

ANALISIS POLA EKSPRESI GEMBIRA WAJAH MANUSIA

SKRIPSI

**Diajukan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan guna
Memperoleh Gelar Sarjana Sains.**



Oleh

**PANGASTOWO RAHMAT KALBUADI
10306141024**

**PROGRAM STUDI FISIKA
JURUSAN PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**

2018

PERSETUJUAN

Skripsi yang berjudul “**ANALISIS POLA EKSPRESI GEMBIRA WAJAH MANUSIA**” yang disusun oleh Pangastowo Rahmat K, NIM. 10306141024 ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diujikan.

Yogyakarta, 10 Januari 2018

Dosen pembimbing,



Agus Purwanto, M.Sc

NIP.19650813 199512 1 001

PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Pangastowo Rahmat K
NIM : 10306141024
Program Studi : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Judul Skripsi : Analisis Pola Ekspresi Gembira Wajah Manusia

Menyatakan bahwa karya tulis ini merupakan hasil karya saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata tulis karya ilmiah yang telah lazim. Apabila terbukti pernyataan saya tidak benar, sepenuhnya merupakan tanggung jawab saya.

Yogyakarta, 10 Januari 2018

Yang menyatakan,



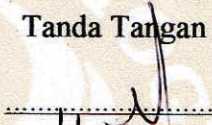
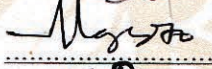

Pangastowo Rahmat K

NIM.10306141024

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “ANALISIS POLA EKSPRESI GEMBIRA WAJAH MANUSIA” yang disusun oleh Pangastowo Rahmat K, NIM. 10306141024 ini telah dipertahankan di depan Dewan Penguji pada tanggal 18 Januari 2018 dan dinyatakan lulus.

DEWAN PENGUJI

Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
Agus Purwanto, M.Sc	Ketua Penguji		24-1-2018
Dr.Eng.Rida Nur'aini M	Sekretaris Penguji		24-1-2018
Dr. Heru Kuswanto	Penguji Utama		24-1-2018

Yogyakarta, 25-1-2018

Fakultas MIPA

Dekan,



Dr. Hartono

NIP. 19620329 198702 1 002

MOTTO

A computer would deserve to be called intelligent if it could deceive a human into believing it was human (Alan Turing)

Dedikasi untuk:
Supriadi Agung dan Dwi Siwi

ANALISIS POLA EKSPRESI GEMBIRA WAJAH MANUSIA

Oleh

Pangastowo Rahmat K

10304161024

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan citra wajah dan bukan wajah, mengetahui pola morfologi wajah manusia saat menampilkan ekspresi gembira, dan merumuskan ekspresi matematis dari ekspresi gembira.

Peralihan nilai intensitas cahaya pada bagian wajah dan bukan wajah yang cukup tajam, dapat dikenakan deteksi tepi untuk membedakan bagian wajah dan bukan wajah. Citra manusia saat melakukan ekspresi gembira, mulut akan membuka ke samping pada kedua bibirnya, sedangkan mata cenderung dalam bentuk normal atau hampir memejam. Citra dapat dianalisis dengan menggunakan transformasi Fourier dimensi 2. Pola ekspresi gembira dapat diperoleh dengan mendefinisikan jarak antara kedua mata dan jarak tiap mata ke mulut. Bentuk morfologi wajah ketika ekspresi netral, dengan ketika ekspresi gembira akan memiliki perbedaan.

Citra wajah dan citra bukan wajah dapat dibedakan dengan metode deteksi tepi langsung pada citra dan juga menggunakan restorasi citra hasil dari mengubah nilai magnitudo $S(1,1)$ menjadi 0. Dengan hasil metode deteksi tepi langsung pada citra diperoleh hasil citra biner yang menunjukkan area wajah beserta *action unit*nya sedangkan dengan metode restorasi citra menghasilkan citra *gray-scale* dengan area wajah bernilai piksel 0. Ekspresi matematis dan juga pola morfologi dari citra yang melakukan ekspresi gembira adalah sebuah segitiga imajiner yang menghubungkan antara kedua mata dengan mulut dengan perubahan panjang sisi yaitu memanjang pada sisi yang menghubungkan kedua mata dan memendek pada sisi yang menghubungkan mata dengan mulut. Mata dan mulut sendiri diwakili oleh sebuah titik pusat nilai piksel dalam format citra biner.

Kata kunci: Citra, wajah manusia, mulut, mata, intensitas cahaya, nilai piksel, pola morfologi, ekspresi matematis, statistik.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.,

Syukur Alhamdulillah saya ucapkan atas rahmat yang luar biasa dari Allah SWT yang diberikan kepada saya sehingga skripsi ini dapat selesai. Skripsi dengan judul “**Analisis Pola Ekspresi Gembira Wajah Manusia**” ini dapat tersusun berkat bantuan beberapa pihak yang dengan kebaikan dan kemurahan hatinya memberikan bantuan, saran, kritik serta dorongan semangat. Dalam pengantar saya ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang besar kepada :

1. Bapak dan ibu yang telah memberikan fasilitas serta biaya yang tidak terhitung jumlahnya hingga saat ini, serta doa yang tanpa henti dirapalkan untuk saya.
2. Rektor Universitas Negeri Yogyakarta, Dekan FMIPA, Ketua Jurusan Pendidikan Fisika dan Pembimbing Akademik yang telah memberikan izin penyusunan skripsi ini serta bimbingan berupa acuan penulisan Tugas Akhir Skripsi.
3. Bapak Agus Purwanto, M.Sc sebagai Dosen Pembimbing Skripsi. Beliau dengan sabar dan telaten memberikan saran dan masukan yang sangat banyak terhadap pemilihan topik penelitian, proses penelitian, dan proses penulisan skripsi. Beberapa buku literatur juga diberikan sebagai sumber pustaka dalam proses penelitian. Dan juga waktunya yang telah diluangkan dalam memberikan bimbingan kepada saya.

4. Bapak-Ibu dosen di Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA UNY yang telah memberikan ilmunya.
5. Teman-teman prodi fisika satu kelas yang selalu memberikan masukan, dorongan dan semangat. Selalu bertanya tentang kelangsungan studi dan juga progres penelitian serta penulisan skripsi.
6. Beberapa kawan dalam forum diskusi internet (forum *MathWork*, *GiThub*, dan *python discuss*) tentang pemrograman, pengolahan citra dan pengenalan pola yang telah berbagi pengetahuan tentang penyusunan algoritma dan program komputasi.

Usaha yang maksimal telah saya berikan demi tersusunnya skripsi ini. Beberapa kesalahan dan kekurangan tetap muncul dalam skripsi ini sebab topik penelitian yang belum lazim dalam prodi fisika serta kekurangan saya sebagai manusia. Kritik dan saran niscaya dibutuhkan dalam penyusunan karya dengan topik sejenis demi kebaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 31 Desember 2017

Penyusun

Pangastowo Rahmat K

DAFTAR ISI

	hal
HALAMAN JUDUL	i
PERSETUJUAN	ii
PERNYATAAN	iii
PENGESAHAN	iv
MOTTO	v
PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii

BAB 1 PENDAHULUAN

A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah	4
D. Rumusan Masalah	4
E. Tujuan Penelitian	5
F. Manfaat Penelitian	5

BAB II KAJIAN PUSTAKA

A. Citra Digital	6
1. <i>Layout</i> Citra Digital	6
2. Format dan Tipe Citra Digital	8
a. Format Citra Digital	8
b. Tipe Citra Digital	10
B. Pengolahan Citra Digital	12
1. Deteksi Tepi	13
2. Filter Rerata	15
C. Pengenalan Ekspresi Wajah Manusia	18

