelaskan berbagai jenis intelengensi. Tujuan lain dari kecerdasan buatan yaitu dapat membantu kita memecahkan masalah dunia yang sulit dan nyata, menciptakan peluang baru dalam bisnis, teknik, dan bidang aplikasi lainnya. Kecerdasan buatan membantu kita menjadi lebih cerdas. Pemrosesan informasi manusia dapat membantu menjadikan komputer cerdas, maka teori yang pada dasarnya dihasilkan dengan komputer mengemukakan petunjuk yang berguna bagi pemikiran manusia. Melalui penelitian kecerdasan, beberapa penyajian dan metode yang tampak digunakan manusia secara tidak sadar telah dibuat manusia untuk disebarkan dengan sengaja.

1.2 Sejarah AI

Awal pekerjaan dipusatkan pada seperti game playing (misalnya: *audio* dengan kecerdasan dan permainan catur (*chess player*), pembuktian teorema (*theorem proving*) pada Tugas-tugas formal (*Formal Tasks*). Samuel(1963) menulis sebuah program yang diberi nama *check-er-playing* program, yang tidak hanya untuk bermain game, tetapi digunakan juga pengalamannya pada permainan untuk mendukung kemampuan sebelumnya. Catur juga diterima, karena banyak sekali perhatian terhadap permainan catur yang merupakan permainan yang lengkap atau kompleks, program catur di sini situasinya harus jelas dan *rule* atau ketentuannya harus seperti dunia nyata. Kandidat AI harus mampu menangani masalah-masalah yang

sulit. *Logic theorist* diawal percobaan untuk membuktikan teorema matematika. Ia mampu membuktikan beberapa teorema. Theorema Gelernter (1963) membuktikan pencarian area yang lain dari matematika yaitu geometri. Pada tahun 1963, pemecahan masalah umum menggunakan *object*, pembuktian dengan atraksi (eksternal). Kecerdasan tiruan (AI) telah dipelajari selama kira-kira 40 tahun. Hingga saat ini telah dihasilkan beberapa produk aplikasi AI secara komersial. Produk-produk tersebut umumnya dapat dijalankan pada perangkat keras komputer mulai dari komputer pribadi (PC) se-harga USA\$5000 sampai dengan komputer besar (*mainframe*) seharga USA\$50,000. Secara khas masukkan untuk produk - produk tersebut berbentuk data simbolis. Aplikasi - aplikasi AI antara lain : *Game playing*, sistem bahasa alami, sistem pakar reparasi perangkat keras, Sistem Pakar VLSI, Sistem Pakar Reparasi Perangkat Kera, Manajemen Data Cerdas, Sistem Otomatisasi Kantor, Analisa Kecerdasan Militer, Kendali dan Pemanggilan informasi *disk vide*, Kendali Robot, dan Analisis Program Komputer.

1.3 Pengertian Artificial Intelegent (AI)

1.3.1 Artificial Intelegent (AI)

merupakan proses di mana peralatan mekanik dapat melaksanakan kejadian-kejadian dengan menggunakan pemikiran atau kecerdasan seperti manusia. Terdapat dua pendekatan pengertian AI yaitu :

1. Pendekatan Ilmiah (*A Scientific Approach*)
Pendekatan dasar ilmiah timbul sebelum invansi ke komputer, ini tidak sama dengan kasus mesin uap. Pendekatan ilmiah melihat batas sementara dari komputer dan dapat diatasi dengan perkembangan teknologi lanjutan. Mereka tidak mengakibatkan tingkatan pada konsep.

2. Pendekatan Teknik (*An Engineering Approach*)
Usaha untuk menghindari definisi dari AI untuk memecahkan persoalan – persoalan dunia nyata (*real world problem*).

1.3.2 Aplikasi – Aplikasi dari AI

Hingga saat ini telah dihasilkan beberapa produk aplikasi AI secara komersial. Produk-produk tersebut umumnya dapat dijalankan pada perangkat keras komputer mulai dari komputer pribadi (PC) se-harga USA\$5000 sampai dengan komputer besar (*mainframe*) seharga USA\$50,000.

Secara khas masukkan untuk produk-produk tersebut berbentuk data simbolis. Aplikasi-aplikasi AI antara lain:

- 26 Game playing
- Sistem bahasa alami
- Sistem perancangan dan pembuatan CAD/CAM
- Sistem pakar VLSI
- Sistem pakar reparasi perangkat keras
- Manajemen cerdas
- Sistem otomatisai kantor
- Analisa kecerdasan militer
- Diagnosis penyakit
- Ramalan senyawa kimia

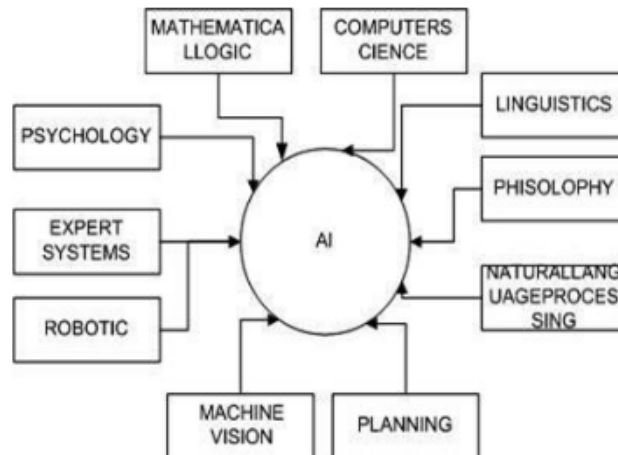
16
Kecerdasan tiruan (*Artificial Intelligence*) adalah sub bagian dari ilmu komputer yang merupakan suatu teknik perangkat lunak yang pemrogramannya dengan cara menyatakan data, pemrosesan data dan penyelesaian masalah secara simbolik, dari pada secara numerik. Di sini dengan kecerdasan tiruan diusahakan untuk membuat komputer seakan dapat berpikir secara cerdas. Program kecerdasan tiruan berbeda dari program konvensional tidak saja dalam hal mengerti akan simbol atau informasi, tetapi juga program simbolik,

karakter digit, kata, data dan lainnya saling berhubungan. Informasi dan bentuk hubungannya yang bervariasi digunakan untuk merepresentasikan hubungan antar-informasi. Hubungan antara simbol dan informasi secara tidak langsung menyatakan apa yang diinterpretasikan oleh manusia sebagai arti atau pengetahuan.

16

Di sini dengan kecerdasan tiruan diusahakan untuk membuat komputer seakan dapat berpikir secara cerdas. Untuk mudah dapat dimengerti dengan apa yang dimaksud dengan kecerdasan tiruan atau proses simbolik adalah dengan cara mem-bandingkannya dengan program konvensional yang melakukan operasi numerik.

Program konvensional dapat menjawab “ $X + Y$ ” jika harga X dan Y diberikan, tetapi program ini tidak dapat menjawab bahwa “ $X + X = 2X$ ”, atau tidak dapat menjawab mengapa mobil tidak dapat distart. Program kecerdasan tiruan berbeda dari program konvensional tidak saja dalam hal mengerti akan simbol atau informasi, tetapi juga program simbolik, karakter digit, kata, data dan lainnya saling berhubungan. Informasi dan bentuk hubungannya yang bervariasi digunakan untuk merepresentasikan hubungan antar-informasi. Hubungan antara simbol dan informasi secara tidak langsung menyatakan apa yang diinterpretasikan oleh manusia sebagai arti atau pengetahuan. Kamran (Parsaye & Mark Chignell, 1988) memperkenalkan model yang dikenal dengan Input-Output Model Untuk Artificial Intelligence, seperti yang dijelaskan pada gambar 1.1.



Gambar 1.1. Suatu Input-Output Model Untuk Artificial Intelligence

Apa saja yang dikerjakan dalam bagian-bagian AI berikut ini:

- *Machine Vision* : Bertujuan pada pengenalan pola dalam beberapa jalan yang sama sebagai kegiatan sistem visual/indera manusia.
- *Robotics* : Difokuskan pada produksi alat-alat mekanik yang dapat mengendalikan gerak. Sebagai contoh: sebuah robot sederhana mampu atau dapat bergerak/pindah ke depan, belakang, kanan atau kiri atau pindah tempat ke ruangan berbeda. Sebuah robot sebenarnya buta akan bentuk urutan dari aksi bila tanpa usaha untuk mengganti komponennya atau bisa mendeteksi dan memperbaiki kesalahan dalam rencananya akan menjadi sulit bila tanpa kecerdasan. Sering sebuah robot akan diformulasikan pada sebuah rencana dasar pada informasi yang tidak lengkap dan benar dalam menjalankan sebuah rencana.
- *Speech Processing* : Bertujuan pada pengenalan dan sintesa pem-bicaraan manusia.
- *Theorem Proving* : Usaha untuk membuktikan secara otomatis masalah-masalah dalam matematika dan logika.

General Problem Solving : Bertujuan pada pemecahan kelas-kelas dari masalah-masalah yang ditekankan dalam sebuah bahasa formal.

- *Pattern Recognition* : Difokuskan pada pengenalan dan klasifikasi dari pola-pola.
- *Game Playing* : Pembuatan program-program bermain permainan.
- *Machine Learning* : Bertujuan pada produksi mesin-mesin yang mengakumulasi pengetahuan dengan contoh - contoh observasi.
- *Learning* : merupakan sebuah persoalan sulit untuk program AI, dalam mencapai kesuksesan diperlukan dalam pemecahan persoalan. Bagian kemampuan untuk mempelajari komponen terpenting dari tindak tanduk/jalan kecerdasan. Sebuah sistem pakar harus berkemampuan ekstensif dan dapat menghitung kerugian dalam memecahkan sebuah persoalan. Tidak seperti manusia, bilamana jika ia diberikan persoalan yang serupa pada waktu berikutnya, dia tidak akan ingat solusinya. Dia membentuk urutan yang sama untuk menghitung lagi. Learning merupakan sebuah area yang sulit diteliti, beberapa program te-lah ditulis dengan tujuan bahwa ini bukan merupakan hasil (*goal*) yang diinginkan.
- *Planning* : adalah aspek terpenting pendukung untuk mendesain atau merancang robot-robot dengan kemampuan menyelesaikan tugas mereka dengan tingkat fleksibilitas dan tanggap terhadap dunia luar. Planning merupakan masalah sulit dari sejumlah alasan yang tidak lebih dari ukuran tempat kosong(space) yang mungkin diu-rutkan dan dipindahkan.
- *Neural Network atau Parallel Distributed* : teknik-teknik terbaik untuk merepresentasikan pengetahuan dan merancang algoritma pencarian yang hati-hati untuk implementasi kecerdasan.

1.4 Kerja Kecerdasan Manusia

Karena kecerdasan tiruan adalah ilmu yang berdasarkan proses manusia berpikir, maka penelitian bagaimana proses manusia berpikir adalah hal yang pokok. Pada saat ini para peneliti hanya mulai mengerti sedikit dari proses berpikir tersebut, tetapi sudah cukup diketahui untuk membuat asumsi-asumsi yang pasti tentang bagaimana cara berpikir dan menggunakan asumsi-asumsi tersebut untuk mendesain suatu pro-gram komputer yang mempunyai kecerdasan secara tiruan. Semua proses berpikir menolong manusia untuk menyelesaikan sesuatu masalah. Pada saat otak manusia mendapat informasi dari luar, maka suatu proses berpikir memberikan petunjuk tindakan atau respon apa yang dilakukan. Hal ini merupakan suatu reaksi otomatis dan respon yang spesifik dicari untuk menyelesaikan masalah tertentu. Hasil akhir dari semua proses berpikir tersebut disebut tujuan (*goal*).

Pada saat tujuan telah dicapai, pikiran akan segera berhadapan dengan tujuan-tujuan lainnya yang akan dicapai. Di mana semua tujuan-tujuan ini bila terselesaikan akan mengantar ke suatu tujuan utama. Dalam proses ini tidak ada satupun cara berpikir yang mengarah ke tujuan akhir dilakukan secara acak dan sembarangan. Kecerdasan manusia dapat dipecah-pecah menjadi kumpulan fakta - fakta (*facts*) dan fakta - fakta ini yang digunakan untuk mencapai tujuan. Hal ini dilakukan dengan memformulasikan sekelompok aturan – aturan (*rules*) yang berhubungan dengan fakta-fakta yang disimpan dalam otak.

1.5 Latihan

1. Jelaskan pengertian AI menurut anda
2. Jelaskan aplikasi – aplikasi AI
3. Cari buat makalah sejarah A

BAB - 2

PENGANTAR CITRA DIGITAL

2.1 Pendahuluan

19

Sejauh ini terdapat dua jenis citra yaitu citra kontinu dan citra diskrit. Citra kontinu dihasilkan dari sistem optik yang menerima sinyal analog, misalnya mata manusia dan kamera analog. Citra diskrit dihasilkan melalui proses digitalisasi terhadap citra kontinu. Beberapa sistem optik dilengkapi dengan fungsi digitalisasi sehingga ia mampu menghasilkan citra diskrit, misalnya kamera digital dan *scanner*.

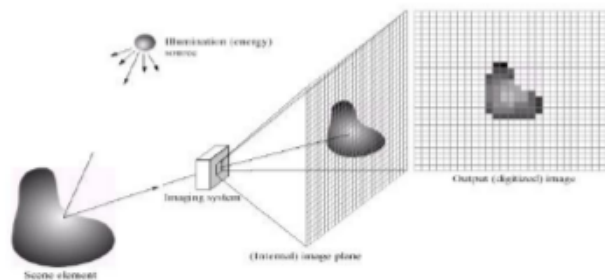
2.2 Terbentuknya Citra Digital

Pembentukan suatu citra digital dapat dimodelkan dengan persamaan, sebagai berikut:

$$f(x,y)=i(x,y)r(x,y)+n(x,y)$$

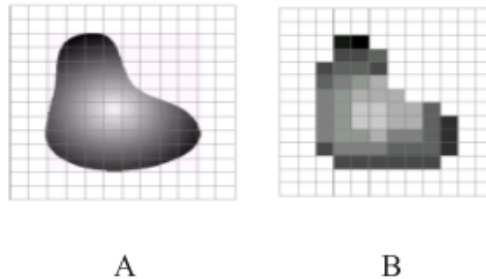
11

Dimana $0 < f(x,y) < \infty$ proposional untuk energi radiasi $0 < i(x,y) < \infty$ illumination $0 < r(x,y) < 1$, reflectance $n(x,y)$, noise (derau).



Gambar 2.1. Pembentukan suatu citra digital

2.3 Sampling dan Kuantisasi citra 2D



Gambar 2.2. (a) Citra kontinu diproyeksikan suatu sensor matrik, b). hasil dari citra sampling dan kuantisasi

Proses konversi dari analog ke digital dapat dikerjakan dengan dua teknik yaitu teknik sampling dan kuantisasi, tahapan proses Sampling adalah sebagai berikut:

- a. Digitalisasi koordinat spatial
- b. Kemudian nilai-nilai dalam citra kontinyu $f(x,y)$ didekati dengan nilai-nilai diskrit dalam array $N \times M$; biasanya $N = 2^n$ & $M = 2^m$
- c. Setiap elemen array kemudian dikonversi menjadi picture element (piksel)

Untuk membuat citra digital, kita perlu mengkonversi terus menerus ke dalam bentuk digital lihat gambar 2.1. dan 2.2. Gambar 2.3 (a) menunjukkan gambar terus menerus, $f(x,y)$ dimana ditunjukkan konversi citra analog ke bentuk digital. Untuk mengubahnya menjadi bentuk digital, kita harus men sampling fungsi baik dalam koordinat maupun dalam amplitudo. Suatu citra dapat merupakan fungsi continue baik dengan x dan y maupun dengan koordinat dan juga dalam amplitude. Digitisasi nilai koordinat disebut sebagai sampling sedangkan digitisasi nilai amplitude disebut sebagai kuantisasi. Hasil sampling dan kuantisasi adalah suatu matrik bilangan.

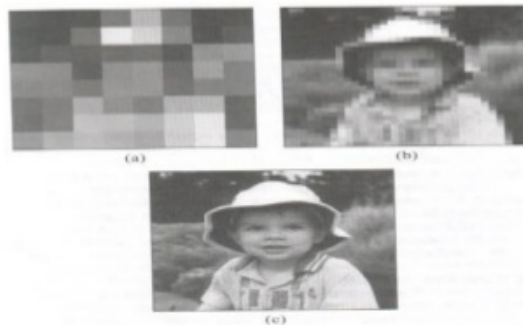
Nilai koordinal awal adalah $(x,y) = (0,0)$. Nilai-nilai koordinat selanjutnya pada baris pertama adalah $(x,y) = (0,1)$, notasi $(0,1)$ digunakan untuk menunjukkan pentingnya sample ke dua sepanjang baris ke dua. Jumlah bit yang diperlukan untuk menyimpan citra yang telah digitalisasi adalah:

$$b = M \times N$$

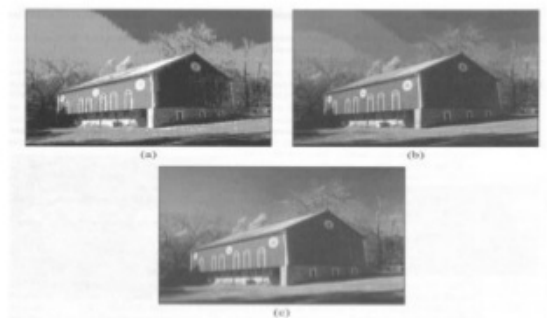
Dimana M dan N adalah jumlah baris dan kolom, sedangkan jumlah gray level adalah pangkat dua dari bilangan integer:

$$L = 2^k, \text{ dimana } k = 1, 2, \dots, 24$$

Citra seperti ini biasa disebut sebagai citra k bit.



Gambar 2.3. Pengaruh resolusi pada citra interpretasi citra a. citra 8x8, b. 32 x 32, c. 256x256.



Gambar 2.4. Pengaruh kuantisasi nada citra interpretasi, (a) 4 levels. (b) 16 levels. (c) 256 levels.

Sementara itu tahapan proses kuantisasi adalah sebagai berikut:

1. digitalisasi amplitudo
2. Jumlah gray level yang diperbolehkan untuk tiap elemen array = $G = 2q$ à berjarak sama pada rentang $[0,L]$

Kuatisasi adalah Konversi dari amplitudo tak terhingga yang tepat untuk suatu bilangan biner.

2.4 Distorsi dan Blurring

Efek blur adalah distorsi gambar yang umum terjadi di bidang fotografi. Gambar yang blur (kabur) bisa muncul karena berbagai alasan, seperti lensa kamera yang tidak fokus, intensitas cahaya yang sangat ekstrim, ketidak sempurnaan fisik lensa yang mengakibatkan deviasi optis, dan gerakan relatif objek terhadap lensa kamera. Gerakan relatif objek terhadap lensa, misalnya, diketahui menyebabkan pergeseran posisi rincian objek pada gambar sehingga tampilan tekstur dan tepian dari objek pada gambar menjadi tidak jelas. Efek *motion blur* bisa juga terjadi secara tidak sengaja sebagai akibat proses pengambilan gambar digital yang tidak sempurna (misalnya karena adanya pergerakan sekecil apapun). Sementara itu efek blur dapat disebabkan adanya gerakan yang disengaja yang ditambahkan pada gambar untuk menimbulkan sensasi gerak cepat dari objek gambar. Fotografer sering menggunakan efek ini untuk menghasilkan gambar yang dramatis sehingga gambar yang dihasilkan akan dianggap memiliki daya tarik lebih.



Gambar 2.6. Beberapa contoh artifak distorsi blur pada gambar: (a) Efek blur yang menimbulkan sensasi gerakan cepat; (b) Efek blur yang tidak diinginkan pada seluruh area gambar; (c) Efek motion blur lokal pada sebagian area gambar.

Gambar 2.6 menampilkan beberapa contoh efek blur gerak (*motion blur*). Gambar 2.6(a) adalah contoh efek *blur* gerak yang diinginkan untuk memberikan sensasi gerakan cepat; gambar ini dibuat dengan menggunakan kecepatan warna yang lambat pada kamera apabila dibandingkan dengan pergerakan objek ketika gambar diambil. Efek *blur* pada Gambar 2.6(b) adalah *distorsi* yang tidak diinginkan karena membuat detail gambar menjadi kabur. *Distorsi* ini mungkin terjadi karena proses pemindahan gambar yang kurang sempurna, atau karena goyangan kamera pada saat pemotretan (*camera shake*). Berbeda dengan Gambar 2.6(c) yang mengandung efek *blur* lokal pada sebagian daerah gambar, distorsi *blur* pada Gambar 12.6(b) terjadi secara merata pada semua area.

Citra yang diperoleh melalui sensor modern sering terganggu dengan oleh berbagai sumber kebisingan . Dengan kebisingan kita lihat variasi stokastik sebagai lawan distorsi deterministik seperti bayangan atau kurangnya fokus. Secara khusus kita akan menganggap penggunaan perangkat modern, *charge-coupled* digital (CCD) kamera dimana foton menghasilkan elektron yang biasa disebut sebagai foto elektron.

2.5 Representasi Spatial Citra Digital

Supaya citra dapat direpresentasikan secara numerik, maka sebuah citra harus digitalisasi, baik terhadap ruang (koordinat(x,y)) maupun terhadap derajat keabuannya ($f(x,y)$). Proses digitalisasi koordinat (x,y) dikenal sebagai pencuplikan citra (image sampling), sedangkan proses digitalisasi derajat keabuan $f(x,y)$ disebut sebagai “Kuantisasi Derajat Keabuan” (*graylevel quantization*). Citra digital dapat dinyatakan dalam matriks dua dimensi $f(x,y)$ dimana (x,y) merupakan koordinat piksel dalam matriks dan f merupakan derajat intensitas piksel tersebut. Citra digital berbentuk matriks dengan ukuran M x N akan tersusun sebagai berikut:

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,M) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ f(N-1,0) & f(N-1,1) & \dots & f(N-1, M-1) \end{bmatrix}$$

Berarti penyimpanan untuk citra digital yg disampling dengan N x M piksel dan dikuantisasi menjadi 2^m level derajat keabuannya membutuhkan memori N x M x m. Contoh, citra yang berukuran 512 x 512 dengan 256 derajat keabuan membutuhkan memori sebesar 512 x 512 x 8 bit = 2048.000 bit. Resolusi gambar ditentukan oleh N dan m. Makin tinggi nilainya maka citra yg dihasilkan makin bagus kualitasnya (mendekati citra kontinu).

2.6 Database citra digital

Terdapat banyak contoh database citra digital yaitu Art Collections, medical, scientific, earth sciences, general image collections for licencing, dan WWW. Beberapa contoh lain adalah :

- *Art Collections* : Koleksi seni pada museum-museum
- *Medical Image Databases* : CT, MRI, Ultrasound, The Visible Human
- *Scientific Databases* : Earth Sciences
- *General Image Collections for Licensing* : Corbis, Getty Images

Dalam CBIR diperlukan *image query*, *query* citra dapat berupa citra (*image*) disebut sebagai *Query by Example* (QBE), sketsa, dan simbol. Dari macam *query* tersebut maka yang paling sering digunakan *query by Examl*.

2.7 Matching Citra JPEG Berbasis Content

Dalam penelitian ini, citra yang dipakai adalah citra dengan format JPEG (citradipadatkan). Dalam citra JPEG, citra dibagi-bagi kedalam blok-blok (matrik 8x8), pengindeksan (indexing) citra dilakukan dengan menggabung N blok ke dalam satu gabungan blok dan setiap blok bertindak sebagai satu ruang dalam gabungan blok. Kunci indeks (indexing key) akan mempunyai 64 elemen dan setiap elemen mempunyai satu lokasi. Pengindekan kunci dapat dihitung dengan menggunakan formula berikut.

$$h_i = \frac{\sum_{i=1}^N (DCT_i) \cdot 2}{N}$$

Dimana h_i adalah elemen ke i dari vektor, dan indexing key dapat dijelaskan sebagai berikut:

$H_1 = \{h_0, h_1, \dots, h_{63}\}$ sedangkan untuk menghitung Euclidean distance dapat dihitung dengan formula,

$$d(h_q, h_k) = \left(\sum_{i=1}^N \frac{|h_i^q - h_i^k|}{64} \right), \quad d(h_q, h_k) \text{ adalah jarak antara citra}$$

referensi dan citra dalam database. Beberapa aplikasi CBIR dengan menggunakan histogram warna, layout warna, tekstur local, koefisien wavelet, dan bentuk adalah aplikasi yang diperkenalkan oleh Smeulders. Secara umum algoritma matching dapat dijelaskan sebagai berikut, misalnya terdapat dua histogram I dan M yang

mana tiap histogram mempunyai storage (bin) sebanyak n , maka perpotongan dari kedua histogram dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$H(I, M) = \frac{\sum_{j=1}^n \min(I_j, M_j)}{\sum_{j=1}^n M_j}$$
 Dikarenakan kekurangan dan kelebihan

image retrieval berbasis teks dan konten, maka beberapa peneliti telah mencoba menggabungkan keduanya untuk pencarian citra. Terdapat banyak pendekatan telah digunakan untuk menggabungkan teks atau keyword dan teknik berbasis konten untuk pengambilan gambar. Metode sederhana yang digunakan untuk melakukan teks dan pengambilan konten berbasis secara terpisah dan menggabungkan hasil pengambilan telah diperkenalkan oleh para penulis.

Telah memperkenalkan pencarian citra berbasis anotasi, dalam sistem ini perlu keyword sebagai awal untuk mempercepat pencarian dengan memanfaatkan teknologi pencarian berbasis teks. Sayangnya keyword tidak selalu ada, maka jika keyword tidak ada kata sistem tidak akan efisiensi. Selanjutnya, sistem ini cenderung bias oleh karena tidak ada keyword yang digunakan sebagai awal dari pencarian suatu citra.

Untuk koefisien AC yang mempunyai nilai nol, maka fitur elemen dianggap sebagai nol sehingga satu vektor dari 64 elemen yang ada akan mewakili fitur tekstur blok pixel. Untuk mencirikan fitur tekstur dari seluruh citra, vektor seperti ini kemudian digunakan sebagai

blok untuk digunakan sebagai indexing key. Jika misalnya terdapat sebanyak N blok koefisien DCT dalam suatu citra, maka indexing key dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut:

$$H = \sum_{i=1}^{64} C_i \quad \text{Dimana } C_i = \frac{\sum_{k=1}^N (\text{category})_k}{N} \quad \text{adalah kategori ke } i$$

diantara ke 64 koefisien DCT. Banyak pendekatan telah digunakan untuk menggabungkan teks atau keyword dan teknik berbasis konten untuk pengambilan gambar. Metode sederhana yang digunakan dengan teks dan pengambilan konten berbasis secara terpisah dan menggabungkan hasil citra yang terpanggil telah diperkenalkan oleh beberapa ahli. Untuk mengukur kemiripan antara citra query dengan citra di dalam database dikerjakan dengan menghitung jarak Euclidean dengan menggunakan persamaan sebagai

$$\text{berikut. } d(Q, I) = \frac{\sum_i (Q_i - I_i)^2}{M}, \quad \text{dimana } Q \text{ dan}$$

merupakan citra query dan I adalah citra dalam, sedangkan M singkatan dari jumlah content descriptor.

2.8 Latihan

1. Bagaimana terjadinya bentuk citra ?
2. Beri contoh proses konversi dari analog ke digital ?
3. Jelaskan apa yang dimaksud dengan Distorsi dan Blurring.
4. Buat logika program untuk Matching Citra JPEG Berbasis Content

DASAR TEKNIK CBIR

3.1 Pendahuluan

Memungkinkan manajer untuk memasukan instruksi dan informasi kedalam sistem pakar yang menerima informasi dari sistem tersebut. Intruksi ini menentukan parameter yang mengarahkan sistem pakar dalam proses pemikirannya. Input informasi berbentuk nilai yang dikaitkan dengan penjelasan. Terdapat dua penjelasan : penjelasan dari pertanyaan yang diberikan manajer dan penjelasan mengenai solusi masalah Sistem pengembangan, yang digunakan untuk membuat sistem pakar. Ada dua pendekatan yang tersedia : bahasa pemrograman dan kerangka sistem pakar. **Kerangka sistem pakar (*expert system shell*)** adalah prosesor siap pakai dan dapat disesuaikan untuk masalah tertentu dengan cara menambahkan basis pengetahuan yang sesuai. **Cara pikir berbasis kasus (*casebased reasoning – CBR*)** pendekatan ini menggunakan data historis sebagai dasar untuk pengidentifikasian masalah dan merekomendasikan solusi.

3.2 Content based Image Retrieval (CBIR)

Aplikasi *content based image retrieval* telah secara luas digunakan di berbagai bidang kehidupan seperti bidang biomedis, kriminalitas, militer, *commerce*, budaya, pendidikan, hiburan, dan pertanian. Banyak proyek dan penelitian telah dikerjakan, diantaranya adalah yang dikerjakan oleh IBM (<http://www.qbic.almaden.ibm.com>), Virage (www.virage.com), AltaVista, (www.altavista.com), Yahoo(www.yahoo.com), and Google (www.google.com). Dalam CBIR untuk menentukan kemiripan suatu citra dalam suatu database dengan citra referensi adalah dengan menghitung *Euclidean*

distance-nya. *Content based image retrieval* dapat diartikan sebagai pencarian secara otomatis (*automatic Retrieval*) dari suatu citra *database* dengan menggunakan fitur warna dan bentuk. Fitur yang digunakan dapat berdasarkan fitur *primitive* maupun semantik. Satu hal penting dalam semua pengolahan citra adalah ekstraksi informasi dari suatu citra (seperti pengenalan bentuk atau tekstur) sebelum analisa citra lebih lanjut. *Database* citra berbeda dengan *database* teks yang berupa huruf/kata yang disimpan sebagai karakter string ASCII. CBIR merupakan bagian dari contoh pengolahan citra, CBIR menekankan pada *retrieval* citra yang memiliki karakteristik dari suatu koleksi citra. Sementara itu pengolahan citra lebih luas cakupannya seperti *image enhancement*, *compression*, transmisi, dan interpretasi, objek *recognition*).

Beberapa hal perlu diperhatikan dalam CBIR diantaranya adalah:

- Pemahaman user terhadap kebutuhan dan information-seeking behavior.
- Identifikasi teknik yang cocok bagaimana menerjemahkan content dari citra
- Ekstraksi fitur citra awal (raw image)
- Bagaimana menyediakan storage untuk database citra yang biasanya cukup besar
- Matching citra query dan citra yang ada dalam database
- Efisiensi

3.3 Fitur Citra Dalam CBIR

Dalam CBIR *matching citra digital* didasarkan fitur-fitur citra yang, fitur tersebut antara lain: warna (*histograms, gridded layout, wavelets*), tekstur (*Laws, Gabor filters, local binary partition*), bentuk (*first segment the image, then use statistical or structural shape similarity measures*), dan objek dan hubungan diantara objek tersebut.

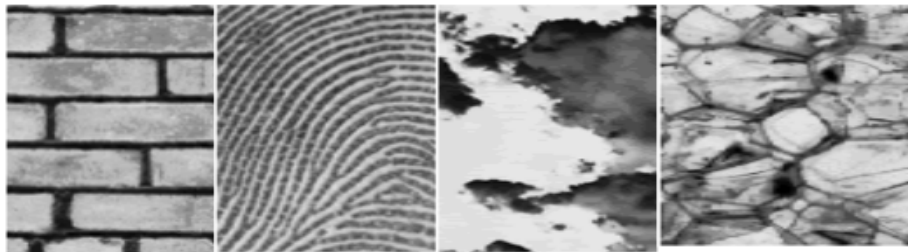
3.3.1 Warna

46

Fitur warna merupakan fitur yang paling banyak digunakan dalam pencarian citra (CBIR). Representasi dari fitur warna biasanya diwakili dengan histogram warna. Warna merupakan fitur *low-level* (*low level feature*), hal ini disebabkan karena warna sangat peka terhadap visual manusia dan berkaitan dengan model warna HVS.

3.3.2 Tekstur

Tekstur dapat merupakan sifat permukaan kasar atau halus, vertical atau horizontal. Tekstur dapat merupakan pattern dari suatu citra seperti keteraturan dan granualit. Sementara itu tekstur sendiri mempunyai fitur juga yaitu fitur statistic (entropy, homogeneity, kontras) ²³ wavelets, dan fractal. Tekstur dapat juga didefinisikan sebagai frekuensi perubahan rona pada citra atau pengulangan rona kelompok obyek yang terlalu kecil untuk dibedakan secara individual). Tekstur sering dinyatakan dengan kasar, halus, dan belang-belang. Contoh pengenalan obyek berdasarkan tekstur:



Tetstur
dinding bata

Tekstur sidik
jari

Tektur awan

Tektur batu

Gambar 3.1. Fitur content based image retrieval

Tekstur citra memberikan informasi tentang susuna spatial dari warna atau intensitas citra atau region dalam citra. Tekstur citra dapat senagaja dibuat atau secara alami terjadi pada saat citra

diambil oleh kamera . Tekstur citra adalah satu cara yang dapat digunakan membantu dalam proses segmentasi citra, analisa citra, dan klasifikasi citra. Untuk menganalisa tekstur suatu citra dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan pendekatan statistic dan pendekatan stuktur. Pendekatan statistik adalah pendekatan tekstur citra dimana tekstore citra dianggap sebagai penguuran kuantitatif dari penusunan intensitas region . Secara umum pendekatan ini lebih mudah dikerjakan dalam perhitungan dan secara luas digunakan karena tektur alami dibuat dari suatu pattern dari elemen-elemen yang yang tidak teratur. Sementara itu pendekatan struktur merupakan kumpulan dari texel-texel (tekstur pixel) dari pola yang teratur atau pola yang berulang. Oleh karena itu pendekatan ini akan sangat ideal untuk analisa tekstur buatan (*artificial texture*). Untuk men-generate suatu tekstur dalam suatu dapat digunakan *Co-occurrence Matrices* yang menggunakan fitur numerik dari suatu fitur tekstur dengan menggunakan hubungan spatial dari kesamaan gray. Fitur numeric dihitung dari co-occurrence matrix yang digunakan dan mewakili perbandingan dan klasifikasi tekstur. Berikut adalah subset dari fitur standard yang diturunkan dari normalisasi *co-occurrence matrix*:

$$\begin{aligned}
 \text{Angular 2nd Moment} &= \sum_i \sum_j p[i, j]^2 \\
 \text{Contrast} &= \sum_{n=0}^{Ng-1} n^2 \left\{ \sum_{i=1}^{Ng} \sum_{j=1}^{Ng} p[i, j] \right\}, \text{ where } |i - j| = n \\
 \text{Correlation} &= \frac{\sum_{i=1}^{Ng} \sum_{j=1}^{Ng} (ij)p[i, j] - \mu_x \mu_y}{\sigma_x \sigma_y} \\
 \text{Entropy} &= - \sum_i \sum_j p[i, j] \log(p[i, j])
 \end{aligned}$$

Dimana $P[i, j]$ adalah ke $[i, j]$ masukan dalam a gray-tone spatial dependence matrix, dan Ng jumlah beda gray-levels dalam kuantisasi citra. Salah satu kekurangan *co-occurrence matrix* adalah fitur yang telah diekstrak dan tidak harus berhubungan dengan persepsi visual citra.

3.3.3 Fitur Bentuk

Bentuk tidak harus kepada bentuk citra secara utuh tetapi bentuk berdasarkan citra daerah tertentu yang sedang dicari. Ekstraksi bentuk dari suatu objek memiliki peranan yang penting dalam bidang visualisasi informasi. Oleh karena itu fitur bentuk sangat berguna dalam CBIR. Penggunaan bentuk dari suatu objek sampai sekarang masih menjadi masalah untuk CBIR yang efisien. Penggunaan bentuk (*shape*) suatu objek merupakan tantangan yang sulit dalam bidang CBIR. Bentuk yang suatu objek memegang peranan penting dalam pencarian atau searching citra yang mirip. Penggunaan fitur bentuk dalam bidang image CBIR kurang berkembang dibandingkan fitur warna dan tekstur hal ini karena fitur bentuk memiliki kompleksitas yang tinggi disbanding fitur warna dan tekstur. Khususnya region-region citra yang diwakili oleh objek yang ditemukan untuk menjelaskan bentuk dari objek tersebut.

3.3.4 Query-by-Example

Seperti diketahui bahwa suatu citra mempunyai beberapa karakteristik atau atribut yang dapat digunakan untuk keperluan *retrieval*, atribut tersebut antara lain:

- Warna, tekstur, dan bentuk
- Susunan atau adanya tipe objek tertentu (misalnya meja dikelilingi kursi)
- Hadirnya atau adanya kejadian-kejadian tertentu seperti pertandingan sepak bola

- Kehadiran seseorang, lokasi atau peristiwa-peristiwa tertentu seperti Preside sedang berpidato
- Foto emosi seseorang seperti senang, susah, dan stress.
- Metadata seperti siapa yang mengambil foto, dimana, dan kapan.

Query dapat dibagi menjadi beberapa level , dimana semakin tinggi level semakin meningkat kompleksitasnya.

Level 1 merupakan tipe *retrieval* dengan menggunakan fitur *primitive* seperti warna, *texture*, *shape* atau *spatial location* dari elemen citra. *Contoh query* ini adalah “cari foto atau objek yang tipis dan gelap yang ada pada kira atas., “Cari citra bintang-bintang yang berwarna kuning yang berbentuk lingkaran” secara umum level ini “ Cari gambar yang mirip dengan gambar ini”.

Level 2 merupakan *query* dengan menggunakan fitur *derived* (biasanya dikenal sebagai fitur *logical*). Dalam level ini melibatkan beberapa *logical inference* tentang identitas *about the identity of the objects* yang diwakili dalam citra. Level ini dapat dibedakan menjadi dua kategori:

- a. *Retrieval* objek menurut jenis misalnya, Cari gambar bus way.
- b. *Retrieval* objek atau orang misalnya. Cari gambar Monas.

Level 3 merupakan *retrieval* dengan menggunakan atribut *abstract* , atribut abstrak mencakup *significant amount of high-level reasoning* tentang arti dan tujuan objek yang ada. Level ini dapat dibagi menjadi :

- a) *Retrieval* kejadian atau aktifitas contoh “Cari gambar orang sedang menari”
- b) *Retrieval* gambar wajah dengan ekspresi emosi (“Cari gambar wajah stress”).

3.4 Matching Image Query

3.4.1 Matching berdasarkan fitur warna

Pada umumnya metode yang sering digunakan untuk membandingkan dua image atau citra dalam content based image retrieval biasanya dengan menggunakan contoh sebuah citra atau image dan citra dalam database dengan cara menghitung distance atau jarak antara dua citra. Pengukuran jarak atau distance dua citra artinya mencari kesamaan atau similarity antara dua citra dengan mempertimbangkan bermacam-macam fitur seperti fitur warna, tekstur, bentuk, dan lain-lain. Jika jarak antara dua citra hasilnya adalah nol (0) berarti kedua citra tersebut persis sama dengan memperhatikan fitur-fitur tersebut. Perhitungan jarak untuk dalam CBIR berdasarkan kesamaan warna dikerjakan dengan menghitung histogram warna untuk setiap pixel yang diidentifikasi pada nilai – nilai tertentu. Penelitian saat ini tentang fitur warna adalah dengan men-segmentasi proposi warna dengan menggunakan spatial relationship diantara region warna.

Informasi warna sangat penting buat citra yang biasa digunakan dalam content-based image indexing. Definisi fitur warna sangat jelas secara luas digunakan dalam CBIR, dimana kita harus melakukan de-compression dari citra yang telah dipadatkan (JPEG) kemudian diekstrak informasinya. Tetapi dalam hal CBIR dalam compressed domain, ekstraksi fitur warna dilakukan dari koefisien DCT (koefisien DCT adalah koefisien yang didapat melalui partial decoding citra terpadatkan).

3.4.2 Matching berbasis fitur tekstur

Pengukuran fitur tekstur digunakan untuk menggambar visual pattern didefinisikan, tekstur dipresentasikan dengan texels yang disimpan dalam suatu himpunan tergantung pada berapa banyak tekstur terdeteksi pada suatu citra. Himpunan atau group ini tidak hanya mendefinisikan tekstur tetapi juga mendefinisikan dimana

teksture terletak dalam citra atau image. Tektur merupakan konsep yang sulit dan kompleks, untuk mengidentifikasi Tektur merupakan konsep yang sulit untuk direpresentasikan . Mengidentifikasi teksture secara khusus dalam suatu citra .

Mengidentifikasi tektur dalam suatu citra terutama dapat dicapai dengan memodelkan tektur sebagai variasi 2D greylevel. Kecerahan atau brightness dari sepasang piksel dan dihitung derajat kontras, regularity, kekasaran (coarseness) dan direction yang kemudian dapat diestimasi (Tamura, Mori & Yamawaki, 1978). Namun masalah yang ada adalah dalam mengidentifikasi pattern dari variasi pixel dan pixel yang berkaitan dengan pixel-pixel tersebut dengan class khusus tektur seperti *silky*, atau *rough*.

3.4.3 Matching berbasis fitur bentuk

Yang dimaksud dengan fitur bentuk bukan bentuk dari citra tetapi merupakan bentuk dari suatu bregion tertentu yang sedang dicari. Fitur bentuk sering akan menentukan process apa yang akan diterapkan segmentation atau edge detection ke dalam citra. Metode yang lain seperti [Tushabe dan Wikinson, 2008] metode filter bentuk untuk mengidentifikasi bentuk citra. Dalam banyak penelitian deteksi bentuk yang akurat memerlukan campur tangan manusia karena metode-metode seperti segmentasi sangat sulit dikerjakan secara otomatis.

Fitur warna dikerjakan dengan menggunakan jarak histogram warna yang mirip, perhitungan jarak histogram warna dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$d_{hist}(I, Q) = (h(I) - h(Q))A(h(I) - h(Q))$$

Dimana $h(I)$ adalah histogram *database* citra dengan K-bin, sedangkan $h(Q)$ adalah histogram citra *query*. Sementara A

merupakan matrik $K \times K$. Berikut adalah langkah-langkah untuk menghitung fitur tekstur, Jarak fitur tekstur dikerjakan tahapan:

- *Retrieve* citra yang ada dalam region yang mempunyai tekstur yang sama atau mirip dengan region disekitarnya.
- Kemudian Gridded (just like gridded color, but use texture).
- *Histogram-based* (e.g. compare the LBP histograms).

3.4.4 Menghitung Jarak Fitur Bentuk

Fitur bentuk jauh lebih kompleks dibandingkan dengan warna dan tekstur, bentuk memerlukan identifikasi dari region untuk membandingkan citra. Terdapat beberapa cara untuk mengukur kemiripan dari *pattern recognition* yang dapat digunakan untuk mengukur *distance* untuk, antara lain:

- *Global Shape Properties Projection Matching*,
- *In projection matching*, yaitu proyeksi horizontal dan vertical dari suatu histogram.
- *Boundary Matching* dengan menggunakan Fourier Descriptors DAN sudut dan sisi).