1. Titik Pusat dan Jarak Antar <i>Action Units</i>	19
2. Transformasi Fourier Dimensi 2	20
D. Kerangka Berpikir	23
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Waktu dan Tempat Penelitian	25
B. Alat dan Program Analisis	25
C. Sampel Penelitian	25
D. Langkah dan Teknik Analisis	26
1. Pengolahan Citra	26
2. Pengenalan Pola	27
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
A. Perbedaan Bagian Wajah dan bukan Wajah pada Citra	30
B. Pola Morfologi Wajah Manusia saat Menampilkan Ekspresi Gembira	33
C. Transformasi Fourier dimensi 2 Citra Wajah Manusia dan Distribusi nilai piksel citra	39
BAB V KESIMPULAN	
A. Kesimpulan	61
B. Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 1	Format Citra digital	9
Tabel 2	Pola Morfologi Citra Ekspresi Gembira	36
Tabel 3	Nilai $S(k_x, k_y)$	48
Tabel 4	Hasil restorasi setelah $S(1,1)=0$	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Representasi citra sebagai $f(x, y)$	7
Gambar 2	Matriks citra fungsi kontinu	8
Gambar 3	Matriks citra dalam Matlab	8
Gambar 4	Citra dan grafik distribusi intensitas.	13
Gambar 5	Proses pengambilan dan letak nilai rata – rata dengan dimensi 3×3	16
Gambar 6	Matriks x dan elemen yang diambil nilai rata – ratanya	17
Gambar 7	Matriks x dan elemen yang diambil nilai rata-ratanya sudah bergeser	17
Gambar 8	Matris x_2 hasil dari filter rerata terhadap matriks x	18
Gambar 9	Citra persegi dalam format biner	21
Gambar 10	Alur langkah kerja pengolahan citra	27
Gambar 11	Alur langkah kerja pertama pengenalan pola ekspresi gembira wajah	28
Gambar 12	Alur langkah kerja kedua pengenalan ekspresi gembira wajah	29
Gambar 13	(a). Citra <i>gray-scale</i> (b). Citra biner	30
Gambar 14	(a). Citra sebelum difilter (b). Citra sesudah difilter	31
Gambar 15	Grafik sampel matrik citra sebelum dikenai filter rerata	32
Gambar 16	Grafik sampel matrik citra sesudah dikenai filter rerata	33
Gambar 17	(a). Titik pusat untuk ekspresi netral (b). Titik pusat untuk ekspresi gembira	35

Gambar 18	Citra 1-11.jpg	40
Gambar 19	Plot transformasi Fourier citra 1-11.jpg	40
Gambar 20	Citra 1-12.jpg	41
Gambar 21	Plot transformasi Fourier citra 1-12.jpg	41
Gambar 22	Citra 29-11.jpg	42
Gambar 23	Plot transformasi Fourier citra 29-11.jpg	42
Gambar 24	Citra 29-12.jpg	43
Gambar 25	Plot transformasi Fourier citra 29-12.jpg	43
Gambar 26	Citra 40-11.jpg	44
Gambar 27	Plot transformasi Fourier citra 40-11.jpg	44
Gambar 28	Citra 40-12.jpg	45
Gambar 29	Plot transformasi Fourier citra 40-12.jpg	45
Gambar 30	Citra 50-11.jpg	46
Gambar 31	Plot transformasi Fourier citra 50-11.jpg	46
Gambar 32	Citra 50-12.jpg	47
Gambar 33	Plot transformasi Fourier citra 50-12.jpg	47
Gambar 34	Citra 29-12.jpg sebelum restorasi	49
Gambar 35	Citra 29-12.jpg hasil restorasi dengan $S(1,1)=0$	49
Gambar 36	Histogram cita 1-11.jpg	51
Gambar 37	Histogram citra 1-11.jpg hasil restorasi	52
Gambar 38	Histogram citra 1-12.jpg	52
Gambar 39	Histogram citra 1-12.jpg hasil restorasi	53
Gambar 40	Histogram citra 29-11.jpg	53
Gambar 41	Histogram citra 29-11.jpg hasil restorasi	54

Gambar 42	Histogram citra 29-12.jpg	54
Gambar 43	Histogram citra 29-12.jpg hasil restorasi	55
Gambar 44	Histogram citra 40-11.jpg	55
Gambar 45	Histogram citra 40-11 hasil restorasi	56
Gambar 46	Histogram citra 40-12.jpg	56
Gambar 47	Histogram citra 40-12.jpg hasil restorasi	57
Gambar 48	Histogram citra 50-11.jpg	57
Gambar 49	Histogram citra 50-11.jpg hasil restorasi	58
Gambar 50	Histogram citra 50-12.jpg	58
Gambar 51	Histogram citra 50-12.jpg hasil restorasi	59

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Menurut Shih (2010:1) sinyal secara umum adalah fungsi yang membawa informasi mengenai perilaku atau sifat fisis atau karakteristik dari suatu fenomena. Dari definisi tersebut, sinyal akan akrab sekali dengan kehidupan manusia, apalagi untuk pola kehidupan manusia modern. Di kehidupan manusia modern yang menuntut semua serba cepat, sinyal diperlukan dalam penyampaian informasi yang cepat, efektif, dan efisien, sehingga perkembangan ilmu mengenai rekayasa dan analisis sinyal sangat cepat saat ini.

Dalam perkembangan rekayasa dan analisis sinyal, sinyal dikelompokkan berdasarkan karakteristik yang dimiliki oleh sinyal itu sendiri. Salah satunya berdasarkan dimensinya, sinyal dikelompokkan menjadi sinyal dimensi 1, dimensi 2, dimensi 3 dan sinyal multidimensi. Sebagai gambaran; sinyal akustik, radio, sinyal seismik merupakan sinyal dimensi 1, citra merupakan sinyal dimensi 2, video merupakan sinyal dimensi 3, dan model wajah dimensi 3 adalah sinyal multidimensi.

Citra sebagai sinyal, khususnya citra digital, memegang peranan penting dalam kehidupan manusia modern. Citra diproduksi dengan berbagai alat, meliputi kamera, *scanner*, pemindai sinar – X, mikroskop elektron, radar, dan USG. Citra juga digunakan untuk berbagai kepentingan, meliputi hiburan, medis, militer, keamanan dan penelitian sains (Shih, 2010: 6).

Yang menarik dari perkembangan pengolahan citra saat ini, tidak hanya berfokus pada masalah peningkatan mutu citra, namun telah sampai pada upaya untuk meniru sistem interpretasi manusia terhadap suatu objek. Usaha tersebut dikenal sebagai metode *pattern recognition* (pengenalan pola). Salah satu topik dalam penelitian mengenai pengenalan pola adalah pengenalan ekspresi wajah.

Ekspresi wajah memainkan peranan penting dalam komunikasi dan interaksi manusia, karena mengandung informasi yang penting berkaitan dengan emosi (Shih, 2010: 386). Manusia mampu mengenali berbagai ekspresi wajah manusia; kemampuan tersebut dicoba ditiru untuk diterapkan pada sebuah mesin. Usaha tersebut telah dilakukan oleh beberapa peneliti di berbagai negara dengan berbagai metode yang berbeda. Seperti yang dilakukan Lyons et al. (1999) menggunakan data Ekspresi Wajah Wanita Jepang (JAFFE) untuk mengenali tujuh ekspresi utama manusia: gembira, netral, marah, bingung, takut, sedih dan terkejut. Chen dan Huang (2003) menggunakan data citra wajah AR (*Alex and Robert*) untuk mengklasifikasikan tiga ekspresi: netral, marah, dan tersenyum.

Dalam perkembangannya, pengenalan ekspresi wajah digunakan dalam berbagai kepentingan, seperti untuk kontrol akses suatu perangkat keamanan, identifikasi pelaku kriminal berdasarkan bukti citra digital, perangkat antarmuka komputer dan manusia, diagnosa penyakit, diagnosa kejiwaan dan lain – lain. Sebagai contoh dalam dunia medis, Dai et al. (2001) mengajukan gagasan untuk memonitor pasien rawat inap dengan menggunakan

pengenalan ekspresi wajah untuk mendeteksi status pasien. Berangkat dari ide dasar bahwa tingkat kesakitan mempengaruhi ekspresi wajah pasien, Gagliardi et al. (2003) mengembangkan pengenalan ekspresi wajah untuk kepentingan deteksi Sindrom Williams dengan membandingkan pola morfologi bagian – bagian wajah saat melakukan ekspresi tertentu pada orang normal. Sprengelmeyer et al. (2003) mengembangkan pengenalan ekspresi wajah untuk keperluan deteksi penyakit Parkinson, dengan ide dasar yang hampir sama dengan yang dilakukan Gagliardi et al (2003).

Pengenalan ekspresi wajah manusia sudah mulai diterapkan dalam kepentingan yang lebih populer. Beberapa kamera digital saat ini sudah memiliki fasilitas *smile detection*, yang akan mempermudah penggunaannya dan menghasilkan citra yang fokus pada objek yang tersenyum. Beberapa telepon pintar mulai menggunakan data citra penggunaannya, saat menampilkan ekspresi gembira, sebagai kunci keamanannya.

Dalam aplikasi – aplikasi praktis tersebut, analisis pola ekspresi wajah manusia menjadi sangat penting, karena mesin perlu mengenali citra yang membawa informasi ekspresi dalam bahasanya sendiri, bahasa mesin, untuk kemudian diolah. Tanpa adanya hasil dari analisis pola ekspresi wajah, maka mustahil bagi mesin untuk melakukan langkah lanjutan terkait informasi dari ekspresi wajah. Oleh karena itu penelitian mengenai analisis pola ekspresi wajah manusia perlu dilakukan.

B. Identifikasi Masalah

Dari uraian latar belakang di atas, maka dapat diidentifikasi beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Perbedaan antara bagian wajah dan bukan wajah pada citra.
2. Pola morfologi wajah saat melakukan ekspresi tertentu.
3. Ekspresi matematis wajah saat melakukan ekspresi tertentu.

C. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini terdapat batasan – batasan pembahasan yang muncul akibat keterbatasan penulis, yaitu :

1. Ekspresi yang diteliti terbatas pada ekspresi gembira dan ekspresi netral.
2. Sampel yang digunakan merupakan citra wajah dalam keadaan wajah menghadap lurus ke arah kamera.
3. Objek dibatasi pada wajah yang tidak menggunakan aksesoris seperti kacamata, anting telinga dan anting pada hidung.
4. Sampel terbatas pada objek yang memiliki rambut dengan panjang mencapai bahu.

D. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dapat ditarik dari identifikasi dan batasan masalah, yaitu :

1. Bagaimana membedakan antara bagian wajah dengan bukan wajah pada citra?

2. Bagaimanakah pola morfologi wajah manusia saat menampilkan ekspresi gembira?
3. Bagaimanakah ekspresi matematis wajah saat menampilkan ekspresi gembira?

E. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui perbedaan citra wajah dan citra bukan wajah.
2. Mengetahui pola morfologi wajah manusia saat menampilkan ekspresi gembira.
3. Merumuskan ekspresi matematis dari ekspresi gembira.

F. Manfaat Penelitian

1. Sebagai tambahan referensi dalam penelitian analisis pola ekspresi wajah manusia.
2. Dapat digunakan sebagai pijakan penelitian lanjutan untuk aplikasi dari *facial expression recognition*.
3. Dapat diketahui pola morfologi, pola statistik dari citra wajah, dan ekspresi matematis dari ekspresi gembira manusia.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

A. Citra Digital

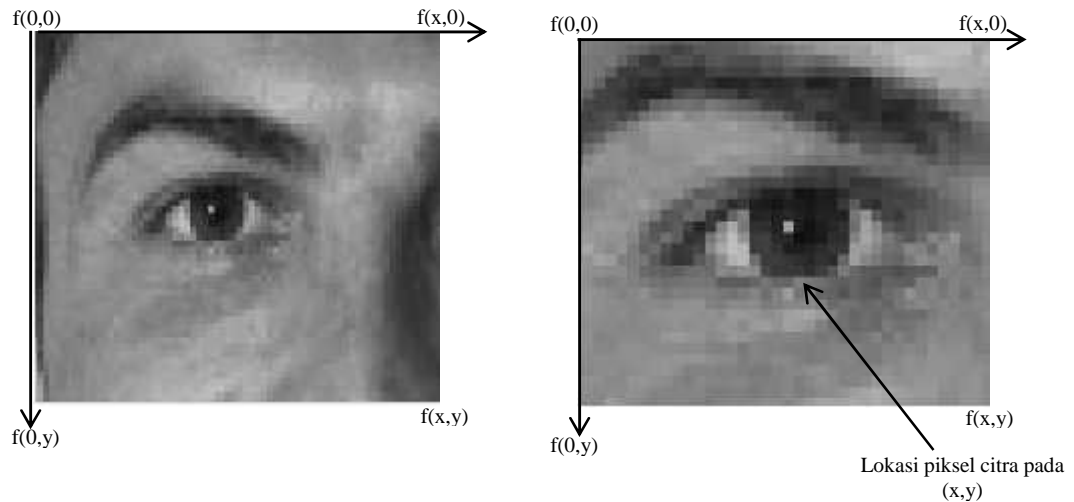
1. *Layout Citra Digital*

Berdasarkan dimensinya, sinyal dikelompokkan menjadi sinyal dimensi 1, dimensi 2, dimensi 3, dan sinyal multi dimensi. Sebagai gambaran; sinyal akustik, radio, sinyal seismik merupakan sinyal dimensi 1, citra merupakan sinyal dimensi 2, video merupakan sinyal dimensi 3, dan model wajah dimensi 3 adalah sinyal multidimensi.

Menurut Gonzalez et al.(2009:2) citra digital merupakan fungsi dimensi 2, $f(x, y)$, dimana x dan y merupakan koordinat spasial, dan nilai f dari tiap titik koordinat spasial merupakan nilai intensitas atau derajat keabuan pada titik tersebut. Nilai – nilai intensitas dinyatakan dalam skala – skala tertentu yang telah disepakati berdasarkan jenis citra yang ditampilkan. Nilai intensitas $f(x, y)$ merupakan output dari sensor pada alat di posisi yang tetap sesuai dengan koordinat spasial.

Tampilan citra yang merupakan fungsi dimensi 2, $f(x, y)$, merupakan konsekuensi dari ketidakmampuan komputer dalam memproses citra, yang seharusnya merupakan fungsi kontinu dimensi 3 sesuai dengan kondisi riilnya. Maka dari itu citra ditampilkan dalam bentuk titik – titik data yang diskrit. Titik-titik tersebut disebut dengan piksel (*picture element*).

Representasi citra sebagai fungsi dimensi 2, $f(x,y)$, dengan piksel sebagai penyusunnya akan ditampilkan dalam ilustrasi sebagai berikut:



Gambar 1. Representasi citra sebagai $f(x,y)$ (kiri) ; citra kiri yang telah diperbesar (kanan)

Sumbu koordinat pada Gambar 1 merupakan sumbu spasial dari piksel penyusun citra. Pada Gambar 1 sebelah kanan, titik – titik penyusun citra berupa piksel tampak terlihat jelas seperti kotak-kotak kecil yang tersusun. Piksel – piksel penyusun citra membawa informasi mengenai nilai intensitas cahaya yang diskrit terhadap posisi piksel. Nilai – nilai intensitas cahaya yang termuat dalam piksel bukan nilai sebenarnya yang ada ketika citra diambil, namun merupakan nilai yang sudah dikonversi untuk kepentingan *display*. Nilai – nilai hasil konversi akan berbeda untuk setiap tipe format citra.

Citra dapat ditampilkan dalam bentuk matriks $m \times n$ yang berisi nilai – nilai piksel untuk tiap posisi dan ditampilkan sebagai berikut :

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

Gambar 2. Matriks citra fungsi kontinu

Dalam Matlab, citra sebagai fungsi yang diskrit, matriksnya ditampilkan dalam bentuk berikut :

$$f = \begin{bmatrix} f(1,1) & f(1,2) & \dots & f(1,N) \\ f(2,1) & f(2,2) & \dots & f(2,N) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f(M,1) & f(M,2) & \dots & f(M,N) \end{bmatrix}$$

Gambar 3. Matriks citra dalam Matlab

Citra sebagai matriks memudahkan proses pengolahan citra dalam domain spasial. Operasi matematika dapat dikenakan kepada citra dalam bentuk matriks untuk keperluan pengolahan citra. Operasi matematika akan mempengaruhi nilai piksel, sehingga tampilan citra dapat berubah sebagai hasil dari operasi matematika.

2. Format dan Tipe Citra Digital

a. Format Citra digital

Tiap format dan tipe citra mempunyai nilai piksel yang khas. Nilai piksel yang khas untuk masing – masing format dan tipe citra, akan mempengaruhi banyak hal dalam citra. Tidak hanya tampilan citra yang terpengaruh, namun pendekatan pengolahan citra dalam domain spasial juga akan terpengaruh. Berikut ini berbagai format citra digital :

Tabel 1. Format Citra digital

Akronim	Nama	Sifat
GIF	<i>Graphic interchange format</i>	Nilai bit terbatas sampai 256 warna (8 bit) , <i>lossless compression</i>
JPEG	<i>Joint Photographic Expert Group</i>	<i>Lossy compression, lossless variant</i>
BMP	<i>Bit map Picture</i>	Format dasar citra, <i>lossless compression, lossless variant</i>
PNG	<i>Portable network graphics</i>	Didesain untuk menggantikan format GIF dengan <i>lossless compression</i> yang baru
TIFF/TIF	<i>Tagged image (file) format</i>	Lebih fleksibel dan detail

Perkembangan teknologi informasi mempengaruhi munculnya berbagai format citra digital. Citra digital tidak hanya sekedar disimpan dalam piringan penyimpanan, namun mulai disebarluaskan untuk berbagai kepentingan. Dalam proses pengiriman data tentu besarnya data dipertimbangkan, sehingga diperlukan kompresi data yang menyebabkan munculnya format citra digital yang berbeda.

Menurut Solomon et al. (2011:7) pada umumnya teknik kompresi dibagi menjadi dua yaitu *lossy compression* dan *lossless compression*. *Lossy compression* akan menghilangkan informasi yang dianggap tidak begitu berguna pada citra, sehingga dengan berkurangnya beberapa informasi akan berpengaruh pada besarnya data citra digital. Secara garis besar ada 2 cara dalam *lossy compression* yaitu dengan mengurangi detail dari citra dan mereduksi jumlah warna atau derajat keabuan yang tidak terdeteksi oleh mata. Sedangkan *lossless compression* tidak akan menghilangkan semua informasi pada citra digital namun

hanya memanipulasi pada kekayaan jumlah warna, sehingga detail citra tetap bertahan. Namun bila dibandingkan dalam hal besar data yang tereduksi *lossy compression* lebih baik daripada *lossless compression*.

b. Tipe Citra digital

Tipe citra digital juga turut mempengaruhi nilai piksel. Nilai piksel yang dipengaruhi oleh tipe citra digital akan berdampak pada warna tampilan citra, berbeda dengan pengaruh yang dibawa oleh format citra yang cenderung bermain di ranah detail citra digital. Perbedaan tiap tipe citra digital akan langsung terlihat secara visual, sehingga perbedaan nilai piksel akan dengan mudah dapat ditebak.

Berbagai tipe citra digital yang ada saat ini, telah diklasifikasikan oleh Solomon et al. (2011:7-8) sebagai berikut:

1) Citra biner

Citra biner tersusun atas piksel – piksel yang hanya memiliki dua nilai yaitu 0 dan 1. Hitam atau area *background* bernilai 0, sedangkan putih atau area *foreground* bernilai 1.

2) Citra *gray-scale*

Citra yang tersusun atas piksel – piksel yang merepresentasikan nilai keabuan dari tiap nilai intensitas. Citra *gray-scale* memiliki nilai piksel tergantung dengan kelas citra atau jumlah bit memorinya yaitu 0 – 255 untuk 8-bit dan 0 – 65535 untuk 16-bit. Nilai piksel pada citra ini lebih mendekati pada nilai intensitas yang terukur, karena kebanyakan sensor hanya mengenal perbedaan gelap terang pada tiap – tiap cahaya yang datang.

3) Citra RGB

Citra ini tersusun atas piksel – piksel yang memiliki 3 nilai intensitas untuk tiap pikselnya yaitu nilai derajat warna merah (*Red*), warna hijau (*Green*), dan warna biru (*Blue*). Sama dengan citra *gray-scale*, nilai piksel pada citra RGB juga dipengaruhi oleh kelas citra atau jumlah bit memorinya.

4) Citra *Floating point*

Citra ini nilai piksel penyusunnya merupakan nilai *range*, bukan nilai pasti seperti citra – citra yang lain. Nilai tersebut merupakan nilai hasil pengukuran langsung, sehingga dimunculkan dalam *range* untuk menjaga ketelitian. Tipe citra ini banyak digunakan untuk kepentingan ilmiah.

Citra *gray-scale* dengan citra RGB memiliki hubungan yang unik. Hubungan itu muncul dikarenakan perkembangan televisi di dunia. Pada awal kemunculan televisi, citra yang ditampilkan merupakan citra *gray-scale* atau lebih dikenal dengan televisi hitam putih. Dengan berkembangnya teknologi maka muncul televisi berwarna yang menampilkan citra RGB. Citra yang ditampilkan dalam televisi berwarna merupakan konversi dari citra *gray-scale*.

Konversi citra RGB ke citra *gray-scale* merupakan konversi dari tiap – tiap piksel penyusun citra. Konversi tersebut dinyatakan dalam ekspresi matematis sebagai berikut:

$$I_g(n, m) = \alpha I_c(n, m, r) + \beta I_c(n, m, g) + \gamma I_c(n, m, b) \quad (1)$$

dimana (n, m) merupakan indeks matriks citra *gray-scale*, (n, m, r) merupakan indeks matriks untuk warna merah, (n, m, g) untuk warna hijau dan (n, m, b) untuk warna biru. Menurut Solomon et al.(2011:12) nilai $\alpha= 0,2989$, $\beta=0,5870$, dan $\gamma=0,1140$ mengacu pada Standar Konversi Televisi NTSC. Standar konversi ini juga digunakan dalam Matlab yang nilainya disesuaikan dengan kelas citra atau bit memorinya.

B. Pengolahan Citra Digital

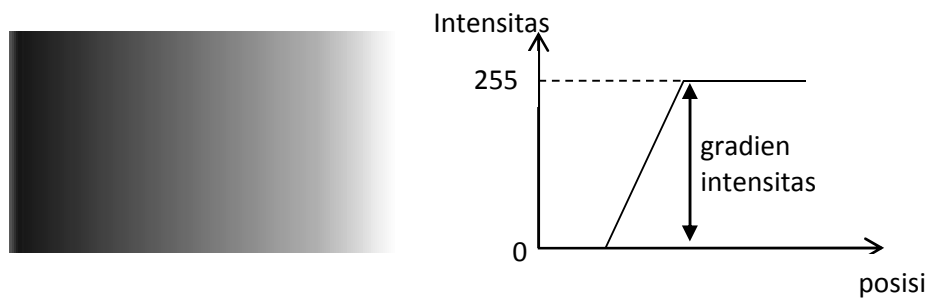
Menurut Solomon et al.(2011:85) pengolahan citra digital bertujuan agar informasi di dalamnya dapat lebih tergali. Pengolahan citra digital akan mengkondisikan citra sesuai dengan keinginan pengolah. Misalkan citra diinginkan agar tampak lebih kontras, maka citra akan diolah sedemikian rupa agar suatu objek dalam citra lebih menonjol dibandingkan dengan objek yang lainnya. Maka informasi mengenai suatu objek akan lebih terlihat dibanding dengan objek yang lain.

Pengolahan citra digital menurut Shih (2010:40) dibagi menjadi 3 cara yaitu pengolahan citra pada domain spasial, pengolahan citra pada domain frekuensi, dan pengolahan citra perpaduan di domain spasial dan frekuensi. Pada pengolahan citra di domain spasial, nilai intensitas pada tiap piksel langsung dikenakan operasi matematis yang akan mempengaruhi tampilan citra. Sedangkan pengolahan di domain frekuensi, citra terlebih dahulu ditransformasikan ke domain frekuensi kemudian baru diolah. Namun dalam penerapan pengolahan citra, beberapa ada yang bekerja pada kedua domain, baik spasial maupun domain

frekuensi. Citra pada domain frekuensi digunakan sebagai acuan distribusi piksel, yang kemudian akan diolah pada domain spasial.

1. Deteksi Tepi

Deteksi tepi merupakan salah satu pengolahan citra digital pada domain spasial. Deteksi tepi digunakan untuk membedakan tiap *feature* satu dengan *feature* yang lain. Operasi deteksi tepi memanfaatkan gradien intensitas pada citra. Gradien intensitas ditunjukkan dengan adanya perbedaan derajat keabuan pada susunan pikselnya. Gradien intensitas pada citra ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 4. Citra dan grafik distribusi intensitas

Pada Gambar 4 nilai intensitas derajat keabuan pada citra diplot pada grafik. Kemiringan perubahan nilai intensitas tersebut tergantung dari gradien intensitas pada citra. Semakin besar nilai gradiennya, semakin besar sudut kemiringan grafiknya. Sesuai dengan pengertian tersebut, tepi suatu objek atau *feature* dalam citra didefinisikan sebagai susunan piksel yang memiliki gradien intensitas yang cukup besar dengan piksel sebelahnya. Sehingga bila digambarkan secara grafik, tepi akan terjadi pada kemiringan garis yang sudutnya besar, bahkan mendekati 90° terhadap horizontal.

Besarnya gradien intensitas bisa dihitung dengan menggunakan diferensial parsial sebagai berikut

$$\nabla I(x, y) = [\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}] \quad (2)$$

dengan $\frac{\partial}{\partial x}$ merupakan turunan parsial intensitas terhadap x . Turunan parsial intensitas terhadap x untuk fungsi kontinu dinyatakan dalam

$$\frac{\partial}{\partial x} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{I(x+\Delta x) - I(x)}{\Delta x} \quad (3)$$

Karena dalam citra digital nilai terkecil yang mungkin dari Δx adalah 1 maka ekspresi matematis di atas menjadi;

$$\frac{\partial}{\partial x} = [I(x + 1) - I(x)] \quad (4)$$

Prinsip – prinsip tersebut juga berlaku pada turunan parsial intensitas terhadap y , sehingga gradien intensitas dinyatakan dalam persamaan;

$$\nabla I(x, y) = [I(x + 1, y) - I(x, y), I(x, y + 1) - I(x, y)] \quad (5)$$

$$\nabla I(x, y) = (\nabla_x I, \nabla_y I) \quad (6)$$

dan besarnya nilai gradien adalah

$$|\nabla I(x, y)| = \sqrt{(\nabla_x I)^2 + (\nabla_y I)^2} \quad (7)$$

Dari perhitungan di atas, maka piksel bersebelahan yang memiliki perbedaan intensitas yang kecil akan menghasilkan nilai gradien yang kecil, begitu juga sebaliknya. Maka bila citra hasil pengolahan deteksi tepi ditampilkan, gradien yang bernilai kecil akan terlihat gelap, gradien yang bernilai besar akan terlihat terang. Maka dengan definisi tepi yang disebutkan sebelumnya, tepi suatu objek

atau *feature* akan terlihat jelas yang terdiri dari susunan piksel – piksel yang terang.