Sedangkan jarak antara query bentuk dan bentuk citra mempunyai dua komponen:

- Energi yang diperlukan untuk energi untuk mengubah query bentuk kedalam satu dari bentuk citra yang paling cocok.
- Pengukuran bagaimana *deformed query* yang cocok dengan citra.

Beberapa langkah untuk matching citra, yaitu:

- Segmentasi citra kedalam beberapa region
- Cari properties mereka dan hubungan diantara mereka

- Buat graph yang merepresentasikan region dan tepi dan hubungan di antara keduanya
- Gunakan matching untuk membandingkan dengan citra Tiger sebagai suatu graph z

6

3.5 Teknik Haar Classified Facial Tracking System

38

Haar Cascade adalah suatu teknik yang menggunakan fitur persegi, yang memberikan indikasi secara spesifik pada sebuah gambar atau *image*. Algoritma Haar menggunakan metode statistical dalam melakukan pendeteksian wajah. Metode ini menggunakan sample *haar like fetures*. Nilai dari *Haar-like feature* adalah perbedaan antara jumlah nilai-nilai piksel gray level dalam daerah kotak hitam dan daerah kotak putih, persamaan Like dapat ditulis sebagai $f(x) = \text{SumBlack rectangle} - \text{SumWhite rectangle}$, dimana $f(x)$ adalah Nilai Haar-like, sedangkan *SumBlack rectangle* adalah Jumlah pixel hitam pada gray level dan *SumWhite rectangle* adalah jumlah pixel putih pada gray level. Jika nilai perbedaannya itu diatas nilai ambang atau *threshold*, maka dapat dikatakan bahwa fitur tersebut ada.

3.5.1 Perhitungan Similarity Fitur Warna, Tekstur, dan Bentuk

Untuk menghitung Euclidean distance antara histogram warna g dan histogram warna h, digunakan rumus berikut ini:

6

$$d^2(h, g) = \sum \sum \sum (h(a, b, c) - g(a, b, c))^2$$

23

Untuk pencarian atau matching *citra query* dengan citra yang ada dalam database akan kita gunakan metoda yang diperkenal oleh Castelli (Castelli & Bergman, 2006), yaitu metode Markov Random Field. Metode MRF ini dicirikan oleh struktur geometris dan besarnya kekuatan interaksi diantara piksel yang berdekatan, dalam metode ini tekstur dapat fungsi regresi sebagai berikut:

$$g(x,y) = \sum_{(m,n) \in N} a(m,n)g(x+m,y+n)sw(x,y)$$

Dimana N adalah banyak parameter *structure similarity measure* karakteristik dari setiap pixel atau koefisien DCT, (x,y) adalah probabilitas signal dalam setiap piksel Sementara untuk menghitung similarity dapat dihitung dengan mnggunakan persamaan

$$D(g,p) = \sum_{t=1}^T f_{g,t} \log \frac{f_{g,t}}{f_{q,t}}$$

Dimana $D(g,q)$ merupakan selisih antara dua fungsi sebaran, $\mathbf{f}_g = (f_{g,t} : t=1, \dots, T)$ dan $\mathbf{f}_q = (f_{q,t} : t=1, \dots, T)$, kemudian kemiripan didapat dari rata-rata $D(g,q)$ dan $D(q,d)$.

Untuk mengukur kemiripan berdasarkan struktur, dalam penelitian akan digunakan metoda (SSIM). Kemiripan atau similarity diukur berdasarkan hubungan antara dua objek, yaitu fungsi struktur kemiripan dan fungsi content. Sementara itu

$$SSIM(X,Y) = \left(\frac{2\mu_x\mu_y + C_1}{\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1} \right) \left(\frac{2\sigma_x\sigma_y + C_2}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2} \right) \left(\frac{\sigma_{xy} + C_3}{\sigma_x + \sigma_y + C_3} \right)$$

kemiripan struktur atau *structure similarity* diukur berdasarkan struktur dari dua objek, (Jana et.al., 2009). Sheik (Sheikh et al. [2006] menyatakan bahwa untuk itung similarity berbasis struktur dapat digunakan persamaan dibawah ini:

Dimana μ_x adalah mean (rata-rata) x dan μ_y adalah mean dari y. σ_x dan σ_y adalah standar x dan y, sedangkan σ_{xy} adalah kovarian dari x dan y, C_1, C_2 dan C_3 konstanta. SSIM adalah *Structure Similarity Measure* atau ukuran untuk menentukan kemiripan berdasarkan fitur struktur.

3.5.2 Matching Kemiripan

23

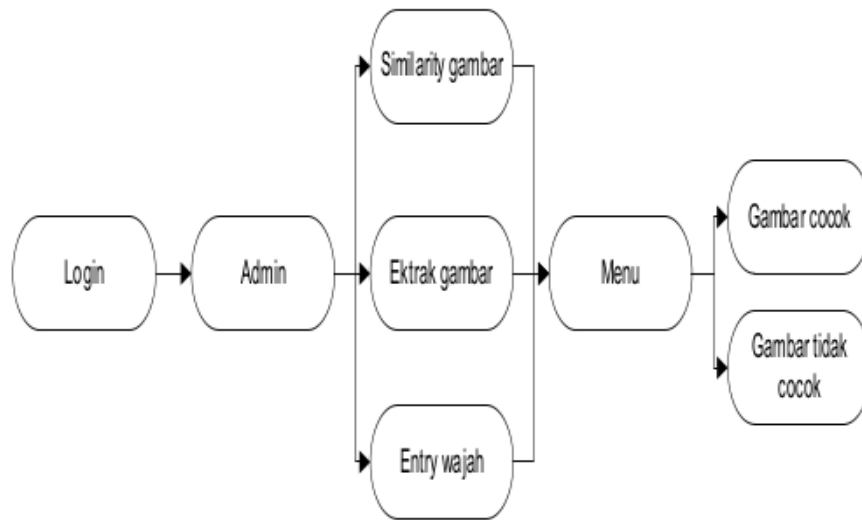
Untuk menghitung kemiripan (*similarity*) antara citra query dengan citra wajah yang ada dalam database secara langsung diperlukan biaya yang cukup mahal dalam arti algoritma yang kompleks dan proses yang cukup lama. Untuk mengatasi masalah ini, maka dalam penelitian ini dilakukan tiga tahapan dalam matching citra wajah, yaitu :

1. Pertama mencari kemiripan topologi dari wajah query dengan wajah dalam database yang merupakan filter,
2. Kedua penggunaan informasi untuk memperbaiki calon citra wajah yang akan terpanggil,
3. Dan yang terakhir metoda penghitungan *matching* dikerjakan untuk menentukan kemiripan (*similarity*) antara citra query dengan citra wajah yang ada dalam database.

Sementara itu untuk mengukur efektivitas dari pencarian gambar dengan menggunakan precision dan Recall, precision adalah jumlah citra yang mirip yang terpanggil dibagi dengan semua citra yang terpanggil (*retrieved*). Sedang Recall adalah jumlah citra yang terpanggil dibagi dengan jumlah citra yang dalam kategori, (Cho, 2004).

$$p = \frac{a}{z} \quad r = \frac{b}{y}$$

Dimana p adalah precision dan r adalah recall, sementara a adalah jumlah citra yang relevan atau mirip terpanggil, z adalah jumlah semua citra yang terpanggil, dan y jumlah citra relevan yang ada dalam database. Dalam penelitian tahun pertama digunakan wajah normal atau wajah tanpa penghalan (*obstacles*) sementara tahun ke dua menggunakan wajah dengan *obstacles*.



Gambar 3.2 Aplikasi proses kemiripan

3.6 Latihan

1. Coba deskripsikan yang dimaksud dengan Content based Image Retrieval (CBIR) ?
2. Jelaskan tahapan CBIR
3. Berikan contoh untuk perhitungan Similarity Fitur Warna, Tekstur, dan Bentuk

BAB - 4

TEKNIK CBIR

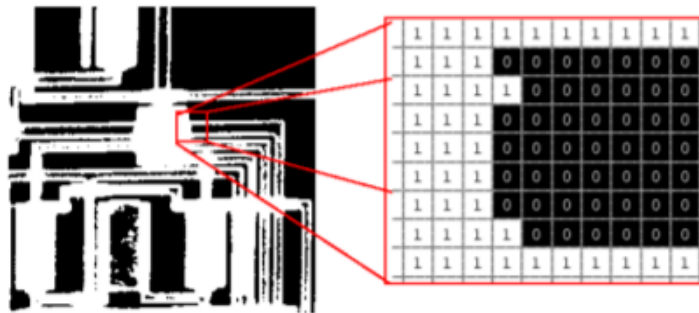
4.1 Pendahuluan

Penelitian pengenalan wajah telah banyak menarik perhatian banyak peneliti baik di Indonesia maupun negara lain. Keefektifan pencarian dilakukan dengan mengukur similaritas atau tingkat kesamaan antara citra wajah query (referensi wajah) dengan citra wajah yang ada didalam database, maka digunakan rumus *Euclidean distance*. Algoritma yang dipakai dalam penelitian adalah fitur – fitur wajah dan bukan wajah juga diterapkan sehingga menghasilkan hasil yang cukup akurat.

4.2 Jenis Citra digital

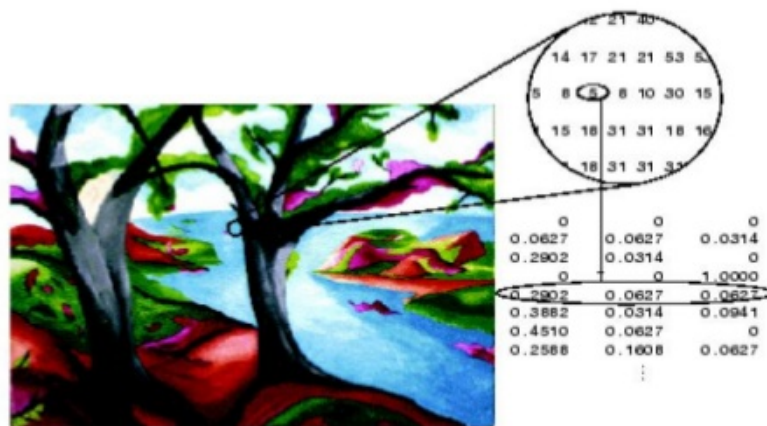
Dalam MatLab dikenal 4 jenis citra digital yaitu: citra Binary , citra Indexed, citra *Grayscale*, dan citra *Truecolor*.

- Citra biner dikenal pula sebagai citra Binary bilevel image. Dimana matriknya berisi nilai 0 dan 1, mewakili warna putih. Contoh citra biner dapat dilihat pada gambar:



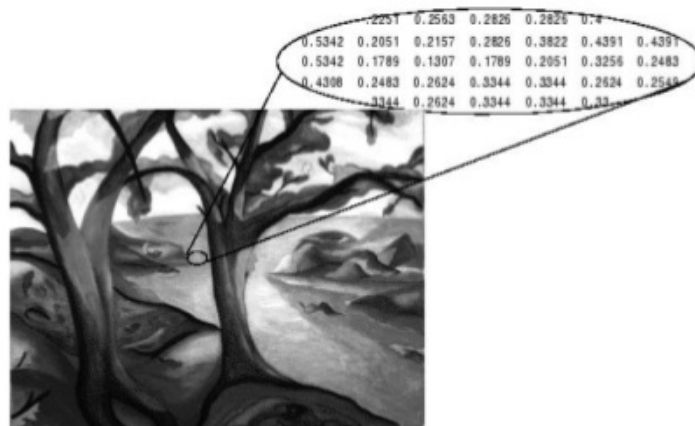
Gambar 4.1. Contoh citra binary/biner

- *Citra indexed* dikenal pula sebagai *citra pseudocolor*. Citra ini merupakan array klas logika single, uint8, uint16 atau double yang nilai-nilai pikselnya di-indeks dalam peta warna. Peta warna merupakan suatu array klas double $m \times 3$. Untuk array single atau double kisaran nilai integer dari $[1, p]$. Sedangkan untuk array uint8, atau uint16 mempunyai kisaran nilai $[0, p-1]$.



Gambar 4.2. Contoh citra indexed

- *Citra grayscale* dikenal sebagai citra: *intensity*, *gray scale*, atau *gray level*: Klas array untuk uint8, uint16, int16, single, or double mempunyai nilai piksel tergantung nilai intensitasnya. Untuk array single atau double, mempunyai kisaran nilai $[0, 1]$. Untuk uint 8, mempunyai kisaran nilai dari $[0, 255]$. Untuk uint 16, kisaran nilai adalah dari $[0, 65535]$. Untuk int16, kisaran nilai dari $[-32768, 32767]$.



Gambar 4.3. Citra gray scale

- Citra *truecolor* dikenal sebagai citra RGB : array m-x-n-x 3 array kelas `uint8`, `uint16`, *single*, atau *double* mempunyai nilai menurut nilai intensitasnya. Untuk array `single` atau `double` , mempunyai kisaran nilai dari [0, 1]. Untuk unit 8, kisaran nilai dari [0, 255]. Untuk `uint16`, kisaran nilai dari [0, 65535].



Gambar 4.4. Contoh citra berwarna (RGB)

Untuk menentukan warna piksel pada (2,3), maka kita harus melihat triplet RGB yang disimpan pada (2,3,1:3). Misal (2,3,1) mengandung nilai 0.5176 , (2,3,2) mengandung 0.1608 dan (2,3,3) berisi 0.0627. Maka warna piksel (2,3) adalah 0.5176, 0.1608,dan 0.0627.

4.3 Konversi Antar Citra

Pada saat kita mengkonversi jenis citra satu ke yang lain, sering menghasilkan citra yang sedikit berbeda dengan citra asli. Terdapat beberapa fungsi atau command untuk konversi citra dlam MatLab diantaranya: gray2ind, im2bw, ind2gray, rgb2gray, rgb2ind, and mat2gray.

4.3.1 rgb2gray

Fungsi ini digunakan untuk mengubah citra berwarna (RGB) menjadi citra gray scale. Rgb2gray digunakan untuk menghilangkan komponen Hue dan Saturation dan tetap menyimpan komponen Luminance. Contoh menggunakan command ini adalah :

I = imread('monas.jpg');.....membaca citra yang bernama monas.jpg

J = rgb2gray(I); Mengguba citra berwarna monas ke citra grayscale

figure, imshow(I), figure, imshow(J);menampilkan citra asli dan citra hasil

4.3.2 im2bw

Mengubah citra berwarna ke citra binary image. im2bw menghasilkan citra biner dari citra indek atau citra RGB , command ini mengubah citra input ke dalam format garyscale (jika belum berupa citra ntensitas) dan menggunakan *thresholding* untuk mengubah citra grayscale ke citra biner. Output citra biner BW

mempunyai nilai 1 (putih) dan 0 (hitam) untuk semua piksel. Contoh penggunaan command ini dapat ditulis dibawah ini.

```
load pohon .....memanggil citra yang bernama pohon
54 BW = im2bw(X,map,0.4); .... mengubah citra intensitas menjadi
citra hitam putih
54 imshow(X,map), figure, imshow(BW)....menampilkan citra asal
dan citra hasil
```

4.3.3 Perintah atau command untuk konversi citra

Berikut adalah tabel konversi antar citra yang digunakan dalam program MatLab:

Tabel 4.1 Konversi citra

<p>Gray2ind</p>	<p>mengkonversi citra grayscale or binary image to indexed image $I = \text{ind2gray}(X, \text{map})$ mengkonversi citra X dengan th colormap menjadi citra intensitas I. ind2gray menghilangkan informasi hue dan saturation dari citra input semetara tetap menggunakan komponen luminance. $[X, \text{map}] = \text{gray2ind}(I, n)$ mengkonversi citra grayscale I menjadi citra indexed X. n adalah ukuran colormap, $\text{gray}(n)$. n harus bilangan antara 1 sampai 65536. Jika n diabaikan, maka n dianggap smadengan to 64. $[X, \text{map}] = \text{gray2ind}(BW, n)$ mengkonversi citar biner BW menjadi citara indexed X. Sementara n adalah ukuran dari colormap, $\text{gray}(n)$. Jika n diabaikan maka defaultnya sama dengan 2.</p>
<p>Gray2ind</p>	<p>gray2ind menghitung dan membulatkan perhitungan citra intensitas untuk menyamakan dengan citra indexed. Script berikut adalah untuk mengkonversi citra grayscale menjadi citra indexed dan menampilkan hasilnya. 51 $I = \text{imread}('cameraman.tif');$</p>

	<pre><i>[X, map] = gray2ind(I, 16);</i> <i>imshow(X, map);</i></pre>
ind2gray	<p>Mengkonversi citra indexed menjadi citra intensitas, berikut adalah script untuk memanggil citra yang bernama tree dan mengonversi menjadi citra intensitas.</p> <pre>12 load trees I = ind2gray(X,map); imshow(X,map) figure,imshow(I)</pre>
Rgb2ind	<p>Mengubah citra RGB menjadi citra indexed ,rgb2ind mengubah citra RGB citra indexed menggunakan satu dari tiga metode yang berbeda , yaitu : metode Uniform quantization Minimum , variance quantization, dan Colormap approximation Semua metode ini, rgb2ind sering digunakan ketiga-tiganya kecuali disebutkan secara khusus dengan perintah 'nodither' dari dither_option yang ada. [X,map] = rgb2ind(RGB,n) mengubah citra RGB kedalam citra indexed X dengan menggunakan metode minimum variance quantization. map terdiri paling banyak n warna. n harus kurang atau sama dengan 65536.</p> <p><i>X = rgb2ind(RGB,map)</i> mengubah citra RGB menjadi citra indexed X dengan colormap map matching warna didalam citra RGB dengan warna yang terdekat didalam colormap map. size(map,1) harus kurang atau sama dengan 65536.</p> <p><i>[X,map] = rgb2ind(RGB,tol)</i> mengubah citra RGB menjadi citra indexe X dengan menggunakan metode uniform quantization. disini map terdiri dari dan mendekati warna sebanyak $(\text{floor}(1/\text{tol})+1)^3$ warna. tol harus antara 0.0 dan 1.0.</p> <p><i>[...] = rgb2ind(...,dither_option)</i> mengaktifkan atau non-aktifkan dithering. dither_option adalah string yang mempunyai satu nilai dari nilai-nilai berikut: 'dither' (default), jika perlu untuk memperoleh warna yang resolusinya lebih bagus pada resolusi spatial . setiap map</p>

	<p>'nodither' warna dalam warna asli yang mendekati warna pada color map yang baru.</p> <pre> 12 RGB = imread('peppers.png'); [X,map] = rgb2ind(RGB,128); imshow(X,map) </pre>
mat2gray	<p>Mengubah satu matrix menjadi image grayscale atau citra intensitas.</p> <p>$I = \text{mat2gray}(A, [\text{amin} \text{amax}])$ mengubah matrix A menjadi citra intensitas I. matrix I yang didapat berisi nilai-nilai dengan kisaran 0.0 (hitam) sampai 1.0 (putih atau intentas penuh). amin dan amax nilai nilai-nilai didalam A yang sesuai dengan 0.0 dan 1.0 in I.</p> <p>$I = \text{mat2gray}(A)$ mendefinisika nilai amin dan amax sebagai nilai minimum dan maximum di dalam A.</p> <pre> 12 I = imread('rice.png'); J = filter2(fspecial('sobel'),I); K = mat2gray(J); imshow(I), figure, imshow(K) </pre>

4.4 Pengenalan Wajah

Face recognition atau pengenalan wajah, khususnya pengenalan wajah pelaku tindak kejahatan merupakan bidang yang populer dan banyak menarik para ahli dibidang biometrik..Banyak penelitian tentang pengenalan wajah telah dilakukan sampai dengan saat ini para ahli *image processing* diantaranya adalah Marcialis (Marcialis dan Roli, 2004; Byung-Joo, 2005). Sementara itu Qin (Qin et.al., 2006) menjelaskan tentang teknik otomatisasi sistem pengenalan wajah seseorang didalam lingkungan waktu nyata dengan menggunakan metoda hirarki citra *wavelet*. Face recognition dikerjakan dengan menerapkan teknik image retrieval yaitu dengan cara memasukan citra query ke dalam sistem dimana sistem mengimplemtasikan image retrieval berdasarkan fitur yang

digunakan dalam deteksi wajah. Dalam penelitian, mereka menggunakan database yang berisi citra wajah dengan berbagai ekspresi seperti ekspresi normal / netral, marah, berteriak, kecewa, stress, dan tertawa. (Irianto, *et.al.*, 2013). Sedangkan Bhaumik (Bhaumik *et.al.*, 2010) telah menganalisa dan deteksi wajah dengan menggunakan teknik *distance classifier*. Dalam metode ini, mereka menghitung perbedaan posisi-posisi dan ukuran fitur-fitur wajah seperti mata, hidung, mulut, dan jidat dengan teknik *Principle Component Analysis (PCA)*.