2. Filter Rerata

Filter rerata bekerja dengan cara mengganti nilai tiap piksel pada citra dengan nilai rerata dari piksel tetangganya dan nilai piksel itu sendiri (Shih,2010: 52). Filter rerata akan mengeliminasi piksel yang nilainya tidak begitu representatif terhadap piksel – piksel di sekitarnya. Filter rerata pada citra bekerja dengan pendekatan yang sama dengan filter rerata pada sinyal dimensi 1, sehingga pendekatan matematisnya dapat ditinjau dari sinyal dimensi 1.

Semisal sinyal dimensi 1, $x(i)$, merupakan sinyal yang akan difilter, maka sinyal hasil filter akan didefinisikan sebagai,

$$y(i) = \frac{1}{2N+1} (x(i+N) + x(i+N-1) + \dots + x(i-N)) \quad (8)$$

dengan $y(i)$ merupakan sinyal hasil filter untuk data ke i , N adalah jumlah data yang bersebelahan antara $x(i)$ dan $2N + 1$ merupakan jarak.

Dari persamaan tersebut dapat dilihat bahwa data yang diambil nilai rata – rata akan terus bergeser bersamaan dengan proses mengambil nilai rata - rata. Nilai N ditentukan sesuai kebutuhan bagaimana sinyal akan difilter, semakin besar nilai N maka semakin halus bentuk sinyal. Untuk nilai $y(1)$ dan nilai $N=2$, maka proses mengambil rata – rata terjadi mulai dari nilai $x(1)$ sampai dengan $x(3)$. Ketika proses beranjak ke langkah kedua maka nilai $y(2)$ akan segera diproses, dengan mengambil nilai rata – rata $x(2)$ sampai dengan $x(4)$ begitu seterusnya sampai dengan $y(k)$ dimana k merupakan panjang sinyal $x(i)$.

Konsep perpindahan tersebut juga sama untuk citra, namun ada sedikit perbedaan. Perbedaannya terletak pada data yang bersebelahan dan juga tempat meletakkan nilai rata – rata. Data yang bersebelahan dalam citra tentu saja tidak berbentuk garis lurus, namun berbentuk persegi yang menyesuaikan dengan dimensi sinyalnya. Sedangkan untuk peletakan nilai rata – rata pada citra adalah pada posisi di tengah – tengah data yang bersebelahan. Proses tersebut digambarkan sebagai berikut,

$$\frac{1}{9}(a + b + c + d + e + f + g + h + i)$$

Gambar 5. Proses pengambilan dan letak nilai rata – rata dengan dimensi 3×3

Seperti pada sinyal dimensi 1, proses perpindahan pengambilan rata – rata pun juga sama prinsipnya. Pada citra, matriks persegi akan bergeser beriringan dengan proses pengambilan nilai rata – rata, dengan ilustrasi sebagai berikut. Semisal terdapat matriks x

```
>> x=uint8(10*magic(7))

x =

    255    255    255     10    100    190    255
    255    255     70     90    180    255    255
    255     60     80    170    255    255    255
     50    140    160    250    255    255    255
    130    150    240    255    255    255     40
    210    230    255    255    255     30    120
    220    255    255    255     20    110    200
```

maka proses filter rerata yang dikenakan pada matriks tersebut sama dengan proses mengambil nilai rata – rata setiap elemen matriks dengan elemen yang bersebelahan yang membentuk matriks persegi, misal matriks 7×7 , dengan proses sebagai berikut,

255	255	255	10	100	190	255
255	255	70	90	180	255	255
255	60	80	170	255	255	255
50	140	160	250	255	255	255
130	150	240	255	255	255	40
210	230	255	255	255	30	120
220	255	255	255	20	110	200

Gambar 6. Matriks x dan elemen yang diambil nilai rata – ratanya

Pada Gambar 2.6, elemen matriks x dalam persegi diambil nilai rata – ratanya yang kemudian proses pengambilan nilai rata – rata akan bergeser sebagai berikut,

255	255	255	10	100	190	255
255	255	70	90	180	255	255
255	60	80	170	255	255	255
50	140	160	250	255	255	255
130	150	240	255	255	255	40
210	230	255	255	255	30	120
220	255	255	255	20	110	200

Gambar 7. Matriks x dan elemen yang diambil nilai rata-ratanya sudah bergeser

Proses pergeseran tersebut akan berlangsung terus hingga akhirnya diperoleh elemen – elemen matriks baru yang berdimensi sama dengan matriks x .

Dengan proses pengambilan nilai rata – rata yang terus bergeser, jika diterapkan pada citra, maka diharapkan *noise* akan dapat difilter. Hilangnya *noise*

merupakan konsekuensi matematis akibat proses pengambilan nilai rata – rata yang bergeser. *Noise* yang nilai dan letaknya acak akan saling menghilangkan karena proses pengambilan rata – rata. Nilai matriks x setelah mengalami proses filter rerata akan menjadi;

```
>> x2

x2 =

    113    149    104     78     92    137    106
    148    193    138    134    167    222    163
    113    147    142    168    218    247    170
     87    141    167    213    245    231    146
    101    174    215    242    229    191    106
    133    216    239    227    188    143     84
    102    158    167    144    103     82     51
```

Gambar 8. Matriks x_2 hasil dari filter rerata terhadap matriks x

C. Pengenalan Ekspresi Wajah Manusia

Pengenalan wajah manusia merupakan bidang interdisipliner yang mengintegrasikan teknik dari pengolahan citra, pengenalan pola, *computer vision*, grafis komputer, psikologi dan pendekatan evaluasi (Shih,2010:355). Teknik – teknik yang terintegrasi tersebut digunakan dalam rangka mempermudah proses pengenalan ekspresi wajah manusia. Integrasi berbagai bidang tersebut bertujuan untuk menyatakan ekspresi wajah manusia dalam suatu bilangan kuantitas. Selain untuk mempermudah proses penelitian pengenalan ekspresi wajah manusia, proses integrasi merupakan konsekuensi dari digunakannya citra ekspresi wajah manusia sebagai sampel penelitian.

Penelitian pengenalan ekspresi wajah manusia pertama kali yang dilakukan oleh Paul Ekman dan Wallace V. Friesen tahun 1978 berhasil mendefinisikan

berbagai bentuk gerakan komponen wajah (*action units*) ketika manusia melakukan ekspresi wajah tertentu, yang kemudian dikenal dengan *Facial Action Coding System. Action Units*, yang dikenal dengan istilah AU, merupakan representasi yang paling mudah diterima ketika seseorang melakukan ekspresi tertentu. AU melingkupi berbagai komponen penyusun wajah manusia yaitu mata, alis, hidung, mulut dan arah pandangan wajah keseluruhan. Berkaitan dengan pengolahan citra dan pengenalan pola, proses pengenalan ekspresi wajah difokuskan pada citra AU, sehingga diperoleh bilangan kuantitas yang menyatakan ekspresi wajah manusia.

1. Titik Pusat dan Jarak Antar *Action Units*

Dalam menentukan pola suatu sinyal, khususnya citra sebagai sinyal dimensi 2, terdapat berbagai metode yang digunakan. Penghitungan jarak merupakan salah satu yang digunakan, baik jarak antar titik tiap nilai sinyal, maupun jarak antar kelompok dari titik – titik nilai sinyal yang sering disebut kluster. Dalam penghitungan jarak antar kluster titik mula diambilnya penghitungan jarak menjadi penting, karena titik ini akan mempengaruhi informasi pola jarak dari suatu sinyal. Salah satu pendekatan pengambilan titik mula penghitungan jarak dengan cara mencari titik pusat nilai piksel.

Pencarian titik pusat nilai piksel didasari dengan ide yang sama dengan pencarian titik pusat massa dari distribusi massa diskrit dalam sistem benda yang bergerak memenuhi Hukum Newton, dengan dinyatakan dalam persamaan titik pusat massa benda diskrit sebagai berikut;

$$\bar{r}_p = \frac{m_1 \bar{r}_1 + m_2 \bar{r}_2 + \dots + m_n \bar{r}_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n} \quad (8)$$

dengan $\bar{r} = \bar{x} + \bar{y} + \bar{z}$ merupakan koordinat titik massa dalam ruang dimensi 3, dan m adalah nilai titik massa. Dari persamaan (8) dapat diambil ide untuk mencari nilai titik pusat nilai piksel, dengan koordinat titik piksel dalam ruang dimensi 2, dan sebaran nilai piksel terdistribusi diskrit. Nilai titik pusat nilai piksel dapat dicari dengan cara mengganti nilai massa dari persamaan (8) dengan nilai piksel dan koordinat titik massa dengan koordinat piksel sehingga diperoleh persamaan

$$\bar{r}_p = \frac{p_1 \bar{r}_1 + p_2 \bar{r}_2 + \dots + p_n \bar{r}_n}{p_1 + p_2 + \dots + p_n} \quad (9)$$

dengan pik merupakan nilai piksel dan $\bar{r} = \bar{x} + \bar{y}$ merupakan koordinat titik piksel.

Dari titik pusat nilai piksel salah satu kluster kemudian ditarik garis lurus terhadap titik pusat nilai piksel kluster yang lain yang kemudian dihitung jaraknya dengan persamaan jarak antar titik dalam ruang Euklidian yang dinyatakan dengan persamaan;

$$D(x, y) = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (10)$$

Dalam pengenalan pola ekspresi wajah, kluster merupakan *action units* dari bagian wajah yang melakukan ekspresi tertentu.

2. Transformasi Fourier dimensi 2

Sinyal dimensi 2 sesungguhnya memiliki sifat yang sama dengan sinyal dimensi 1, tersusun atas sinyal dengan beberapa frekuensi osilasi. Frekuensi

osilasi merupakan salah satu komponen yang dimiliki sinyal yang menyatakan perulangan nilai dari suatu sinyal di titik tertentu, yang tentu saja mengandung informasi tentang sifat sinyal. Oleh karena itu, sinyal dimensi 1 dan dimensi 2 memiliki instrumen yang sama untuk memperoleh frekuensi osilasi, yaitu transformasi Fourier. Karena dimensi sinyal mengalami ekstensi, maka transformasinya mengalami ekstensi pula.

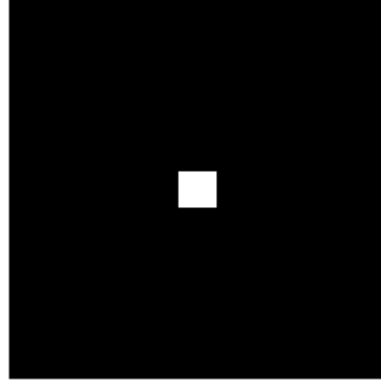
Dari kesamaan sifat tersebut maka bisa langsung dinyatakan transformasi Fourier dimensi 2 sebagai berikut;

$$S(f_x, f_y) = \iint_{-\infty}^{\infty} s(x, y) e^{-j2\pi(xf_x + yf_y)} dx dy \quad (11)$$

dimana f_x dan f_y merupakan frekuensi osilasi spasial. Selain itu, transformasi Fourier dimensi 2 memiliki sifat separasi variabel, sehingga pernyataan di atas dapat dinyatakan dalam bentuk sebagai berikut;

$$S(f_x, f_y) = \iint_{-\infty}^{\infty} s(x, y) e^{-j2\pi f_x x} e^{-j2\pi f_y y} dx dy \quad (12)$$

Dalam pengolahan citra, transformasi Fourier dimensi 2 kerap dikenakan pada citra biner. Citra biner bisa dilihat sebagai susunan beberapa sinyal kotak dimensi 1. Adapun transformasi Fourier dimensi 2 pada citra biner dicontohkan dengan citra biner berbentuk persegi, sebagai berikut;



Gambar 9. Citra persegi dalam format biner

$$S(f_x, f_y) = \int_{-\infty}^{\infty} s(y) e^{-j2\pi f_y y} dy \int_{-\infty}^{\infty} s(x) e^{-j2\pi f_x x} dx \quad (13)$$

Karena letak persegi tepat di tengah dan dianggap sebagai titik pusat koordinat, maka batas integral berubah menjadi $-X/2$ sampai $X/2$ dan $-Y/2$ sampai $Y/2$, sehingga persamaan (13) menjadi

$$S(f_x, f_y) = \int_{-Y/2}^{Y/2} s(y) e^{-j2\pi f_y y} dy \int_{-X/2}^{X/2} s(x) e^{-j2\pi f_x x} dx$$

$$S(f_x, f_y) = \int_{-Y/2}^{Y/2} e^{-j2\pi f_y y} dy \int_{-X/2}^{X/2} e^{-j2\pi f_x x} dx$$

$$S(f_x, f_y) = \left[\frac{e^{-j2\pi f_y y}}{-j2\pi f_y} \right]_{-Y/2}^{Y/2} \left[\frac{e^{-j2\pi f_x x}}{-j2\pi f_x} \right]_{-X/2}^{X/2}$$

$$S(f_x, f_y) = \frac{1}{-j2\pi f_y} [e^{-j\pi f_y} - e^{j\pi f_y}] \frac{1}{-j2\pi f_x} [e^{-j\pi f_x} - e^{j\pi f_x}]$$

$$S(f_x, f_y) = \frac{1}{\pi f_y} \left[\frac{e^{-j\pi f_y}}{-j} - \frac{e^{j\pi f_y}}{j} \right] \frac{1}{\pi f_x} \left[\frac{e^{-j\pi f_x}}{-j} - \frac{e^{j\pi f_x}}{j} \right] \quad (14)$$

$$S(f_x, f_y) = \frac{1}{\pi f_y} \left[\frac{e^{-j\pi f_y}}{-j} - \frac{e^{j\pi f_y}}{j} \right] \frac{1}{\pi f_x} \left[\frac{e^{-j\pi f_x}}{-j} - \frac{e^{j\pi f_x}}{j} \right] \quad (15)$$

Proses integral pada masing – masing komponen spasial dikenal dengan proses separasi variabel. Untuk proses pengolahan citra secara komputasi, separasi variabel menjadi sangat penting, karena jumlah piksel yang sangat banyak akan mempengaruhi lamanya proses penghitungan. Selain lamanya proses, jumlah

memori yang digunakan juga tidak terlalu besar apabila proses separasi digunakan dalam pengolahan.

D. Kerangka Berpikir

Membedakan bagian wajah dan bukan wajah dalam satu citra menjadi hal penting dalam proses analisis ekspresi manusia yang berbasis pada citra wajah manusia. Manusia sangat mudah dalam mengenali bagian wajah dan bukan wajah, tetapi tidak demikian dengan mesin, sehingga perlu definisi bagian wajah yang bisa diketahui oleh mesin. Memanfaatkan sifat optis ketika pengambilan citra yang berfokus pada wajah manusia, maka bagian selain wajah manusia bukan menjadi fokus pengambilan citra. Maka wajah manusia terlihat jelas, yang menyebabkan peralihan nilai intensitas cahaya hasil pengambilan citra pada bagian wajah dan bukan wajah akan menjadi cukup tajam.

Ketika manusia melakukan ekspresi gembira dan kemudian diambil citranya, maka citra tersebut memiliki ciri tersendiri yang membedakan dengan citra lain. Dalam ekspresi tersebut ada bagian – bagian tertentu dalam wajah yang berperan dalam melakukan ekspresi tersebut. Dalam ekspresi gembira, bagian mulut dan mata manusia akan berperan menampilkan ciri khusus dari ekspresi gembira. Mulut manusia akan membuka pada kedua bibirnya ketika melakukan aktivitas tersenyum atau tertawa. Sedangkan bagian mata manusia cenderung dalam bentuk normal atau hampir memejamkan mata. Sehingga bagian mulut dan mata bisa menjadi ciri khusus ekspresi gembira berdasarkan polanya.

Bagian mulut dan mata juga perlu didefinisikan dalam definisi matematis, sehingga proses pengenalan pola akan mudah dilakukan. Citra mulut dan wajah dapat dianalisis dengan menggunakan transformasi Fourier dimensi 2 dengan ide dasar bahwa citra mulut dan mata merupakan sinyal dimensi 2 yang tersusun atas beberapa frekuensi osilasi.

Selain dengan transformasi Fourier, pola ekspresi gembira dapat diperoleh dengan mendefinisikan jarak antara kedua mata dan jarak tiap mata ke mulut. Bentuk morfologi mulut ketika mengatup bibirnya, dengan ketika tersenyum akan memiliki perbedaan. Dengan asumsi tersebut, maka jarak mulut dengan mata akan berubah ketika ekspresi gembira.

BAB III METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan April 2014 sampai dengan bulan Maret 2016. Penelitian dilakukan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi lantai tiga Laboratorium Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA UNY.

B. Alat dan Program Analisis

1. Perangkat keras yang digunakan adalah satu perangkat laptop HP 431 dengan spesifikasi *processor* Intel(R) Core(TM) i3, RAM 2 GB. Adapun perangkat lunak yang digunakan adalah MATLAB R2009a.
2. Program Analisis yang digunakan:
 - a. Program filter rerata citra digital bawaan MATLAB R2009a.
 - b. Program deteksi tepi yang dibuat oleh penulis dengan menggunakan MATLAB R2009a
 - c. Program FFT dimensi dua bawaan MATLAB R2009a.
 - d. Program pencarian titik pusat nilai piksel dan jarak antar titik pusat yang dibuat oleh penulis dengan menggunakan MATLAB R2009a.