Penelitian telah dikerjakan (Irianto *et.al.*, 2013) dengan menggunakan CBIR untuk mengenal apakah seseorang sedang mengalami gangguan jiwa atau stress dengan membuat pattern ekspresi wajah yang mengalami gangguan jiwa. Disini untuk menentukan seseorang sedang mengalami gangguan jiwa dikerjakan dengan membandingkan citra training dan citra yang ada di dalam database. Perbandingan dikerjakan dengan *i.* mendeteksi nilai tertinggi dari citra simetris radial dan simetri regular, *ii.* Lokasi mata dan mulut, dan *iii.* deteksi daerah tengah wajah. Dalam penelitian mereka, langkah pengenalan wajah atau face recognition dikerjakan untuk mengimplementasi image retrieval kedalam sistem dengan menyelesaikan fitur face detection. Database digunakan dalam penelitian Irianto (Irianto, 2013) merupakan data wajah dengan bermacam-macam ekspresi seperti wajah normal, marah, histeris, tertawa. Sementara dalam mencari citra wajah yang sedang mengalami gangguan jiwa digunakan algoritma yang menggunakan fitur yang ada dalam koefisien DCT, dimana setiap koefisien DCT merupakan satu vector yang mengandung energi untuk membuat sebuah histogram dalam proses matching.

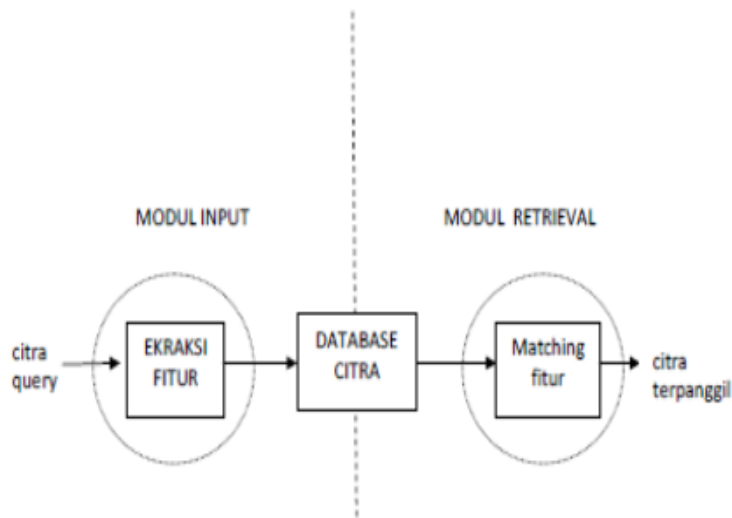
4.5 CBIR Dalam Compressed Domain

Berdasarkan standar kompresi JPEG, proses dekompresi yang lengkap dapat diringkas sebagai: *i.* decoding entropi melalui tabel Huffman, *ii.* dequantization untuk mendapatkan koefisien DCT, dan *iii.* IDCT untuk merekonstruksi blok piksel. Untuk setiap sistem CBIR yang bekerja dalam domain piksel, ini adalah syarat operasi atau operasi pendahuluan sebelum ekstraksi kunci dan *matching distance*.

Dari penelitian yang telah banyak dilakukan oleh banyak peneliti termasuk yang dilakukan oleh penulis terutama dalam *compressed domain*. Beberapa teknik dapat disebutkan disini antara lain:

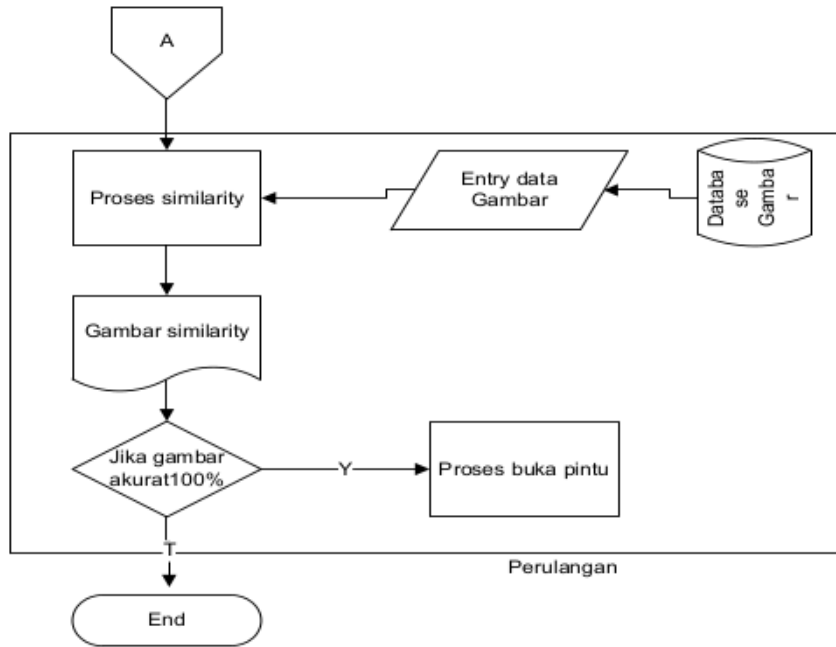
- a. CBIR berbasis segmentasi
- b. CBIR berdasarkan energy DCT
- c. CBIR berdasarkan kombinasi fitur low level dan high level

Sedangkan proses CBIR dari teknik-teknik diatas dapat dijelaskan pada gambar berikut :

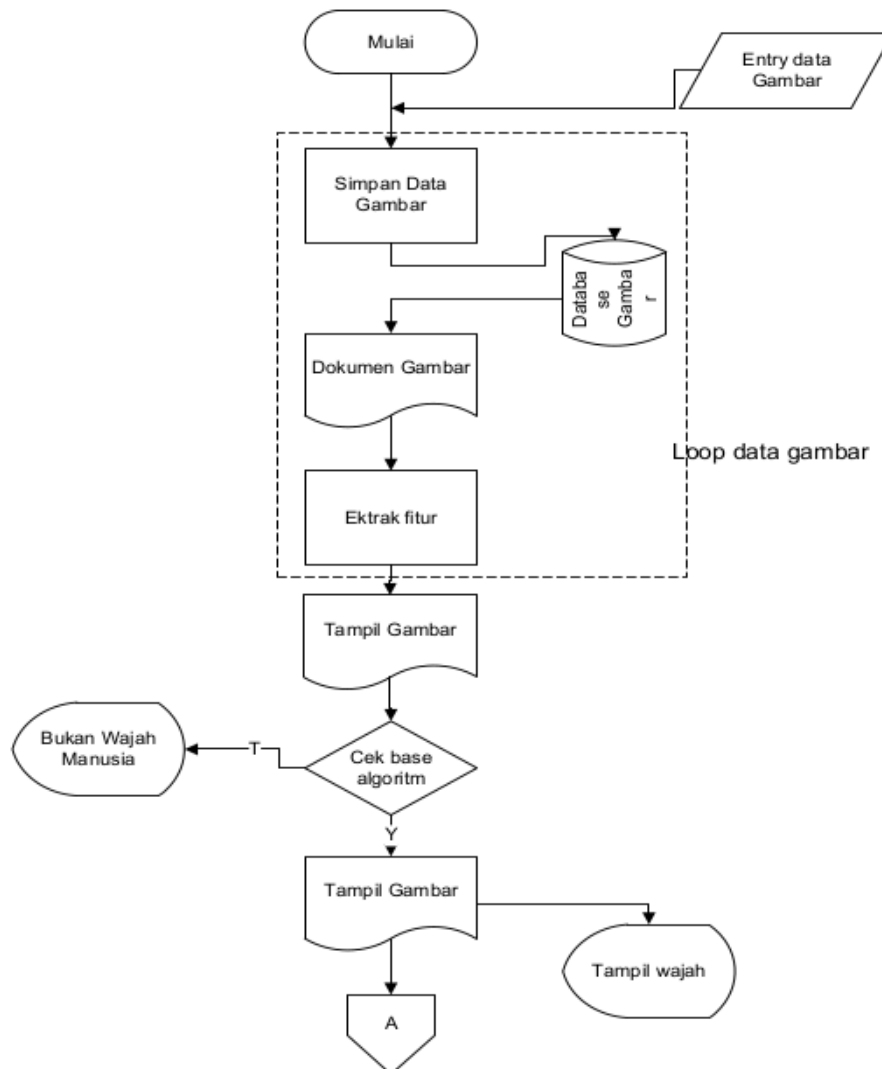


Gambar 4.5 Teknik CBIR

4.6 Aplikasi Similarity



Gambar 4.6 Proses similarity



Gambar 4.7 Alur Prose Ekstrak Fiture Wajah

4.7 Latihan

1. Jelaskan proses pengenalan wajah dengan CBIR ?
2. Buatlah logika program dan coding untuk pengenalan wajah / proses similarity wajah tampak depan.

BAB - 5

FITUR CITRA DIGITAL

Tujuan Instruksional Khusus :

- Mahasiswa memahami fitur citra digital
- Mahasiswa dapat menjelaskan fitur citra digital dan memberi contoh

5.1 Pendahuluan

Fitur merupakan karakteristik yang dimiliki suatu objek yang membedakan dengan objek yang lain. Begitu juga dengan citra, citra juga memiliki fitur yang dapat membedakan dengan citra yang lain, fitur suatu citra didapat dengan melakukan ekstraksi pada citra tersebut. Fitur – fitur yang ada pada citra antara lain : tekstur, edge, warna, dan bentuk.

5.2 Tekstur

Fitur tekstur merupakan suatu karakteristik atau sifat yang dimiliki oleh citra, tekstur juga dianggap sebagai sifat kontekstual sehingga untuk mendefinisikannya mencakup nilai-nilai gray level dengan nilai piksel tetangganya. Ukuran atau size dari piksel tetangga tergantung pada tipe teksturnya, sehingga tekstur dapat didefinisikan sebagai:

- Tekstur merupakan distribusi spasial dari nilai gray level, sehingga merupakan histogram 2D atau dua matriks yang dapat dianalisa dengan tekstur analysis tool.
- Tekstur dalam suatu citra dapat sebagai perbedaan dua level resolusi suatu citra.

Fitur statistic dapat digunakan sebagai metode untuk mengklasifikasikan tekstur berdasarkan gray level, GLCM atau Grey level co-occurrence matrices dapat digunakan untuk mengekstrak second order statistic dari suatu citra. GLCM dapat didefinisikan sebagai suatu matrik frekwensi dari dua piksel yang dipisah oleh suatu vector yang ada dalam citra. Dimana distribusi frekwensi dalam matrik tergantung pada derajat dan jarak antara dua piksel tersebut.

Teksture dapat juga didefinisikan sebagai susunan dari warna atau intensitas dalam suatu citra digital atau daerah tertentu dalam citra. Teksture terdiri dari beberapa tekstur elemen (Texel). Beberapa masalah dalam analisa tekstur antara lain:

- Segmenting dari texels sulit atau bahkan tidak mungkin dalam praktek sehari-hari.
- Perhitungan statistics yang menjelaskan texture dapat dihitung dari nilai grey atau warna. Metode ini kurang akurat tapi algoritma cukup efisien. Perhitungan ini dapat digunakan untuk klasifikasi citra dan segmentasi citra.

Beberapa perhitungan Statistik sederhana dari teksture :

- Perhitungan Edge Density and Direction. Menggunakan edge detector sebagai langkah pertama dalam analisa tekstur.
- Jumlah piksel pinggir dalam suatu region yang menggambarkan betapa kompleknya suatu region citra.
- Arah edges dapat digunakan untuk menentukan karakteristik dari tekstur.
- Two Edge-based Texture Measures

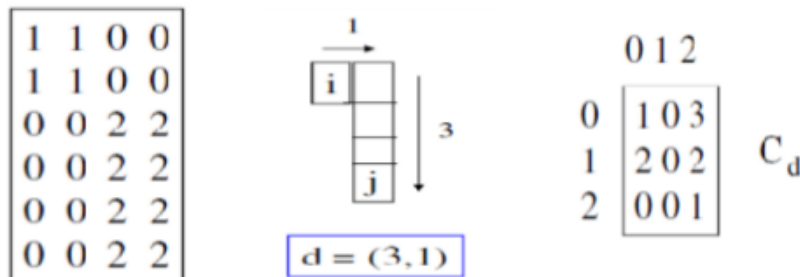
- Penentuan pinggir (Edgeness) setiap region
 $F_{edgeness} = |\{ p \mid \text{gradient_magnitude}(p) \geq \text{threshold} \}| / N$
 Dimana N adalah ukuran dari unit area.
- edge magnitude and direction histograms
 $F_{magdir} = (H_{magnitude}, H_{direction})$ Dimana F_{magdir} adalah histograms yang telah dinormalisasi dari gradient magnitudes and gradient directions .

5.3 Co-occurrence Matrix Features

Suatu Matrik co-occurrence matrix merupakan array 2D array C , dimana:

Kedua kolom dan baris mewakili nilai – nilai citra

- C (i,j) menunjukkan berapa kali nilai i terjadi dengan j dalam suatu nilai a tertentu yang berkaitan dengan d.
- Hubungan spasial dapat ditulis sebagai suatu vector d = (dr,dc).



Citra grey scale

Matrik Co-occurrence

Gambar 5.1 Concurancy matrix

Dari C dapat dihitung N, Normalisasi co-occurrence matrix, dimana setiap nilai dibagi dengan jumlah semua nilai. Fitur Co-occurrence

$$Energy = \sum_i \sum_j N_d^2(i, j)$$

$$Entropy = -\sum_i \sum_j N_d(i, j) \log_2 N_d(i, j)$$

$$Contras = \sum_i \sum_j (i - j)^2 N_d(i, j)$$

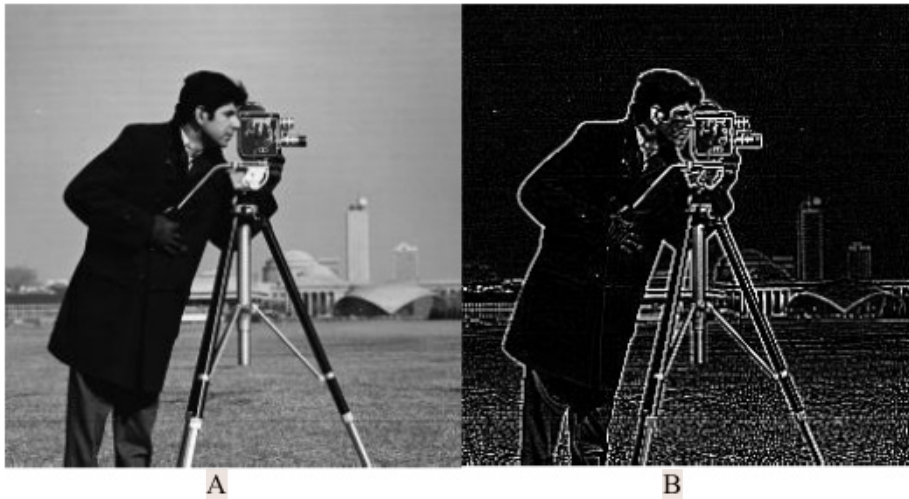
$$Homogeneity = \sum_i \sum_j \frac{N_d(i, j)}{1 + |i - j|}$$

$$Correlation = \frac{\sum_i \sum_j (i - \mu_i)(j - \mu_j) N_d(i, j)}{\sigma_i \sigma_j}$$

Dimana μ_i, μ_j adalah mean dan σ_i, σ_j adalah standar deviasi dari baris dan kolom. Energy digunakan untuk menghitung homogenitas dari matrik yang telah dinormalisasi. Fitur tekstur merupakan dapat juga ditentukan dengan menggunakan filter Gabor. Dari penelitian-penelitian yang sudah dilakukan fitur ini sangat handal dalam menentukan informasi suatu citra bila digabungkan dengan fitur warna.

5.4 Tepi (edge)

Gambar 5.2 adalah contoh operasi pendeteksian tepi pada citra *Camera*. Operasi ini menghasilkan semua tepi (*edge*) di dalam citra.



Gambar 5.2 (a) Citra camera, (b) citra hasil pendeteksian seluruh tepi

5.5 Warna

Seperti yang telah dijelaskan dalam bab 2, warna merupakan fitur yang sangat sering digunakan dalam analisa citra digital. Ekstraksi warna dari citra berwarna merupakan proses pengekstrakan satu atau beberapa daerah yang saling berhubungan (memiliki kriteria keseragaman/ homogenitas) dari suatu citra, yang diperoleh berdasarkan fitur pada komponen spektral. Komponen-komponen ini didefinisikan dalam model ruang warna. Selanjutnya proses ini dapat ditingkatkan berdasarkan pengetahuan tambahan mengenai obyek yang ada dalam citra, seperti geometrik atau properti optikal lainnya. Dalam analisa citra otomatis, warna merupakan deskriptor yang sangat berguna, yakni untuk menyederhanakan proses identifikasi dan ekstraksi obyek. Misalnya jika kita ingin mempartisi citra berdasarkan warnanya, maka kita dapat melakukannya pada setiap lapisan warna (baik pada HLS atau RGB).

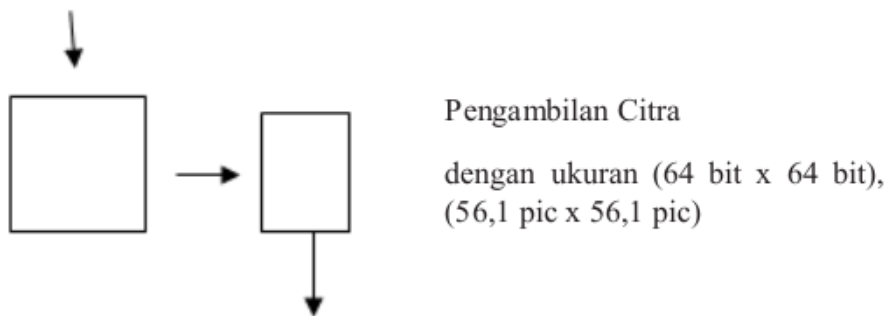
Banyak penelitian dilakukan dengan menggunakan metoda segmentasi dengan membari ambang batas pada tiap-tiap tingkatan warna. Metoda ini mensegmen obyek berdasarkan komponen

warnanya. Ambang batas yang dilakukan pada citra berwarna berbeda dengan ambang batas yang dilakukan pada citra biner maupun keabuan (grey scale).

5.6 Fitur Bentuk

Fitur bentuk dari suatu citra digital dapat ditentukan oleh tepi atau besaran momentnya. Besaran moment pada fitur ini banyak digunakan oleh banyak peneliti dengan memanfaatkan nilai transformasi fourier citra. Proses yang dapat digunakan untuk menentukan fitur bentuk diantaranya edge detection atau deteksi tepi, thresholding, segmentasi dan perhitung moment (seperti mean, median dan standard deviasi dari setiap lokal citra). Contoh proses pengenalan wajah tampak depan dengan CBIR

1. Preprocessing

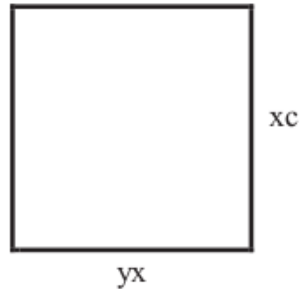


- ✓ Pengambilan citra wajah dari gambar aslinya dengan cara menghitung rasio maksimum melalui ekstraksi fitur wajah.
- ✓ Data ekstraksi fitur wajah/citra gambar diambil melalui photo posisi wajah dengan ukuran pixel 640/IV x 480/4 Px
- ✓ Melalui database
- ✓ Warna yang diambil adalah hijau, merah dan biru (RGB)

2. Prosesing

Mengenal wajah diambil → database wajah hasil preprocessing dalam array array yang menghitung dari unsur posisi wajah.

3. Seluruh data wajah tersimpan, data wajah yang terdeteksi sesuai dengan tampilan file foto diurutkan berdasarkan tahapan pemanggilan gambar/retrieve
4. Proses retrieve/memanggil gambar wajah melalui berkas wajah dengan cara mencocokkan hasil deteksi yaitu data test dengan nilai gambar terdeteksi



$$XC - W$$

5. Pasca poise $X_1 =$

$$2$$

$$Yc - w$$

$$X_2 = \frac{\quad}{2}$$

```

gr.setColor(Color.green);
int left = (int)(ratio * (fr.FacePosition.xc - fr.FacePosition.w / 2));
int top = (int)(ratio * fr.FacePosition.yc - fr.FacePosition.w / 2);
int w = (int)(ratio * fr.FacePosition.w);
int h = (int)(ratio * fr.FacePosition.w);
gr.drawRect(left, top, w, h);

```

6. Proses Prosesing

Gambar / posisi citra hasil retrieve / pengenalan di sesuaikan dengan wajah hasil similarity yang sudah ada sebelumnya.