C. Sampel Penelitian

Sampel penelitian merupakan citra ekspresi gembira, yang dicirikan dengan objek yang tersenyum dan citra ekspresi netral berukuran 640×480 piksel, berformat file JPEG, dan merupakan citra RGB. Sampel merupakan data sekunder

yang diambil dari *Centro Universitario da FEI Face Database*. Sampel terdiri dari 8 citra dengan rincian 4 untuk citra ekspresi gembira dan 4 citra ekspresi netral.

Citra dari *Centro Universitario da FEI Face Database* diizinkan untuk digunakan sebagai penelitian sebagaimana tercantum dalam websitenya. Alasan digunakannya citra dari *Centro Universitario da FEI Face Database* adalah penggunaan yang bebas dan gratis, pilihan citra yang banyak, resolusi dan ukuran yang tepat sesuai kebutuhan penelitian, serta telah banyak digunakan untuk penelitian Pengolahan Citra dan Pengenalan Pola. Selain itu, sulitnya ditemui data citra yang memenuhi kriteria tersebut untuk citra dengan objek orang Indonesia.

D. Langkah Kerja dan Teknik Analisis

Langkah – langkah kerja dalam penelitian ini dibagi menjadi dua tahapan besar yaitu pengolahan citra dan pengenalan pola.

1. Pengolahan Citra

Pada tahapan ini citra RGB diubah menjadi citra *gray-scale*. Citra *gray-scale* kemudian diolah sehingga diperoleh hasil citra yang hanya menampilkan AU (*action unit*) dari ekspresi wajah gembira saja. Bagian – bagian yang tidak memiliki informasi tentang ekspresi wajah dibuang sehingga secara otomatis bagian *background* dan *foreground* bisa terbedakan dan *feature* wajah pada citra bisa terdeteksi.

Sebelum citra diolah sehingga hanya tersisa *feature* AU (*action unit*) saja, citra diperhalus dengan filter rerata yang bertujuan mengurangi *noise* pada citra. Citra

hasil filter rerata kemudian diolah dengan program deteksi tepi. Adapun alur langkah kerjanya sebagai berikut;

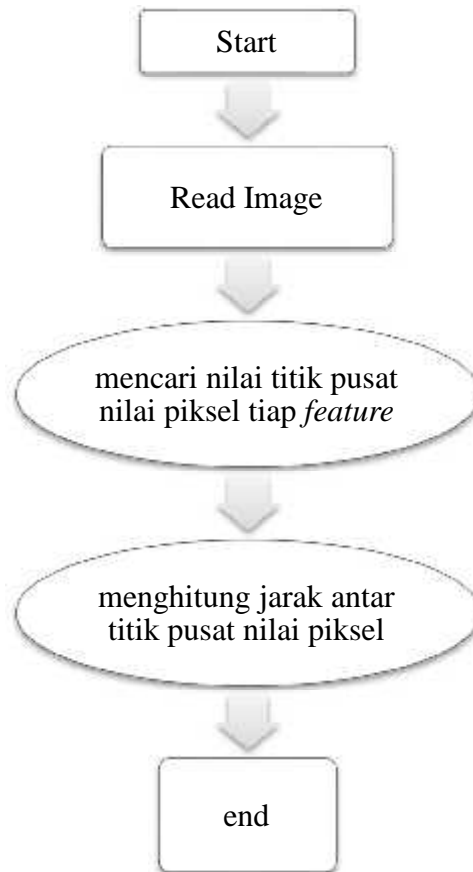


Gambar 10. Alur langkah kerja pengolahan citra

2. Pengenalan Pola

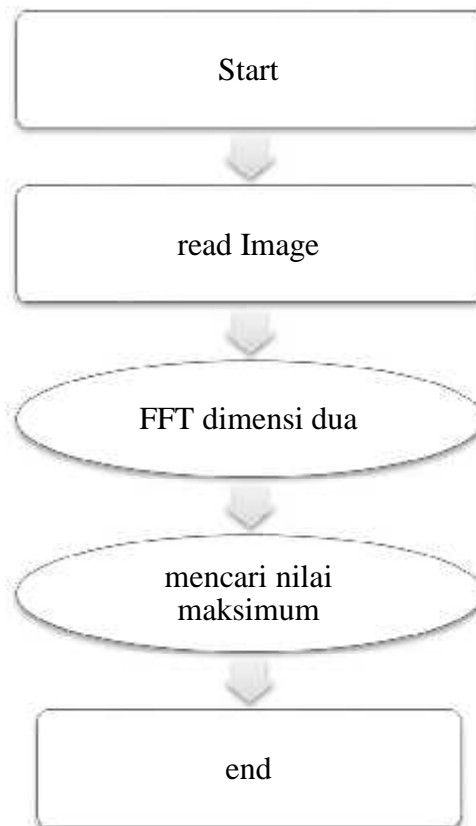
Citra hasil deteksi tepi menghasilkan citra yang terdiri dari AU (*action unit*) dari ekspresi gembira yaitu mata dan mulut. Tahapan pengenalan pola dibagi menjadi dua, pertama melakukan analisis jarak. Dengan menghitung titik tengah dari tiap komponen *action unit* pada citra, akan diperoleh jarak tiap komponen *action unit*, yang akan menjadi ciri dari ekspresi gembira. Proses kedua yaitu menyatakan citra mulut dan wajah ke dalam ekspresi matematis yaitu dengan transformasi Fourier dimensi dua, sehingga diperoleh komponen – komponen frekuensi osilasi domain spasialnya.

Adapun alur kerja proses pertama sebagai berikut;



Gambar 11. Alur langkah kerja pertama pengenalan pola ekspresi gembira wajah

Untuk proses kedua, alur kerjanya sebagai berikut;



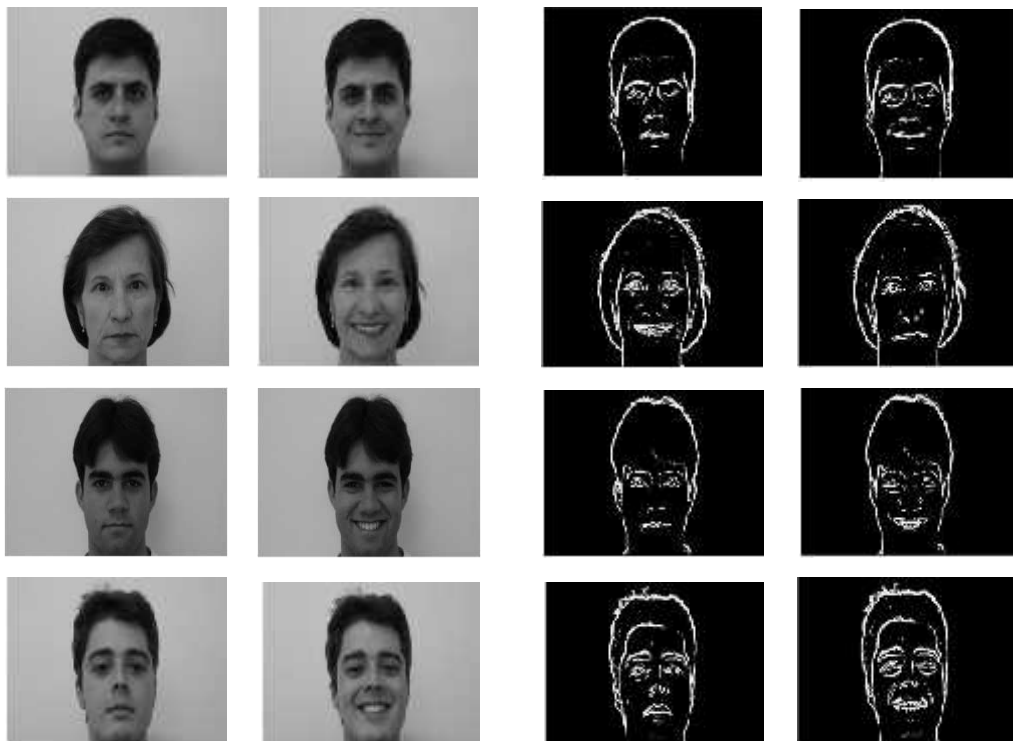
Gambar 12. Alur langkah kerja kedua pengenalan ekspresi gembira wajah

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Masalah – masalah seperti perbedaan bagian wajah dan bukan wajah pada citra, pola morfologi wajah, pola statistik citra wajah dan ekspresi matematis dari ekspresi gembira, akan dibahas pada bagian ini. Proses kerja yang meliputi dua langkah besar yaitu pengolahan citra digital dan pengenalan pola, telah dilakukan untuk masalah – masalah tersebut di atas. Adapun hasil dari proses kerja dan pembahasannya adalah sebagai berikut:

A. Perbedaan bagian wajah dan bukan wajah pada citra

Dengan memanfaatkan perbedaan nilai intensitas antara bagian wajah dan bukan wajah, maka dapat dibedakan bagian wajah dan bukan wajah. Dengan menggunakan filter deteksi tepi maka diperoleh hasil sebagai berikut.