- a. Jika hasil similarity sama persis atau 100% dikenali maka data tersebut dianggap dikenali disistem
- b. Jika hasil similarity tidak sampai 100% maka data tersebut dianggap tidak dikenali oleh sistem
- c. Jika hasil similarity tidak 100% maka foto/citra/gambar tidak dianggap berada dalam sistem dan tidak dikenali.

```

for (int i=0; i<sim_ind.size(); i++){
TFaceRecord cur_fr = FaceList.get(sim_ind.get(0).index);
HImage tempImage = new HImage();
FSDK.CreateEmptyImage(tempImage);
int widthByReference[] = new int[1];
FSDK.GetImageWidth(cur_fr.faceImage, widthByReference);
double ratio = 100.0 / widthByReference[0];
FSDK.ResizeImage(cur_fr.faceImage, ratio, tempImage);
java.awt.Image thumbnail[] = new java.awt.Image[1];
FSDK.SaveImageToAWTImage(tempImage, thumbnail,
FSDK.FSDK_IMAGEMODE.FSDK_IMAGE_COLOR_24BIT);
FSDK.FreeImage(tempImage);

```

```
resultsDialog.listImages.add(new ImageIcon(thumbnail[0]));

float aa=sim_ind.get(0).similarity*100.0f;

resultsDialog.listStrings.add(cur_fr.ImageFileName + "; similarity "
+ aa+ "%");

{

if (aa ==100.0){

resultsDialog.listStrings.add(cur_fr.ImageFileName + "; similarity "
+aa + "%");

resultsDialog.listModel.addElement(0);

resultsDialog.jLabel2.setText("Welcome\n");

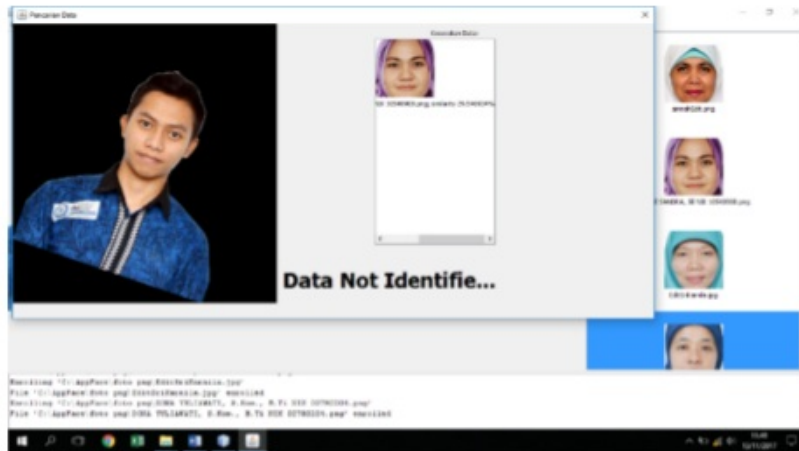
} else{

resultsDialog.listStrings.add(cur_fr.ImageFileName + "; similarity "
+ aa + "%");

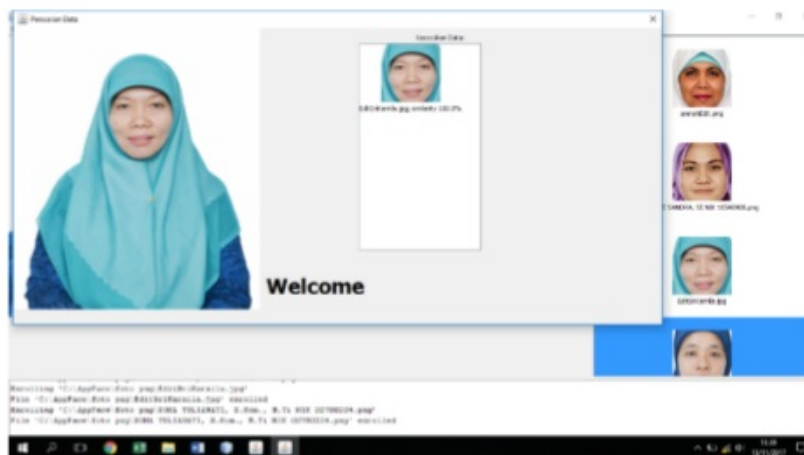
resultsDialog.listModel.addElement(0);

resultsDialog.jLabel2.setText("Data Not Identified ");

}
```



Gambar 5.3 data tidak tersedia



Gambar 5.4 Data tersedia

5.7 Latihan

1. Jelaskan pengertian fitur dan citra ? beri contoh masing – masing.
2. Fitur – fitur yang ada pada citra antara lain : tekstur, edge, warna, dan bentuk jelaskan masing – masing secara singkat dan jelas.

6.1 Pendahuluan

25

Joint Photographic Experts Group (JPEG) merupakan skema kompresi file bitmap. Awalnya, file yang menyimpan hasil foto digital memiliki ukuran yang besar sehingga tidak praktis. Dengan format baru ini, hasil foto yang semula besar dapat dimampatkan menjadi kecil. Komite JPEG telah membuat banyak standar sejak tahun 1986. ISO sebenarnya telah bekerja sejak tahun 1983 untuk mencoba metoda bagaimana menambah kualitas grafik menjadi teks dari waktu ke waktu. Nama resmi dari standar Citra digital ini disebut 'JPEG' dan merupakan standar rekomendasi oleh ISO/IEC 109 18-1-ITU-T T.81 yang dipublikasikan oleh standar nasional ISO dan CCITT yang disebut ITU-T.

6.2 Lossy Compression

Dalam lossy compression Coding citra digital dikerjakan dengan beberapa langkah, yaitu:

- a. dibagi-bagi dalam sub-citra atau blok 8×8 dan diproses dari kiri ke kanan, atas ke bawah.
- b. Level shifting, yaitu setiap sub-citra atau blok dikurangi dengan $2^n - 1$ dimana 2^n adalah jumlah gray scale yang digunakan.
- c. Hitung koefisien DCT untuk setiap sub-citra.
- d. Kuantisasi setiap DCT
 - Bagi dengan matrik normal
 - Hasilnya dibulatkan dengan rumus berikut:

$$T = (u, v) = DCT\{f(x, y)\}; T(u, v) = \text{round} \left\| \frac{T(u, v)}{Z(u, v)} \right\|$$

- e. Buat array berdimensi satu dari koefisien-koefisien yang telah dikuantisasi, dengan menggunakan model zig-zag.
- f. Koding array ini dengan menggunakan variabel run length dan length coding.
 - Koefisien DC : selisih antara koefisien DC dari sub-citra dengan koefisien DC sebelumnya.
 - Koefisien AC : Merupakan nilai yang bukan nol dari koefisien AC dan jumlah koefisien yang bernilai nol yang mendahului nilai bukan nol AC yang dihitung. EOB dan 16 kode yang bernilai nol yang mengikuti mempunyai kode-kode sub-citra (=blok)

Contoh JPEG Coding

52	55	61	66	70	61	64	73	-76	-73	-67	-62	-58	-67	-64	-55
63	59	66	90	109	85	69	72	-65	-69	-62	-38	-19	-43	-59	-56
62	59	68	113	144	104	66	73	-66	-69	-60	-15	16	-24	-62	-55
63	58	71	122	154	106	70	69	-65	-70	-57	-6	26	-22	-58	-59
67	61	68	104	126	88	68	70	-61	-67	-60	-24	-2	-40	-60	-58
79	65	60	70	77	68	58	75	-49	-63	-68	-58	-51	-65	-70	-53
85	71	64	59	55	61	65	83	-43	-57	-64	-69	-73	-67	-63	-45
87	79	69	68	65	76	78	94	-41	-49	-59	-60	-63	-52	-50	-34

Citra Asli

Level Shift

-415	-29	-62	25	55	-20	-1	3	-26	-3	-6	2	2	0	0	0
7	-21	-62	9	11	-7	-6	6	1	-2	-4	0	0	0	0	0
-46	8	77	-25	-30	10	7	-5	-3	1	5	-1	-1	0	0	0
-50	13	35	-15	-9	6	0	3	-4	1	2	-1	0	0	0	0
11	-8	-13	-2	-1	1	-4	1	1	0	0	0	0	0	0	0
-10	1	3	-3	-1	0	2	-1	0	0	0	0	0	0	0	0
-4	-1	2	-1	2	-3	1	-2	0	0	0	0	0	0	0	0
-1	-1	-1	-2	-1	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0

DCT

Kuantisasi

ZIG-ZAG

[-26 -31 -3 -2 -6 2 -41 -41 15 0 2 0 0 -1 2 0 0 0 0 0 -1 -1 EOB]

CODING

1010110 0100 001 0100 0101 100001 0110 100011 001 100011
001 001 100101 11100110 110110 0110 11110100 000 1010

Sementara itu Decoding Lossy compression citra digital dikerjakan dengan beberapa langkah , yaitu:

- Decoding array dan gunakan model zig-zag ke $T(u,v)$
- Kalikan dengan matrik normal: $T(u,v) = T(u,v)$
- Hitung 2D DICT : $f(x,y) = \text{DICT}\{T(u,v) Z(u,v)$
- Level Shift Back : Tambah $2n-1$ untuk setiap sub-citra
- Letakan sub-sub citra kembali ke tempat yang benar

Decode array menurutb order zig-zag kembali ke sub-citra 8 x

			8					
-26	-3	-6	2	2	0	0	0	0
1	-2	-4	0	0	0	0	0	0
-3	1	5	-1	-1	0	0	0	0
-4	1	2	-1	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0

Mengalikan dengan matrik normal

-416	-33	-60	32	48	0	0	0	0
12	-24	-56	0	0	0	0	0	0
-42	13	80	-24	-40	0	0	0	0
-56	17	44	-29	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0

DICT

-70	-64	-61	-64	-69	-66	-58	-50
-72	-73	-61	-39	-30	-40	-54	-59
-68	-78	-58	-9	13	-12	-48	-64
-59	-77	-57	0	22	-13	-51	-60
-54	-75	-64	-23	-13	-44	-63	-56
-52	-71	-72	-54	-54	-71	-71	-54
-45	-59	-70	-68	-67	-67	-61	-50
-35	-47	-61	-66	-60	-48	-44	-44

Level shift back

58	64	67	64	59	62	70	78
56	55	67	89	98	88	74	69
60	50	70	119	141	116	80	64
69	51	71	128	149	115	77	68
74	53	64	105	115	84	65	72
76	57	56	74	75	57	57	74
83	69	59	60	61	61	67	78
93	81	67	62	69	80	84	84

Letakan sub-citra pada tempat yang sesuai

$$C_R = \frac{512}{92} \rightarrow R_D = 1 - \frac{1}{C_R} = 1 - \frac{92}{512} = 82\%$$

6.3 Discrete Cosine Transform

DCT dikerjakan dengan membagi citra dalam blok-blok 8x8, dimana x dan y adalah indeks suatu citra sementara u dan v menunjukkan indeks dari koefisien DCT. Sebelum DCT dikerjakan koefisien di-scale dengan menggunakan titik tengah dari range yang sudah ada.

$$F(u, v) = \frac{1}{4} C_u C_v \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 f(x, y) \cos\left(\frac{(2x+1)u\pi}{16}\right) \cos\left(\frac{(2y+1)v\pi}{16}\right)$$
$$C_u = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

Untuk $u = 0$, maka $C_u = 1$ sebaliknya $C_u = 0$ jika $u \neq 0$. Sedangkan 64 operasi untuk setiap koefisien DCT dapat dihitung dengan:

$$C_v = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

Untuk $v = 0$, $C_v = 1$ dan $C_v = 0$ jika $v \neq 0$

6.3.1 DCT Analysis

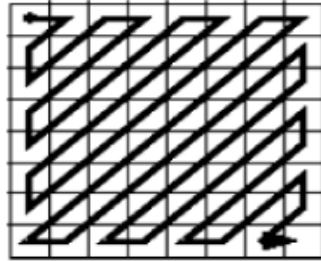
Analisa DCT dapat dikerjakan dengan mengatur spatial information ke dalam frekwensi-frekwensi sebagai berikut:

- ♦ Koefisien kiri atas (koefisien pertama) yang disebut koefisien DC dan sisanya disebut koefisien AC. Mata manusia kurang sensitif terhadap koefisien AC (frekwensi tinggi). Sehingga semakin tinggi frekwensi AC maka memerlukan kuantisasi lebih cepat karena kehilangan informasi sulit diketahui pada saat normalisasi.
- ♦ Kuantisasi
- ♦ Setelah DCT maka 64 koefisien, koefisien DC yang ada di kiri atas dan koefisien lainnya disebut koefisien 63 sebanyak 63. Kuantisasi dikerjakan dengan menggunakan

tabel kuantisasi yang dibuat berdasarkan Sifat dan karakteristik mata manusia. Warna dan frekwensi-frekwensi yang lebih tinggi kurang penting dibandingkan dengan Luminance dan frekwensi rendah dapat disimpan dalam table. Berbagai jenis tabel dan nilai dapat digunakan berdasarkan ratio atau kualitas yang diinginkan.

6.3.2 ZigZag Scanning

Zig zag scanning adalah proses pengaturan kemabli matrik 8x8 yang telah dikuantisasi kedalam aturan zig-zag.



6.3.3 Modified Huffman Coding

Codewords dipakai untuk to descriptors, dimana setiap {Zero Run Length/Magnitude Category} diberi codeword.

Tabel 6.1 Code Length fman

Run/Category	Code Length	Codeword
0/1	2	00
2/3	10	1111110111
4/1	6	111011
6/2	12	111111110110

Penambahan bits yang ada menunjukkan nilai tertentu dalam kategori magnitude yang digunakan. Predictive coding juga digunakan pada koefisien DC dari blok satu ke blok yang lain. Hal ini dapat secara dinamis dan statis, Huffman codes bekerja dengan menggunakan code-kode yang lebih pendek. Jika table code table dapat berubah maka tabel-tabel dapat lebih digunakan secara optimal setiap citra.

Format file JPEG adalah yang paling canggih yang tercatat di awal. Ini mencapai rasio kompresi yang sangat baik bagi sebagian besar jenis citra, biasanya 30:1 pada saat true color. Teknik kompresi yang digunakan oleh JPEG dimulai dengan warna subsampling psychovisual dan kuantisasi. DCT kompresi ini kemudian diterapkan ke satu 8 x 8 blok pada waktu dan komponen frekuensi tidak penting domain dieliminasi. Akhirnya sisa komponen dikodekan secara optimal menggunakan Huffman coding. Sayangnya metode kompresi beroperasi perlahan dan juga sangat sulit untuk dilaksanakan. Namun, chip VLSI yang tersedia yang dapat melakukan coding JPEG sangat cepat di hardware. Kelompok JPEG kerja juga telah menempatkan encoding dan decoding perangkat lunak dalam domain publik.

Bahkan JPEG mendukung berbagai pilihan kualitas / kompresi, mulai dari kompresi sedang hampir lossless untuk kompresi lossy tapi sangat efisien. Tingkat kualitas dapat ditentukan, biasanya dinyatakan sebagai persentase. Efisiensi kompresi yang diberikan sebelumnya adalah untuk pengaturan kualitas 75%. pengaturan Tinggi memberikan kualitas yang lebih tinggi tetapi kurang dan pengaturan kompresi lebih rendah memberikan kualitas yang lebih rendah tapi kompresi lebih besar. Tabel di bawah menunjukkan efisiensi kompresi untuk citra bumi dengan berbagai pengaturan kualitas. Dua angka yang ditampilkan untuk setiap pengaturan, efisiensi relatif terhadap citra terkompresi palet warna (8 bit per piksel) dan efisiensi data true color (24 bit per piksel).

Kompresi sampai dengan 75%, biasanya masih menghasilkan efisiensi kompresi yang baik tanpa pengurangan yang signifikan dalam kualitas citra asli. Pengaturan kualitas rendah dapat mencapai pengurangan besar dalam ukuran citra, namun citra yang dihasilkan mungkin akan terlihat sangat jelek ketika decompressed. Tingkat kualitas terendah yang diterima akan tergantung pada citra asli.

A. Huffman Coding

Huffman Coding adalah teknik kompresi lossless yang mengeksploitasi redundansi statistik. Huffman coding mengurangi besar dalam ukuran untuk setiap jenis citra dari encoding panjang berjalan namun membutuhkan waktu eksekusi lebih signifikan. Rasio kompresi biasanya 1:01-8:01 tergantung pada isi citra. Huffman Coding menggantikan setiap nilai piksel dengan pola bit variabel panjang dan paket ke dalam aliran bit berkesinambungan. Nilai piksel paling sering diwakili oleh pola bit pendek dan nilai-nilai yang sering kurang adalah dikodekan sebagai pola lama. (Tentu saja pola-pola ini sedikit harus dirancang sehingga panjang mereka dapat diidentifikasi ketika bit stream diekstrak.

Untuk menyederhanakan kita akan mengcitakan Huffman Coding untuk citra 1024 x 768 x terdiri dari hanya 8 tingkat intensitas. Jika setiap piksel disimpan sebagai integer 3-bit maka citra terkompresi akan menempati Kbits 2304 (288 Kbytes). Misalkan intensitas piksel didistribusikan seperti terlihat pada tabel berikut. Frekuensi dinyatakan sebagai persentase dari jumlah total untuk kemudahan (misalnya 40% dari semua piksel memiliki intensitas dari 2).

Tabel 6.2 . Huffman coding

Intensitas	Frekwensi (%)	Kode Baku	Kode Pikel Huffman
0	0	000	-
1	10	001	011
2	40	010	1
3	6	011	01010
4	10	100	0100
5	4	101	01011
6	30	110	00
7	0	111	-

Dua kolom terakhir dari tabel di atas menunjukkan kode biner 3-bit dari nilai piksel asli dan variabel panjang kode Huffman yang akan menggantikan mereka dalam bit stream dikemas. Intensitas yang paling sering dikompresi dari 3 bit untuk 1 bit sedangkan yang paling sering diperluas untuk 5 bit (nilai-nilai yang tidak pernah terjadi diabaikan). Kita bisa bekerja di luar rata-rata jumlah bit yang diperlukan untuk mewakili setiap piksel dari frekuensi berhubungan dengan setiap panjang kode Huffman. 40% dari piksel yang disimpan dalam 1 bit, 30% dalam 2 bit, 10% dalam 3 bit, 10% pada 4 bit dan 10% dalam 5 bit. Hal ini memberikan rata-rata 2,2 bit / piksel yang setara dengan penurunan 27% atau 77 Kbytes untuk seluruh citra. (Perhatikan bahwa sejumlah kecil memori juga diperlukan untuk mencatat tugas kode Huffman.) Huffman Coding bekerja lebih baik untuk citra yang mengandung tingkat intensitas lebih.

B. Lempel-Ziv-Welch (LZW) coding

Lempel-Ziv-Welch (LZW) coding adalah metode statistik yang digunakan dalam kompresi lossless. Metode ini memberikan rasio kompresi untuk Huffman coding, sebesar 1:01. Namun, LZW coding cenderung lebih cepat karena citra dipindai hanya sekali. LZW

mungkin adalah teknik kompresi file grafik yang paling banyak digunakan saat ini. CompuServe's Graphics Interchange Format (GIF).

LZW coding bekerja dengan mencari urutan umum dari nilai dalam data. Sebuah tabel nilai setiap piksel. Ketika urutan baru ditemukan itu diberi nilai kode dan ditambahkan ke tabel. Ketika sebuah urutan yang dikenal ditemui lagi maka hanya nilai kode yang perlu dikelurakan. Pendekatan ini bekerja baik pada kebanyakan citra.

C. Arithmetic coding

Arithmetic coding adalah teknik kompresi lossless yang paling efisien. Seperti Huffman Coding, arithmetic coding juga menggunakan metode statistik berdasarkan frekuensi yang masing-masing dengan nilai piksel yang ada. Namun, proses encoding cukup berbeda dengan Huffman. Arithmetic decoding dikerjakan dengan mengganti setiap nilai piksel dengan pola bit tertentu, seluruh citra dikodekan sebagai angka multi-presisi tunggal. Berturut-turut nilai piksel digabungkan deret hitung dengan cara yang dapat memerlukan waktu kurang dari satu bit untuk mewakili nilai-nilai yang paling sering muncul. Hal ini memungkinkan untuk mencapai rasio kompresi hingga 100:1. Sayangnya pengkodean aritmatika sangat sulit untuk dilaksanakan. Metode ini telah dipatenkan oleh IBM, sehingga penggunaannya juga harus ada izin dari IBM.

6.4 Lossless Compression

Kompresi Lossless merupakan metoda kompresi data yang memungkinkan data asli dapat disusun kembali dari data hasil kompresi maka rasio kompresi pun tidak dapat terlalu besar untuk memastikan semua data dapat dikembalikan ke bentuk semula. Metode Lossless menghasilkan data yang identik dengan data aslinya. Kompresi lossless utamanya digunakan untuk pengarsipan, dan penyuntingan. Untuk keperluan pengarsipan seperti catatan bank, artikel text, dll.

3

Lossless data kompresi adalah kelas dari algoritma data kompresi yang memungkinkan data yang asli dapat disusun kembali dari data kompresi, sedangkan Lossy kompresi adalah suatu metode untuk mengkompresi data dan men-dekompresi-nya. Lossless compression digunakan untuk mengkompresi data untuk diterima ditujuan dalam kondisi asli. Sedangkan lossy compression menghasilkan file kompresi yang lebih kecil dibandingkan dengan metode lossless yang ada. Lossless compression digunakan jika akurasi data sangat penting, sedangkan lossy compression biasanya membuang bagian-bagian data yang sebenarnya tidak begitu berguna dan tidak dirasakan oleh kita sehingga masih beranggapan bahwa data tersebut masih bisa digunakan walaupun sudah di kompresi.

Lossless compression biasanya data yang telah dikompresi ukurannya sama atau lebih besar, sedangkan lossy compression biasanya data yang telah dikompresi berukuran lebih kecil dari ukuran asli, namun masih tetap memenuhi syarat untuk digunakan. Rasio kompresi pada lossless didapat cenderung rendah sedangkan rasio kompresi pada lossy didapat bisa sangat tinggi.

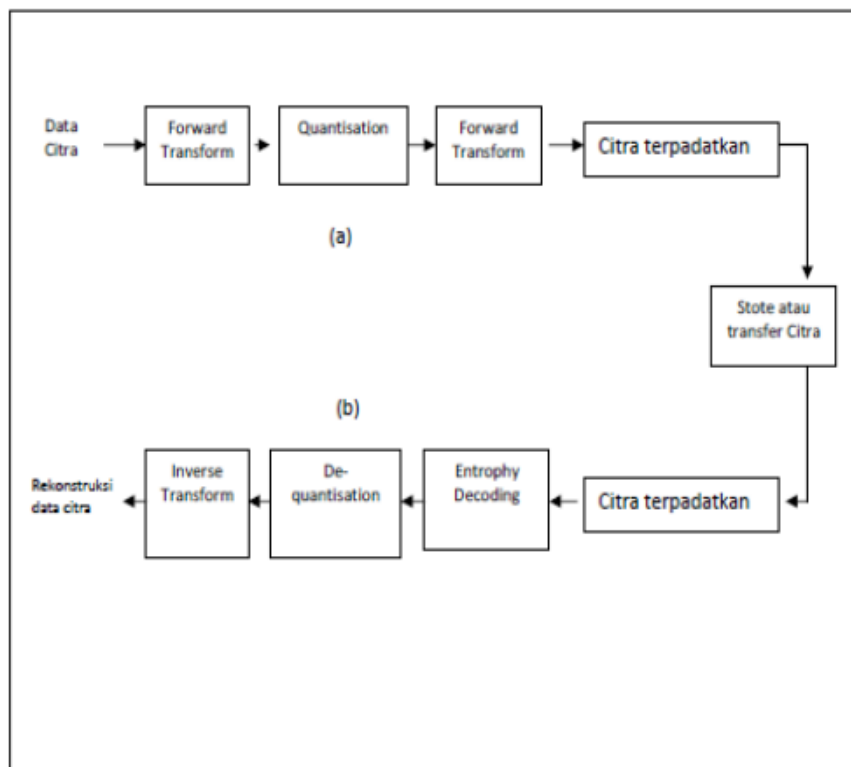
6.5 JPEG 2000

JPEG 2000 merupakan standar kompresi citra dan sistem koding, JPEG 2000 diperkenalkan oleh Joint Photographic Experts Group pada tahun 2000 yang merupakan pengembangan dari JPEG yang menggunakan teknologi DCT yang dibuat pada tahun 1992, sementara JPEG 2000 menggunakan teknologi Wavelet transform. Format JPEG 2000 menggunakan ekstension .jp2 yang digunakan di ISO/IEC 15444-1 dan .jpx menurut ISO/IEC 15444-2.

JPEG 2000 mempunyai performance yang lebih baik dibandingkan dengan JPEG terutama lebih fleksible dalam codestream-nya. Namun sebagai sekuensinya JPEG 2000 memerlukan encoder dan decoder yang cukup kompleks . Perbedaan lain dibandingkan JPEG , JPEG 2000 menghasilkan apa yang disebut ringing artifact, yang merupakan paten blur sebagai lingkaran tepi sementara JPEG menghasilkan ringing artifact dan blocking artifact karena adanya blok 8 x 8.

JPEG 2000 diperlukan untuk mengurangi atau kelemahan yang ada pada JPEG, JPEG 2000 diperlukan mengatasi antara lain:

- Kompresi Low bit-rate dibawah 0.25 bpp dimana JPEG tidak menyediakan
- Kompresi Lossless and lossy compression dalam satu codestream.
- Kompresi citra yang berukuran lebih dari 64 x 64 tetap menggunakan tiling.



Gambar 6.3 Diagram Blok JPEG2000 (a) encoding, (b) decoding

6.5.1 Skema encoder-decoder

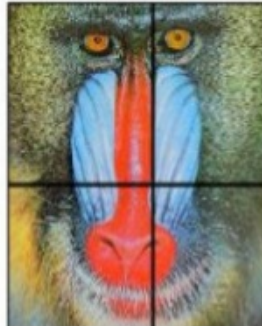
Setelah transformasi warna, citra dipisah ke dalam bagian – bagian yang disebut *tiles*, tile merupakan daerah segi empat dari suatu citra yang ditransforasikan dan di- encode secara terpisah. Tiles dapat bermacam-macam ukuran yang kadang juga dianggap sebagai sebagai satu citra dengan satu tile. Sekali sebuah ukuran dipilih maka semua tile akan mempunyai ukuran yang sama kecuali tile yang ada terletak pada sebelah kanan bawah . Membagi citra ke dalam tiling mempunyai keuntungan anantara lain dalam proses decoder memerlukan momory yang tidak terlalu besar untuk men-decode citra dan hanya tile-tile tertentu yang di-decode sesuai dengan keperluan terutama untuk partial decoding suatu citra. Namun kelemahan dari metode ini adalah kualitas citra mengalami penurunan karena rendahnya rasio signal-to-noise. Dengan menggunakan banyak tile maka akan di-generate suatu blok yang pengaruhnya hampir sama dengan JPEG standar.

1. Proses tiling citra

- Citra yang cukup besar ukuran memory-nya yang bisa di decode.
- Citra kemudian dibagi menjadi bagian-bagian yang berbentuk epp (tidak overlap) dalam blok-blok atau tile akan dipadatkan sendiri-sendiri.

2. DC Level Shifting

- Codec mengharapkan input data mempunyai kisaran dinamis antara (0 -- 255 -> -128 -- 128)
- Jika nilai input sample merupakan bilangan unsigned, maka nilai nominal dinamis disesuaikan dengan mengurangi dengan nilai (2^P-1 , dimana P adalah komponen presisi).
- Semua operasi , termasuk komponen mixing, wavelet transform, quantization and entropy coding dikerjakan secara terpisah pada setiap tile yang ada di dalam citra.
- Proses tiling mempengaruhi kualitas citra



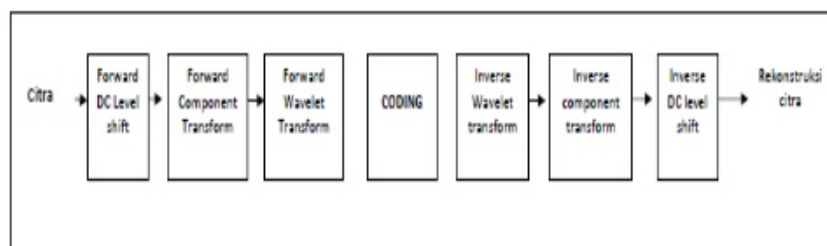
Gambar 6.4 Contoh tiling dari citra 8 bit

Tabel 6.1 Pengaruh Tiling

Pengaruh Tiling terhadap Kualitas citra			
Tiling	Tidak di-Tiling	Tiling dengan ukuran 128 x 128	Tile dengan ukuran 64 x 64
0.125	24,75	23,42	20,07
0,25	26,49	25,69	23,95
0,5	28,27	27,29	26,80

Komponen-komponen transformasi:

- Petakan data dari RGB to YCrCb (Y, Cr, Cb), perlu untuk mengurangi korelasi antara komponen-komponen, meningkatkan efisiensi coding. Terdapat transform reversible and irreversible.



Gambar 6.5 Penempatan DC level shifting dengan komponen transform

Komponen transform Forward reversible

$$Y_0 = \left\lfloor \frac{I_0(x, y) + 2I_1(x, y) + I_2(x, y)}{4} \right\rfloor$$

$$Y_1(x, y) = I_2(x, y) - I_1(x, y)$$

$$Y_2(x, y) = I_0(x, y) - I_1(x, y)$$

Komponen transform Inverse reversible

$$I_1(x, y) = Y_0(x, y) - \left\lfloor \frac{Y_2(x, y) + Y_1(x, y)}{4} \right\rfloor$$

$$I_0(x, y) = Y_2(x, y) + I_1(x, y)$$

$$I_2(x, y) = Y_1(x, y) + I_1(x, y)$$

6.6 Latihan

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan Joint Photographic Experts Group (JPEG).
2. Jelaskan langkah – langkah yang dilakukan dalam lossy compression.
3. Beri contoh **JPEG coding** untuk citra wajah
4. Lakukan **DC-level shifting citra**

APLIKASI AI BERBASIS CBIR**7.1 Intelligent Security System**

Suatu sistem keamanan cerdas (*Intelligent Security System*) berbasis pengenalan wajah atau sering dikenal dengan *face recognition*. Seiring dengan meningkatnya tingkat kriminalitas yang terjadi saat ini, maka sistem keamanan menjadi hal yang diperlukan bagi rumah-rumah maupun kantor-kantor baik pemerintah maupun swasta. Penelitian ditujukan menggantikan sistem pengamanan konvensional dengan menggunakan password berbasis teks yang selama ini banyak digunakan dalam banyak bidang. Dalam penelitian menghasilkan suatu sistem yang dapat digunakan untuk pengamanan pintu rumah, pintu ruang di kantor, pintu gerbang, gate-gate di airport, dan lain sebagainya berbasis pengenalan wajah. Sistem cerdas yang dibangun dengan menggunakan metoda *Content Based Image Retrieval* (CBIR). Sistem cerdas ini ditargetkan untuk menggantikan sistem pengamanan konvensional yang berbasis teks yang sangat mudah untuk “di-hack” oleh orang yang tidak berhak. Sistem juga menggunakan *moving object recognition* untuk *real time* sistem keamanan cerdas dengan berbasis teknik *Content Based Video Retrieval*.

Sementara itu pengenalan individu atau identifikasi personal memiliki peran yang sangat penting pada banyak aplikasi seperti pengendalian akses (*access control*), perdagangan elektronik (*electronic commerce*), pembayaran *benefit* kesejahteraan karyawan (*welfare benefit disbursement*), keamanan atau *security*, dan banyak lagi lainnya. Menurut (Jain *et.al*,2010) identifikasi individu berfungsi untuk mengenali seseorang melalui identitas yang dimilikinya. Lebih lanjut dikatakan bahwa system pengenalan seseorang dengan fitur biometrics merupakan suatu sistem pengenalan pola sehingga

tercipta suatu identifikasi personal dengan cara menetapkan autentisitas karakteristik-karakteristik psikologis dan perilaku yang dimiliki suatu individu. Idealnya suatu system *biometric* memiliki ciri-ciri: *universal, permanent, distinctive, robust, dan acceptable* (Haiping *et.al.*, , 2009).

Dalam penelitian kali ini akan digunakan fitur biometric wajah untuk sistem pengamanan pengganti password yang berbasis teks. Pengembangan teknik pengenalan wajah atau *face recognition* cukup sulit karena wajah manusia sangat kompleks, multidimensi, dan sering berubah sesuai dengan perubahan lingkungan dan situasi. Oleh karena itu, pembuatan sistem otomatis pengenalan wajah dan atau ekspresi wajah merupakan tantangan bagi para ahli sampai dengan saat ini. *Biometrics* merupakan teknologi pengenalan diri dengan menggunakan bagian tubuh atau perilaku manusia. Contohnya yaitu dengan pengenalan sidik jari, retina, iris, pola dari wajah (Jain *et al.*, 2010). Salah satu cirri biometric yang paling banyak digunakan dalam peneltian-penelitian selama ini adalah ciri wajah (face) seperti untuk face detection dan face recognition (Kwok-Wai *et.al.*, 2001; Debnath, *et.al.*, 2009).

Ekspresi wajah dianggap sebagai salah satu cara berkomunikasi dan mengutarakan emosi dari seseorang kepada orang lain. Terdapat enam macam ekspresi wajah yaitu: senang, terkejut, takut, marah, sedih, dan kecewa (Li dan Tivive, 2010). Sementara itu Arulogun (Arulogun, *et.al.*, 2008) menyatakan bahwa *face recognition systems* atau sistem pengenalan wajah telah diperkenal hampir 50 tahun yang lalu, pengenalan wajah merupakan satu cabang dari bidang *pattern recognition* dan *computer vision*. Face recognition juga merupakan salah cabang dari sifat *biometrics* manusia.

2
Dengan semakin tingginya angka kriminalitas dan pencurian yang terjadi saat ini, menyebabkan sistem keamanan menjadi kebutuhan yang mutlak untuk diterapkan, untuk itu dibutuhkan suatu perangkat sistem keamanan yang dapat menjaga *full time* untuk melindungi

asset dan privasi yang kita miliki. Sehingga diharapkan dengan aplikasi sistem keamanan tersebut dapat memberikan rasa aman dan nyaman untuk kita, selain hal tersebut tentunya dengan aplikasi sistem keamanan maka dapat menekan angka kriminalitas yang terjadi di masyarakat baik pencurian maupun kejahatan yang lain.

Pintu menjadi hal yang paling penting dalam sistem keamanan rumah, perusahaan, dan kantor-kantor pemerintah, dan gedung – gedung penting lainnya hal ini karena fungsi pintu sebagai access utama untuk masuk. Adanya pemasangan sistem keamanan pada pintu tersebut merupakan suatu bentuk otomatisasi sebagai dampak positif dari perkembangan teknologi. Dengan otomatisasi tersebut maka peran manusia akan digantikan oleh suatu alat atau mesin, karena pada dasarnya pintu gerbang akan terbuka sendiri jika password yang dimasukkan benar sehingga diharapkan nantinya setiap pintu tidak harus dijaga terus-menerus oleh manusia karena sistem ini juga telah dilengkapi dengan alarm yang akan berbunyi jika pintu dibuka secara paksa. Penggunaan password untuk masuk atau access merupakan inti dari sistem keamanan ini karena dengan password itulah kita dapat membuka pintu gerbang.

Namun sistem pengamanan terutama pengamanan pintu dengan menggunakan password berbasis teks mempunyai banyak kelemahan diantaranya adalah mudah di-“hack” atau mudah diketahui oleh orang yang tidak berhak. *Text-based password* yang sampai saat ini masih digunakan sebagai pengamanan (security) baik dalam sistem komputer sendiri maupun untuk dalam bidang – bidang lain seperti perbankan, perdagangan, manufacturing, dan sistem airport mempunyai banyak kelemahan. Password yang berupa alpanumerik mudah di-hack atau dicuri oleh orang yang tidak berhak menggunakannya. Berbagai masalah yang ada pada password berbasis text antara lain jika password terlalu panjang dan kompleks maka akan sukar diingat dan mudah lupa, jika terlalu pendek akan mudah digunakan oleh orang lain.

Oleh karena itu diperlukan sistem penganan yang dapat menggantikan sistem lama (berbasis teks) yang selama ini masih banyak digunakan. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan dicoba memperkenalkan bentuk autentikasi atau password dengan menggunakan sifat biometric yang dapat mendemonstrasikan “*who you are*”, biometric dapat berupa sidik jari, retina, telinga, wajah, dan sebagainya. Sifat biometrics wajah atau *face recognition* secara real time dengan menggunakan teknik *content based image retrieval* akan dikerjakan dalam penelitian ini. Penelitian akan dikerjakan dengan beberapa teknik dengan menggunakan prinsip-prinsip manfaat dari metode face recognition atau prinsip-prinsip yang telah digunakan secara luas dalam indentifikasi tidak kriminal dan *surveillance*.

Pengolahan citra dan video (*image and video processing*) merupakan teknik yang belum banyak diunakan oleh peneliti, dimana bidang ini dapat digunakan untuk pembuatan sistem keamanan yang tinggi (*high secure system*) seperti pengamanan di bank-bank, kawasan militer, departemen pertanahan, kawasan industry berskala nasional dan international, dan lain-lain, (Arulogun1,*et.al.*, 2009).

Deteksi wajah manusia dan ekstraksi fitur wajah untuk citra grayscale lebih sulit dikerjakan karena sifat dan karakteristik tone warna kulit tidak tersedia. Deteksi wajah merupakan langkah penting dalam bidang computer vision, biometrics, recognition dan aplikasi multimedia seperti *face tracking*, *face recognition*, dan *video surveillance*. (Anila dan Devarajan, 2010). Pengenalan wajah mempunyai dua aplikasi utama yaitu: verifikasi dan indentifikasi. Verifikasi semata-mata mencocokkan data baru seseorang dengan data yang ada didatabasanya (*one to one*) dan umumnya menghasilkan dua keadaan yaitu *true* atau *false*. Sedangkan indentifikasi mengenali seseorang dengan keputusan berdasarkan tingkat kedekatan atau kemiripan.

Sistem keamanan atau security dengan mengenali seseorang, memberikan informasi kesamaan atau similarity data yang sebenarnya (wajah tampak yang telah tersimpan didalam database) dengan teknik CBIR. Selain itu sistem ini juga menghasilkan sebuah aplikasi keamanan data dari pencurian atau kriminalitas secara runtime dengan pengenalan seseorang melalui wajahnya untuk meningkatkan keamanan pada tempat – tempat penting melalui pintu. Dan Mengkaji penerapan metode CBIR untuk meningkatkan keamanan dengan penenalan wajah.

Sistem keamanan cerdas berbasis face recognition dengan menggunakan teknik CBIR/CBVR. Sistem aplikasi yang dihasilkan diharapkan dapat membantu pengamanan tempat - tempat penting atau objek - objek vital lainnya. Aplikasi diharapkan juga dapat digunakan untuk kompleks atau perumahan yang sekarang banyak dan tersebar diseluruh kota – kota besar. Sistem aplikasi yang diharapkan dapat berjalan dengan dual platform baik windows maupun *open source*, sesuai dengan kebutuhan *end user*.

Sistem keamanan sebenarnya sudah banyak sekali seperti sistem keamanan yang berbasis teks, tetapi keamanan waktu nyata dengan deteksi wajah untuk keamanan pintu atau tempat – tempat penting lainnya masih sangat jarang digunakan. Oleh karena itu sistem keamanan ini sangat penting diterapkan. Prinsip kerja dari sistem keamanan ini didasarkan pada hasil simalirity data wajah yang berada didatabase dengan wajah yang dideteksi untuk keamanan pintu. Sistem ini dikembangkan mengingat semakin tinggi *unauthorized* orang dapat memasuki ruang-ruang atau gedung-gedung penting baik di instasi pemerintah mauapun swasta. Sehingga terjadi banyak criminal seperti pernah terjadi gedung MA, KPK, Istana Negara, Bank, kantor polisi , dan bahkan di gedung-gedung di zona militer yang memerlukan sistem keamanan yang tinggi.

Sistem pengenalan wajah telah banyak menarik perhatian banyak peneliti baik di Indonesia maupun negara lain. Keefektifan pencarian dilakukan dengan mengukur similaritas atau tingkat kesamaan antara citra wajah query (referensi wajah) dengan citra wajah yang ada didalam database, maka digunakan rumus *Euclidean distance*. Algoritma yang dipakai dalam penelitian adalah fitur – fitur wajah dan bukan wajah juga diterapkan sehingga menghasilkan hasil yang cukup akurat.

Namun demikian bukan berarti penelitian yang telah dikerjakan selama ini telah selesai dan tidak ada kelanjutannya lagi. Penelitian-penelitian yang telah dikerjakan selama ini masih perlu dilanjutkan dengan riset-riset lain, karena bidang face recognition dengan menggunakan teknik CBIR dan CBVR masih belum dikerjakan oleh banyak peneliti. Penelitian akan dilanjutkan dengan teknik face recognition dengan teknik CBIR dan CBVR yang masih banyak yang belum dikerjakan, penelitian selanjutnya untuk masa mendatang akan mempelajari bidang biometrics bersamaan dengan teknik CBIR/CBVR untuk *human future identification*. Penelitian di masa yang akan datang fokus pada bagaimana sistem keamanan (security system) berbasis sifat-sifat biometrics seperti berbasis wajah, retina, finger print, palm, gerakan tubuh atau gesture.

7.2 Pengenalan Wajah

Face recognition atau pengenalan wajah, khususnya pengenalan wajah pelaku tindak kejahatan merupakan bidang yang populer dan banyak menarik para ahli dibidang biometrik..Banyak penelitian tentang pengenalan wajah telah dilakukan sampai dengan saat ini para ahli *image processing* diantaranya adalah Marcialis (Marcialis dan Roli, 2004; Byung-Joo, 2005). Sementara itu Qin (Qin et.al., 2006) menjelaskan tentang teknik otomatisasi sistem pengenalan wajah seseorang didalam lingkungan waktu nyata dengan menggunakan metoda hirarki citra *wavelet*.

Face recognition dikerjakan dengan menerapkan teknik image retrieval yaitu dengan cara memasukan citra query ke dalam sistem dimana sistem mengimplemtasikan image retrieval berdasarkan fitur yang digunakan dalam deteksi wajah. Dalam penelitian, mereka menggunakan database yang berisi citra wajah dengan berbagai ekspresi seperti ekspresi normal / netral, marah, berteriak, kecewa, stress, dan tertawa. (Irianto, *et.al.*, 2013). Sedangkan Bhaumik (Bhaumik *et.al.*, 2010) telah menganalisa dan deteksi wajah dengan menggunakan teknik *distance classifier* . Dalam metode ini, mereka menghitung perbedaan posisi-posisi dan ukuran fitur-fitur wajah seperti mata, hidung, mulut, dan jidat dengan teknik *Principle Component Analysis* (PCA).

Kebanyakan peneliti mengemukakan bahwa untuk mendeteksi suatu wajah terdapat beberapa faktor yang harus dipertimbangkan agar hasilnya akurat, factor-faktor tersebut termasuk didalamnya warna background dan warna iluminasi dari kulit. (Peng, *et.al.*, , 2010) dalam penelitian nya menggunakan metode *Gamma Corrective* untuk menghilangkan pengaruh warna iluminasi kulit sehingga memudahkan un tuk mendeteksi wajah berdarakan struktur mata, hidung, dan mulut. Lebih lanjut mereka menngemukakan bahwa ekspresi wajah akan menjadi kunci teknologi pada bidang *human computer interaction* sejalan dengan cepat perkembangan bidang computer vision dan artificial intelligent, (Patilet.*al.*, 2010).

Content-based image retrieval (CBIR) atau pencarian citra digitalberdasarkan fitur isi telah banyak menarik perhatian para ahli danpengembangan algoritmanya langsung dari domain DCT telah banyakdipublikasikan. Namun metoda yang ada sampai saat ini masih jauh darimemuaskan seperti yang diharapkan. Irianto (Irianto dan Hasibuan, 2010) menggunakan teknikCBIR yang berbasis fitur DCT untuk pengenalan citra wajah bagi keperluanidentifikasi pelaku kriminal. Fitur koefisien DCT akan di-ekstrak untukmembangun suatu histogram yang selanjutnya digunakan untuk *matching*

wajahreferensi (*image query*) dengan wajah yang ada di dalam database.

Penelitian telah dikerjakan (Irianto *et.al.*, 2013) dengan menggunakan CBIR untuk mengenal apakah seseorang sedang mengalami gangguan jiwa atau stress dengan membuat pattern ekspresi wajah yang mengalami gangguan jiwa. Disini untuk menentukan seseorang sedang mengalami gangguan jiwa dikerjakan dengan membandingkan citra training dan citra yang ada di dalam database. Perbandingan dikerjakan dengan *i.* mendeteksi nilai tertinggi dari citra simetrisradial dan simetri regular, *ii.* Lokasi mata dan mulut, dan *iii.* deteksi daerah tengah wajah. Dalam penelitian mereka, langkah pengenalan wajah atau face recognition dikerjakan untuk mengimplementasi image retrieval kedalam sistem dengan mengimplementasikan fitur face detection. Database digunakan dalam penelitian Irianto (Irianto, 2013) merupakan data wajah dengan bermacam-macam ekspresi seperti wajah normal, marah, histeris, tertawa. Sementara dalam mencari citra wajah yang sedang mengalami gangguan jiwa digunakan algoritma yang menggunakan fitur yang ada dalam koefisien DCT, dimana setiap koefisien DCT merupakan satu vector yang mengandung energi untuk membuat sebuah histogram dalam proses matching.

Menurut Jyh-Yeong dalam (Chang,2001),ekspresi wajah dideteksi berdasarkan perbedaan antara fitur titik dan fitur jarak. Oleh karena itu sistem yang dibuat biasanya untuk mengenal dan memperoleh fitur titik, sementara itu untuk mengekstrak fitur point terdapat tiga fitur wajah yang mempengaruhi ekspresi wajah, yaitu : fitur mulut, fitur wajah dan fitur alis. Lebih lanjut untuk mendeteksi tiga fitur diatas digunakan enam fitur titik yang mempengaruhi ekspresi wajah. Fitur – fitur tersebut adalah jarak antar alis dan mata, jarak antara mata kiri dan kanan, jarak antara dua alis, jarak antara alis dan mulut.

7.3 Intelligent System

Menurut (Bezdek, 2009) mendefinisikan intelligent sistem sebagai komputasi dari intelligent yang berkaitan dengan perhitungan data *low-level* dan mempunyai komponen *pattern recognition* tapi tidak menggubah knowledge dari bidang kecerdaan buatan. Lebih lanjut dikatakan sistem cerdas mencakup komputasi adaptive, komputasi fault tolerance, kecepatan seperti cerdasnya manusia, dan tingkat kesalahan (error) kinerja. Sedangkan menurut (Eberhart et.al., 1996) menyatakan bahwa intelligent system adalah merupakan suatu metodologi yang berkaitan dengan komputasi baik dengan computer, brainware, dan lain-lain yang dapat atau mempunyai kemampuan “learn” dan atau dengan situasi atau kondisi-kondisi baru. Dalam definisi ini, sistem berfungsi untuk menyediakan satu atau lebih atribut alias seperti generalisasi, di penemuan (discovery), asosiasi atau association, dan abstraksi atau abstraction.

7.4 Pengenalan Ekspresi Wajah

Pengenalan ekspresi wajah pada penelitian kali ini akan didasarkan pada matching antara citra wajah dan citra dalam database. Untuk itu dalam penelitian ini akan kami gunakan teknik atau metoda *Principle Component Analysis* (PCA) dan Bayesian Classifier untuk pengenalan wajah. Disini kita meng-ekstrak sejumlah salient geometric dari garfik wajah untuk merepresentasikan fitur bentuk, tekstur warna, dan ukuran serta posisi relative dari hidung, mata, alis, dan permukaan atau kontur dari wajah serta vector tekstur yang dinormalisasikan dengan bentuk.

Untuk membuat metoda ini sederhana, maka kita misalkan $G \in R^{N1}$ dan $I \in R^{N2}$ masing-masing merupakan bentuk dan vektor tekstur, dimana $N1$ dan $N2$ adalah panjang vektor untuk bentuk dan tekstur. Fitur vektor yang digunakan dalam teknik ini adalah hampir sama dengan fitur-fitur yang digunakan untuk pengenalan berbasis foto dalam model bentuk. Setelah itu Eigenspaces untuk bentuk dan

tekstur dihitung dari sketsa training. Dalam PCA Classifier, fitur vektor diproyeksikan ke eigenspaces untuk memperoleh fitur dengan dimensi kecil, sehingga: $x = E_G(G - m_G)$, $y = E_I(I - m_I)$

Dimana E_G dan E_I adalah matrik Eigenvector dari bentuk dan tekstur, sedangkan m_G dan m_I merupakan rata-rata dari bentuk dan tekstur . Selanjutnya fitur bentuk dan tekstur dinormalisasi dan embentuk

suatu kombinasi fitur seperti berikut:
$$z = \left[\frac{X^T \cdot Y}{\|x\| \|y\|} \right]$$

Dalam penelitian ini digunakan citra wajah yang sudah dipadatkan , untuk pengideksan kunci (indexing key) citra JPEG dapat dihitung dengan menggunakan formula berikut :

$$h_i = \frac{\sum_{i=1}^N (DCT_i)^2}{N}$$

Dimana h_i adalah elemen ke i dari vektor, dan *indexing key* dapat dijelaskan sebagai berikut: $H_1 = \{h_0, h_1, \dots, h_{63}\}$, sedangkan untuk menghitung Euclidean distance dapat dihitung dengan formula,

$$d(h_q, h_k) = \left(\sum_{i=1}^N \frac{|h_i^q - h_i^k|}{64} \right),$$

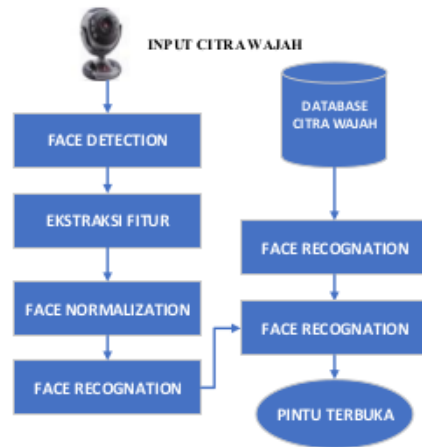
$d(h_q, h_k)$ adalah jarak antara citra referensi dan citra dalam database.

Pendekatan Eigenfaces dilakukan untuk ekstrasi fitur – fitur vektor yang nantinya akan kita gunakan untuk menklasifikasikan generating pattern wajah. Secara sederhana Eigenfaces mempunyai prosedur sebagai berikut: i). Pertama diasumsikan bahwa citra wajah latihan (*training set images*) adalah $I_1, I_2, I_3, \dots, I_n$. Dimana setiap citra wajah mempunyai dimensi $I(x,y)$, kemudian setiap citra wajah dikonversi menjadi vektor yang mempunyai matrik $(m \times p)$, dan m merupakan jumlah dari citra wajah latihan sedangkan p adalah $p \times y$. ii). Setelah

itu hitung Mean atau rata dari matrik wajah. iii). Setelah itu hitung setiap Matrik wajah dengan Mean. iv). Setelah itu dikerjakan transformasi matrik, sehingga vektor matrik akan berkurang. v). Kemudian dihitung Eigenvektor dan Eigenvalues sehingga berdasarkan eigenfaces ini setiap citra akan mempunyai vektor wajah, vi). Akhirnya citra wajah akan dapat direkonstruksi atau dibentuk dengan vektor masing-masing dan vektor-vektor sebelumnya.

7.5 Image Retrieval

Menurut (Ni Nyoman Budiasih, 2013) image retrieval adalah suatu sistem penemuan kembali informasi dalam bentuk citra dengan mengukur kemiripan antara citra yang tersimpan dalam basis data dengan citra query yang dimasukkan oleh pengguna. Image retrieval adalah suatu sistem penemuan kembali informasi dalam bentuk citra (gambar) dengan mengukur kemiripan (similarity) antara citra yang tersimpan dalam basis data dengan citra query yang dimasukkan oleh penggunanya. Pembuatan sistem cerdas ini bertujuan memberikan informasi kesamaan atau similarity data yang sebenarnya (wajah tampak depan yang telah tersimpan didalam database) dengan teknik CBIR. Selain itu penelitian ini juga menghasilkan sebuah aplikasi keamanan data dengan pengenalan seseorang melalui wajahnya untuk meningkatkan keamanan pada tempat – tempat penting melalui pintu. Sistem yang dibuat cukup akurat untuk pemanggilan data image (*retrieve*) yang sulit dimanipulasi. Dan adanya sistem keamanan berbasis sistem cerdas menggunakan metode CBIR. Manfaat lain dari penelitian ini dapat membantu pihak manajemen dalam keamanan tempat – tempat penting atau objek vital lainnya seperti perumahan, bank – bank dan tempat rahasia lainnya.



Gambar 7.1 Sistem face recognition untuk pembuka pintu dengan teknik CBIR

9

Dalam pembuatan aplikasi, penelitian kali ini menggunakan model *Waterfall*. Model *Waterfall* merupakan model pengembangan sistem yang mencakup tahapan system requirement, analysis, design, implementasi, testing, dan maintenance. Sementara itu untuk model Proses Sistem yang akan diusulkan digambarkan dalam bentuk model *SDLC* dan *Flowchart* general proses.



Gambar 7.2 Tahapan pengembangan system

7.5.1 Planning dan Analysis

Dalam pembuatan sistem cerdas ini telah digunakan *ground truth* lebih dari 10.000 citra wajah dengan berbagai pose atau posisi dan berbagai ekspresi dan 100 frame citra. Database yang dibangun terdiri dari citra wajah normal (menghadap tegak lurus atau 90 derajat ke muka), dan citra wajah yang tidak normal atau dengan penghalang (obstacles), seperti wajah dengan memakai topi, kacamata, menghadap kesamping, dan wajah yang tertutup cadar. Citra wajah akan dikumpulkan dari berbagai sumber seperti dari kepolisian, pemerintah desa, kecamatan, dan kota, internet, dan langsung dilapangan.

7.6 Desain Development

7.6.1 Teknik Haar Classified Facial Tracking System

38

Haar Cascade adalah suatu teknik yang menggunakan fitur persegi, yang memberikan indikasi secara spesifik pada sebuah gambar atau *image*. Algoritma Haar menggunakan metode statistical dalam melakukan pendeteksian wajah. Metode ini menggunakan *sample haar like fetures*. Nilai dari *Haar-like feature* adalah perbedaan antara jumlah nilai-nilai piksel gray level dalam daerah kotak hitam dan daerah kotak putih, persamaan Like dapat ditulis sebagai $f(x) = SumBlack\ rectangle - SumWhite\ rectangle$, dimana $f(x)$ adalah Nilai Haar-like, sedangkan *SumBlack rectangle* adalah Jumlah pixel hitam pada gray level dan *SumWhite rectangle* adalah jumlah pixel putih pada gray level. Jika nilai perbedaannya itu diatas nilai ambang atau *threshold*, maka dapat dikatakan bahwa fitur tersebut ada.

7.6.2 Perhitungan Similarity Fitur Warna, Tekstur, dan Bentuk

Untuk menghitung Euclidean distance antara histogram warna g dan histogram warna h, digunakan rumus berikut ini:

$$d^2(h, g) = \sum \sum \sum (h(a, b, c) - g(a, b, c))^2$$

Untuk pencarian atau matching citra query dengan citra yang ada dalam database akan kita gunakan metoda yang diperkenal oleh Castelli (Castelli & Bergman, 2006), yaitu metode Markov Random Field. Metode MRF ini dicirikan oleh struktur geometris dan besarnya kekuatan interaksi diantara piksel yang berdekatan, dalam metode ini tekstur dapat fungsi regresi sebagai berikut:

$$g(x, y) = \sum_{(m,n) \in N} a(m, n) g(x + m, y + n) sw(x, y)$$

Dimana N adalah banyak parameter *structure similarity measure* karakteristik dari setiap pixel atau koefisien DCT, (x, y) adalah probabilitas signal dalam setiap piksel Sementara untuk menghitung similarity dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$D(g, p) = \sum_{t=1}^T f_{g,t} \log \frac{f_{g,t}}{f_{q,t}}$$

Dimana $D(g, q)$ merupakan selisih antara dua fungsi sebaran, $\mathbf{f}_g = (f_{g,t} : t=1, \dots, T)$ dan $\mathbf{f}_q = (f_{q,t} : t=1, \dots, T)$, kemudian kemiripan didapat dari rata-rata $D(g, q)$ dan $D(q, d)$.

Untuk mengukur kemiripan berdasarkan struktur, dalam penelitian akan digunakan metoda (SSIM). Kemiripan atau similarity diukur

berdasarkan hubungan antara dua objek, yaitu fungsi struktur kemiripan dan fungsi content. Sementara itu kemiripan struktur atau structure similarity diukur berdasarkan struktur dari dua objek, (Jana et.al., 2009). Sheik (Sheikh et al. [2006] menyatakan bahwa untuk itung similarity berbasis struktur dapat digunakan persamaan dibawah ini:

$$SSIM(X,Y) = \left(\frac{2\mu_x\mu_y + C_1}{\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1} \right) \left(\frac{2\sigma_x\sigma_y + C_2}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2} \right) \left(\frac{\sigma_{xy} + C_3}{\sigma_x + \sigma_y + C_3} \right)$$

Dimana μ_x adalah mean (rata-rata) x dan μ_y adalah mean dari y. σ_x dan σ_y adalah standar x dan y, sedangkan σ_{xy} adalah kovarian dari x dan y, C_1, C_2 dan C_3 konstanta. SSIM adalah *Structure Similarity Measure* atau ukuran untuk menentukan kemiripan berdasarkan fitur struktur.

7.7 Matching Kemiripan

23

Untuk menghitung kemiripan (*similarity*) antara citra query dengan citra wajah yang ada dalam database secara langsung diperlukan biaya yang cukup mahal dalam arti algoritma yang kompl eks dan proses yang cukup lama. Untuk mengatasi masalah ini, maka dalam penelitian ini dilakukan tiga tahapan dalam matching citra wajah, yaitu :

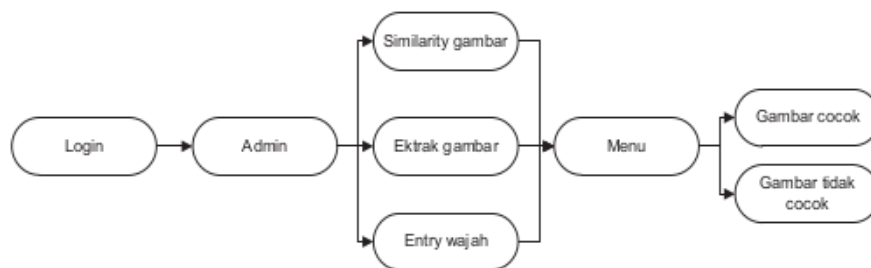
1. Pertama mencari kemiripan topologi dari wajah query dengan wajah dalam database yang merupakan filter.

2. Kedua penggunaan informasi untuk memperbaiki calon citra wajah yang akan terpanggil
3. Dan yang terakhir metoda penghitungan **matching** dikerjakan untuk menentukan kemiripan (similarity) antara citra query dengan citra wajah yang ada dalam database.

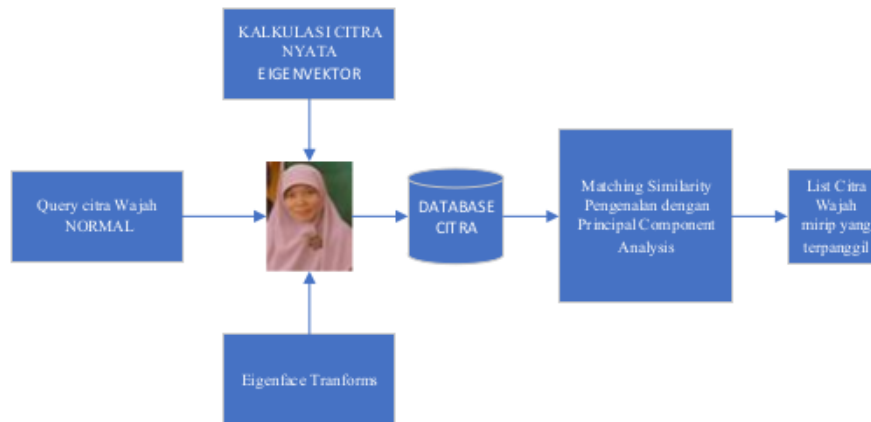
Sementara itu untuk mengukur efektivitas dari pencarian gambar dengan menggunakan precision dan Recall, precision adalah jumlah citra yang mirip yang terpanggil dibagi dengan semua citra yang terpanggil (*retrieved*). Sedang Recall adalah jumlah citra yang terpanggil dibagi dengan jumlah citra yang dalam kategori, (Cho, 2004).

$$p = \frac{a}{z} \quad r = \frac{b}{y}$$

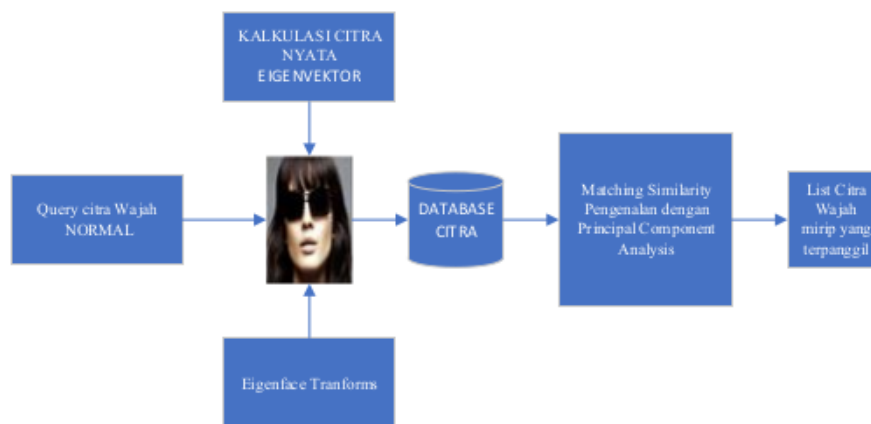
Dimana p adalah precision dan r adalah recall, sementara a adalah jumlah citra yang relevan atau mirip terpanggil, z adalah jumlah semua citra yang terpanggil, dan y jumlah citra relevan yang ada dalam database. Dalam penelitian tahun pertama digunakan wajah normal atau wajah tanpa penghalan (obstacles) sementara tahun ke dua menggunakan wajah dengan obstacles.



Gambar 7.3 Aplikasi proses kemiripan



Gambar 7.4 Sistem pengenalan wajah tanpa penghalang

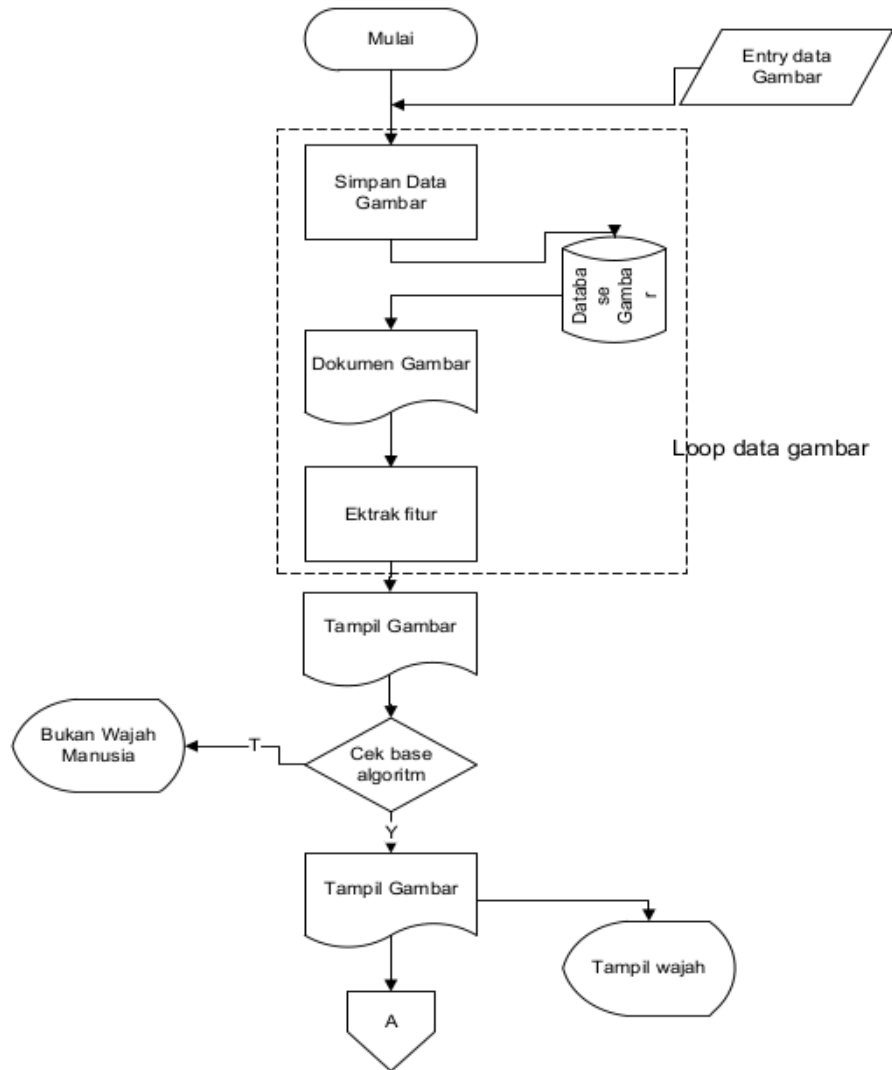


Gambar 7.5 Sistem pengenalan wajah dengan obstacles

7.8 Flowchart Alur Proses Ekstrak Fitur Wajah

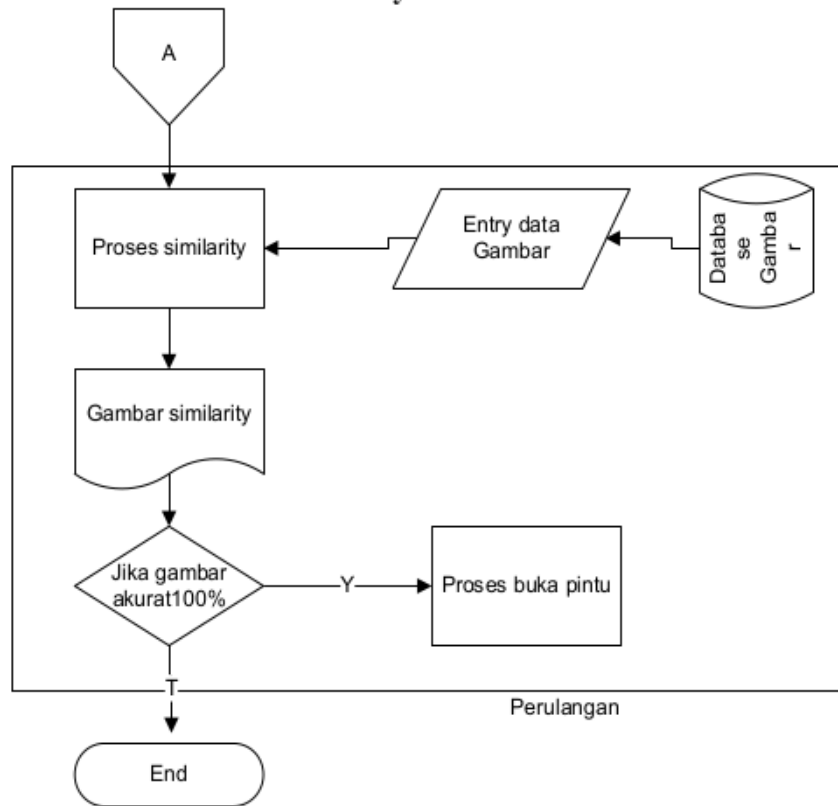
Secara umum proses ekstrak fitur wajah dimulai dengan pengumpulan data-data yang berhubungan dengan data wajah manusia, proses pengumpulan ini melalui proses capture melalui manual dan langsung melalui IPcamera, data yang sudah di kumpulkan di simpan dalam database gambar, sehingga menghasilkan kumpulan image/gambar wajah yang disimpan secara temporari di dalam aplikasi, gambar wajah dapat dipanggil/retrieve

dan di display secara langsung, proses ini dijelaskan pada gambar 7.6.



Gambar 7.6 Alur Prose Ekstrak Fiture Wajah

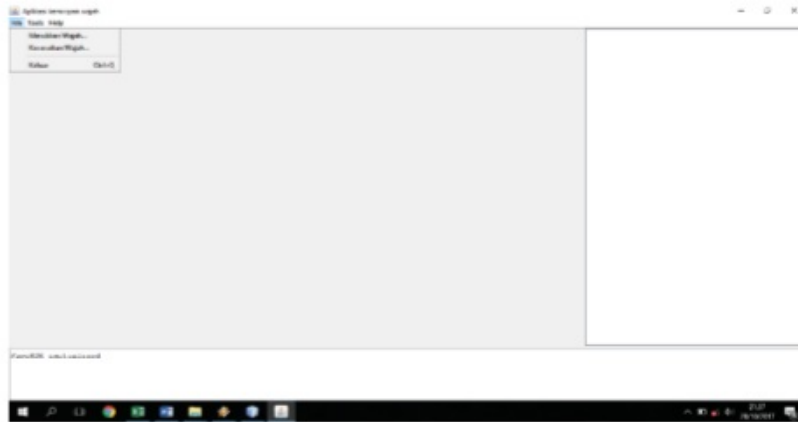
7.9 Flowchar Proses Similarity



Gambar 7.7 Proses similarity

7.10 Aplikasi Similarity

Pencarian gambar dengan membaca gambar/citra query, mengekstrak fitur gambar dengan fitur dalam database. Kemudian membandingkan fitur citra query dengan fitur gambar dalam database. Selanjutnya menghitung nilai similarity antara citra query dengan fitur gambar dalam database dengan metode CBIR. Tampilan home aplikasi similarity dapat dilihat pada gambar 7.8 berikut :



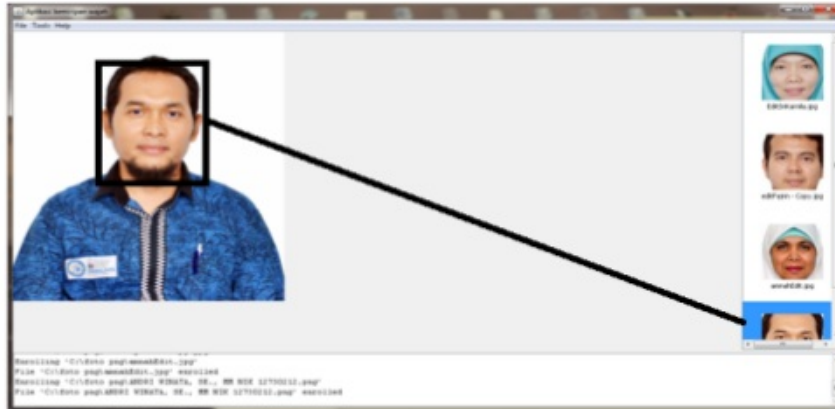
Gambar 7.8 Tampilan Home

Tampilan home yaitu tampilan awal untuk eksekusi input gambar, kemudian dengan metode CBIR, mulai ekstrak gambar, dan similarity sampai 100%.



Gambar 7.9 Lokasi penyimpanan gambar yang telah disimpan

Proses penyimpanan gambar diawali dengan membaca gambar yang akan disimpan dalam database, dengan format *.jpg, praproses adalah mengekstrak citra untuk mendapatkan yang bersih dari noise.



Gambar 7.10 Input data Gambar

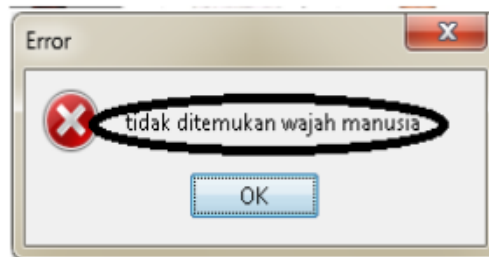
Sistem pengenalan wajah/aplikasi yang dibuat seperti terlihat pada gambar diatas menunjukkan bahwa aplikasi dapat mengenali wajah secara tepat, langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut: memasukkan citra/gambar yang mengandung unsur wajah yang dilakukan sebanyak data yang ada.

Output aplikasi dapat berupa antar muka yang menunjukkan kesesuaian data gambar, hal ini terjadi jika similarity 100% maka keluar output selamat datang seperti pada rancangan gambar dibawah gambar 7.11



Gambar 7.11 Output Sistem Similarity 100%

Jika input image/gambar bukan wajah maka sistem dapat melakukan pengenalan secara otomatis, input pengenalan dapat memberikan validasi error sebagaimana ditunjukkan pada gambar di bawah dengan notifikasi: “tidak ditemukan wajah manusia”.



Gambar 7.12 Validasi Input data Image

Proses pengecekan matching data pada image retrieval dengan cara mencari nilai similarity pada database content yang sudah di sediakan melalui proses input wajah pada database content.



Gambar 7.13 Menu Input data content wajah

Proses validasi data yang dikenali sistem sebagai data wajah yang ada pada content database melalui keterangan selamat datang kepada image yang di kenali. Sebaliknya proses validasi data yang tidak dikenali oleh sistem sebagai data wajah yang ada pada content database melalui keterangan data tidak dikenali, sebagaimana ditunjukkan pada gambar di bawah.



Gambar 7.14 Output Sistem similarity tidak sama dengan 100%

Hasil similarity pada produk terapan ini dapat di gunakan untuk mendeteksi wajah akurat menggunakan IP camera dan sistem cerdas dengan teknik CBIR.

7.11. Latihan

1. Beri contoh cara menghitung nilai – nilai piksel gray dengan menggunakan teknik Haar Classified facial tracking system !
2. Jelaskan secara ringkas tahapan dalam matching citra wajah

DAFTAR PUSTAKA

- 13
Anil K. Jain, Arun Ross, and Salil Prabhakar.2004. An Introduction to Biometric Recognition.IEEE Transactions on Circuits and Systems forVideo Technology, vol. 14, no. 1, January2004, pp. 4-20.
- 29
Bezdek J.C. 1994. What is computational intelligence?. In: J.M. Zurada, R.J. Marks II, and C.J. Robinson, Eds., Computational Intelligence, Imitating Life, IEEE Computer Society Press, pp. 1-12, 1994.
- 5
Bhaumik G, Mallick T, Chowdhury K S, r. Sanyal G . 2010. Analysis and Detection of Human Faces by using Minimum Distance Classifier for Surveillance. International Conference on Recent Trends in Information, Telecommunication and Computing, pp265-267, 2010
- 44
Chang, Jyh-Yeong, Chen, Jia-Lin.2001.Automated Facial Expression RecognitionSystem Using Neural Networks. *Journalof the Chinese Institute of Engineers*.24:345-356. 2001.
- 30
Debnath Bhattacharyya1, Rahul Ranjan1, Farkhod Alisherov A and Minkyu Choi3.2013. Biometric Authentication: A Review. International Journal of u- and e- Service, Science and Technology, Vol. 2, No. 3.
- 43
Divyarajsinh N. Parmar1, Brijesh B. Mehta. 2013. Face Recognition Methods & Applications. ,Int.J.Computer Technology & Applications, Vol 4 (1),Pp.84-86
- 50
Eberhart R. P. Simpson, and R. Dobbins. 1996. Computational Intelligence PC Tools, Academic Press, Boston.
- 45
Irianto Y. Suhendro ,Sri Lestari, and Fitria. 2013. Mental Disorder Recognition Using Face Based Image Retrieval Technique In The Compressed Domain. International Journal Of Computers & Technology, Vol 12, No.1, Pp. 201-210., ISSN 2277-3061.

Irianto Y. Suhendro, T.M. Zaini, and Sri Karmila. Face Image Retrieval Approach for Criminal Identification in the DC Domain. World Academy of Science, Engineering and Technology 82 2013, .Pp.1480-1483

37

Irianto Y. Suhendro. 2009. Keyword And Image Content Features For Image Indexing And Retrieval Within Compressed Domain. *Jurnal Informatika Vol. 10, No. 2, November 2009: 73-78. ISSN. 1411-0105.*

Irianto Y. Suhendro. 2013. Segmentation for Image Indexing and Retrieval on Discrete Cosines Domain. *Jurnal TELKOMNIKA, Vol.11, No.1, pp. 119~126. ISSN: 1693-6930*

Irianto Y. Suhendro. 2011. Penerapan Metode Content Based Image Retrieval Untuk Otomatisasi Pembuatan Paspor.. Prosiding : Seminar Nasional Sains & Teknologi – IV, Hotel Marcopolo, Bandar Lampung, 29-30 November 2011, Pp. 141-150. ISBN.978-979-8510-34-2

Irianto Y. Suhendro Y dan Muhammad S. Hasibuan. Sistem Pencarian Citra Wajah Untuk Pengenalan Wajah Pelaku Kejahatan Dengan Teknik Content Based Image Retrieval. 2010. Prosiding : Seminar Nasional Sains & Teknologi – III, Lembaga Penelitian – Universitas Lampung, 18 – 19 Oktober 2010. Pp. 406-414. ISBN. 978-979-8510-20-5

21

Haiping Lu, Karl Martin, Francis Bui, K. N. Plataniotis, Dimitris Hatzinakos. 2009. Face recognition with biometric encryption for privacy-enhancing self-exclusion. *Proceeding of Proceedings of the 16th international conference on Digital Signal Processing, Pp.625-632, IEEE Press Piscataway, NJ, USA. ISBN: 978-1-4244-3297-4*

21

Kwok-Wai Wong, Kin-Man Lam, and Wan-Chi Siu. 2002. An efficient algorithm for human face detection and facial feature extraction under different conditions. *Pattern recognition (34) Elsevier. Science Direct. Pp. 1993-2004*

42

Li. Phung, and Bouzerdom Tive. 2010. Automatic Recognition of Smiling and Neutral Facial Expressions. Digital Image Computing: Techniques and Applications, Australia, pp.581-586, 2010.

49

Long Fuhui, Hongjiang Zhang, David Dagan Feng. 2003. [Fundamentals Of Content-Based Image Retrieval](#), Springer Berlin Heidelberg

36

Arulogunl O.T E.O. Omidioral ,, O.M. Olaniyi,, and A.A. Ipadeola3. Development of Security System using Facial Recognition. The Pacific Journal of Science and Technology. Volume 9.Number 2.

PatilK, GiripunjeS , BajajPR .Facial Expression Recognition and Head Tracking in Video Using Gabor Filter”, Third International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology, pp 152-157, 2010.

5

Peng Zhao-Yi, Zhu Yan-Hui, Zhou Yu. Real-time Facial Expression Recognition Based on Adaptive Canny Operator Edge detection”, 2010 Second International Conference on MultiMedia and Information Technology, pp 154-157, 2010.

35

S. Anila, and N. Devarajan. 2010. Simple and Fast Face Detection System Basedon Edges. *International Journal of Universal Computer Sciences (Vol.1-2010/Iss.2).*54=5

Setiawardhana, bNana Ramadijanti, cPeni Rahayu.2012. Facial Expressions Recognition Using BackpropagationNeural Network For Music Playlist Elections, Vol. 6, No. 3.

5

Shan T, Chen S, Sanderson C, Lovell B C, .Towards Robust Face Recognition For Intelligent-Cctv Based Surveillance Using One Gallery Image”, pp470-475, 2007.

15

Y. Zhao and Z. Ye. 2008. A Low Cost GSM/GPRS Based Wireless Home Security System. IEEE Trans. Consumer Electron., vol. 51, no. 1, Pp. 567-572.

15

Y.-K. Choi, K.-M.Kim, J.-W.Jung, S.-Y.Chun, and K.-S. Park, "Acoustic intruder detection system for home security," IEEE Trans.Consumer Electron., vol. 51, no. 1, pp: 130-138, Feb. 2005.

32

Yugashini, S.Vidhyasri, K.Gayathri Devi. 2013. Design And Implementation Of Automated DoorAccessing System With Face Recognition.International Journal of Science and Modern Engineering (IJISME), Volume-1, Issue-12,ISSN: 2319-6386

Buku Citra Digital

ORIGINALITY REPORT

16%

SIMILARITY INDEX

15%

INTERNET SOURCES

3%

PUBLICATIONS

4%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	widyahutamaandhika.blogspot.com Internet Source	1%
2	www.mysciencework.com Internet Source	1%
3	jerapahbersiultsm.blogspot.com Internet Source	1%
4	repository.akprind.ac.id Internet Source	1%
5	elrond.informatik.tu-freiberg.de Internet Source	1%
6	ijaers.com Internet Source	1%
7	library.binus.ac.id Internet Source	1%
8	simdiasseptianiputri.blogspot.com Internet Source	1%
9	elib.unikom.ac.id Internet Source	1%

10

www.research.rutgers.edu

Internet Source

<1%

11

sorisoga.blogspot.com

Internet Source

<1%

12

manualzz.com

Internet Source

<1%

13

uber.com

Internet Source

<1%

14

issuu.com

Internet Source

<1%

15

www.ijisme.org

Internet Source

<1%

16

nadiarahma10.blogspot.com

Internet Source

<1%

17

beritati.blogspot.com

Internet Source

<1%

18

news.palcomtech.com

Internet Source

<1%

19

sems6.blogspot.com

Internet Source

<1%

20

dphoto.lecturer.pens.ac.id

Internet Source

<1%

21

www.mitpressjournals.org

Internet Source

<1%

22	jurnalmat.math.fsm.undip.ac.id Internet Source	<1%
23	documents.tips Internet Source	<1%
24	vdocuments.site Internet Source	<1%
25	thiskurma.blogspot.com Internet Source	<1%
26	andreasandiyana.blogspot.com Internet Source	<1%
27	repository.unila.ac.id Internet Source	<1%
28	vdokumen.com Internet Source	<1%
29	dzitac.ro Internet Source	<1%
30	Mandeep Kaur Hans, Navjot Singh Sodha, Roop Kamal Kaur. "Enhancement of Security in Biometric System", 2019 5th International Conference on Signal Processing, Computing and Control (ISPCC), 2019 Publication	<1%
31	cybertesis.unmsm.edu.pe Internet Source	<1%

32	www.ijrte.org Internet Source	<1%
33	www.itscj.ipsj.or.jp Internet Source	<1%
34	"VipIMAGE 2019", Springer Science and Business Media LLC, 2019 Publication	<1%
35	ijettjournal.org Internet Source	<1%
36	www.ijcaonline.org Internet Source	<1%
37	www.neliti.com Internet Source	<1%
38	jurnal.upnyk.ac.id Internet Source	<1%
39	ml.scribd.com Internet Source	<1%
40	tiqatrivena.blogspot.com Internet Source	<1%
41	repository.its.ac.id Internet Source	<1%
42	www.ipcsit.com Internet Source	<1%

Submitted to American University of Beirut

43

Student Paper

<1%

44

Jyh-Yeong Chang. "Automated facial expression recognition system using neural networks",
Journal of the Chinese Institute of Engineers,
04/2001

Publication

<1%

45

cirworld.org

Internet Source

<1%

46

de.scribd.com

Internet Source

<1%

47

mafiadoc.com

Internet Source

<1%

48

Submitted to Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Student Paper

<1%

49

Ali Saleh , Ali Ibrahim. "Image Retrieval Based on Shape Similarity", University of Jordan, 2006

Publication

<1%

50

R EBERHART. "Bibliography", Computational Intelligence, 2007

Publication

<1%

51

vision.technion.ac.il

Internet Source

<1%

52

zh.scribd.com

Internet Source

<1%

53	www.vlsi.uvic.ca Internet Source	<1%
54	Submitted to Kingston University Student Paper	<1%
55	Submitted to Universitas Terbuka Student Paper	<1%
56	www.springerprofessional.de Internet Source	<1%
57	alfianhusin.co.id Internet Source	<1%
58	www.ktios.net Internet Source	<1%
59	fsmportal.pl Internet Source	<1%
60	puslit2.petra.ac.id Internet Source	<1%
61	inkphy.com Internet Source	<1%
62	wisatabuku.com Internet Source	<1%
63	The-Anh Pham, Mathieu Delalandre. "Post-processing coding artefacts for JPEG documents", International Journal on Document Analysis and Recognition (IJ DAR), 2017	<1%

64

Submitted to Universitas Sumatera Utara

Student Paper

<1%

65

Konstantinos N. Plataniotis, Anastasios N. Venetsanopoulos. "Color Image Processing and Applications", Springer Nature, 2000

Publication

<1%

66

Submitted to Visvesvaraya Technological University

Student Paper

<1%

Exclude quotes On

Exclude matches Off

Exclude bibliography On

Buku Citra Digital

GRADEMARK REPORT

FINAL GRADE

/0

GENERAL COMMENTS

Instructor

PAGE 1

PAGE 2

PAGE 3

PAGE 4

PAGE 5

PAGE 6

PAGE 7

PAGE 8

PAGE 9

PAGE 10

PAGE 11

PAGE 12

PAGE 13

PAGE 14

PAGE 15

PAGE 16

PAGE 17

PAGE 18

PAGE 19

PAGE 20

PAGE 21

PAGE 22

PAGE 23

PAGE 24

PAGE 25

PAGE 26

PAGE 27

PAGE 28

PAGE 29

PAGE 30

PAGE 31

PAGE 32

PAGE 33

PAGE 34

PAGE 35

PAGE 36

PAGE 37

PAGE 38

PAGE 39

PAGE 40

PAGE 41

PAGE 42

PAGE 43

PAGE 44

PAGE 45

PAGE 46

PAGE 47

PAGE 48

PAGE 49

PAGE 50

PAGE 51

PAGE 52

PAGE 53

PAGE 54

PAGE 55

PAGE 56

PAGE 57

PAGE 58

PAGE 59

PAGE 60

PAGE 61

PAGE 62

PAGE 63

PAGE 64

PAGE 65

PAGE 66

PAGE 67

PAGE 68

PAGE 69

PAGE 70

PAGE 71

PAGE 72

PAGE 73

PAGE 74

PAGE 75

PAGE 76

PAGE 77

PAGE 78

PAGE 79

PAGE 80

PAGE 81

PAGE 82

PAGE 83

PAGE 84

PAGE 85

PAGE 86

PAGE 87

PAGE 88

PAGE 89

PAGE 90

PAGE 91

PAGE 92

PAGE 93

PAGE 94

PAGE 95

PAGE 96

PAGE 97

PAGE 98

PAGE 99

PAGE 100

PAGE 101

PAGE 102

PAGE 103

PAGE 104

PAGE 105