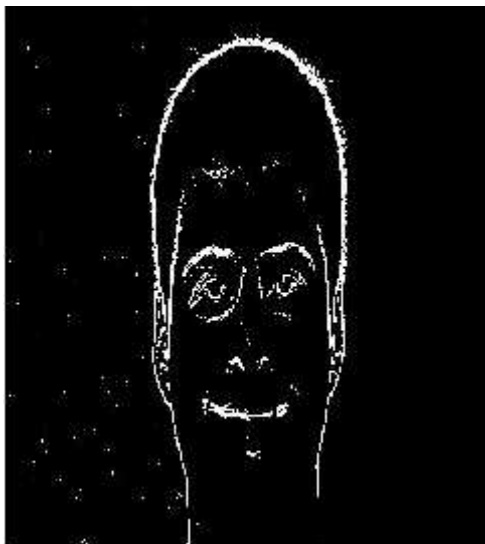
Gambar 13.a. citra *gray-scale*

b. citra biner

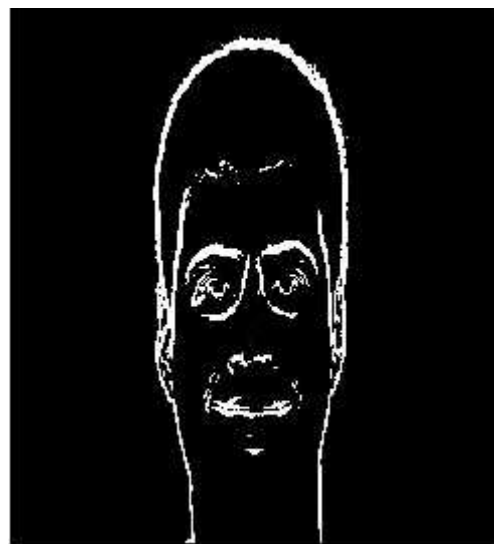
Gambar 13.b merupakan hasil filter deteksi tepi dari Gambar 13.a. Filter deteksi tepi menghasilkan citra biner yang akan bernilai piksel 1 pada piksel yang memiliki nilai gradien yang besar terhadap piksel tetangganya. Maka dengan memanfaatkan filter deteksi tepi dapat dibedakan bagian wajah dan bukan wajah.

Dari citra biner hasil deteksi tepi dapat diperoleh informasi bahwa piksel – piksel yang bernilai 1 semuanya terdapat pada bagian wajah. Sedangkan piksel yang bernilai 0 terdapat pada kedua bagian baik bagian wajah maupun bukan wajah. Maka mesin cukup mengenali piksel – piksel yang bernilai 1 sebagai bagian wajah dari citra.

Dalam memperoleh citra biner di atas, selain melalui proses deteksi tepi, citra *gray-scale* juga melalui proses filter rerata. Filter rerata dikenakan pada citra *gray-scale* dengan tujuan untuk menghilangkan *noise*. Contoh perbedaan citra yang dikenai filter rerata dengan citra yang tidak dikenai filter rerata terlihat seperti gambar berikut.



Gambar 14.a. Citra sebelum difilter

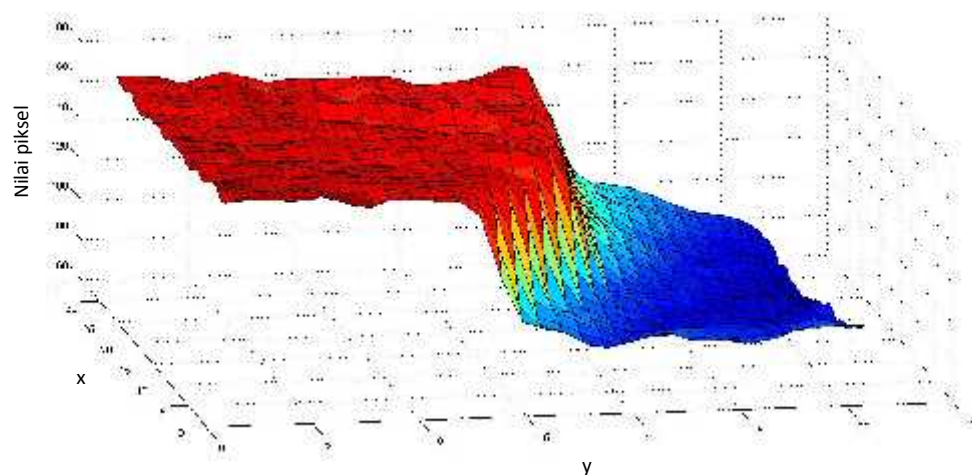


b. Citra sesudah difilter

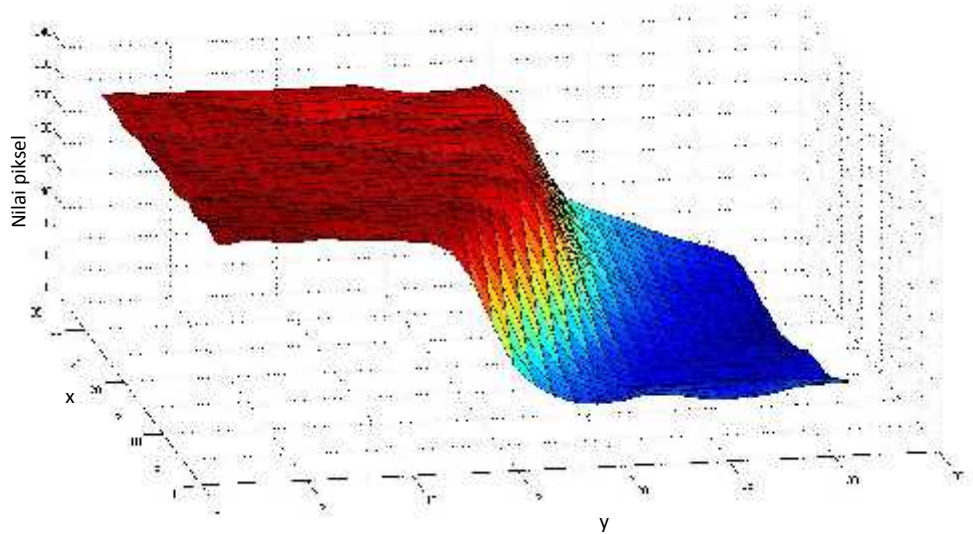
Pada Gambar 14.a tampak citra hasil deteksi tepi terdapat beberapa *noise* berupa titik – titik putih. Filter rerata berhasil bekerja pada citra, sehingga *noise* pada citra bisa hilang seperti yang terlihat pada Gambar 14.b. *Noise* tersebut akan mengganggu pada proses pengenalan pola karena banyaknya nilai piksel yang sama di luar *action unit* ekspresi gembira yaitu berupa mata dan mulut.

Noise tersebut muncul karena citra awal, sebelum proses deteksi tepi, memiliki gradien nilai intensitas cahaya, yang diwakili oleh nilai piksel, antar titik yang cukup besar. Gradien tersebut disebabkan oleh tingkat kepekaan sensor citra pada kamera yang tinggi dan akibat peningkatan nilai piksel yang dilakukan dalam proses pengolahan citra. Peningkatan nilai piksel dilakukan dengan tujuan agar citra wajah dapat terbentuk sempurna.

Penggunaan filter rerata pada pengolahan citra, khususnya pada filter deteksi tepi, membuat filter deteksi tepi hanya bekerja pada gradien antar titik yang cukup besar nilainya. Proses kerja filter rerata dapat ditunjukkan dengan grafik pada gambar 15.



Gambar 15. Grafik sampel matrik citra sebelum dikenai filter rerata



Gambar 16. Grafik sampel matrik citra sesudah dikenai filter rerata

Kedua grafik menunjukkan bahwa filter rerata bekerja menghilangkan *noise* pada citra. *Noise* ditunjukkan dengan permukaan kontur yang tidak rata dengan adanya riak seperti ditunjukkan pada Gambar 15. Riak – riak kecil menunjukkan adanya perbedaan nilai piksel antar titik yang akan menimbulkan *noise*. Dengan filter rerata, riak – riak kecil hilang sehingga permukaan kontur lebih rata seperti ditunjukkan pada Gambar 16.

Selain menghilangkan *noise*, kedua grafik menunjukkan filter rerata membantu kerja dari filter deteksi tepi. Daerah yang memiliki nilai gradien piksel yang besar tidak hilang setelah dikenai filter rerata, sehingga filter deteksi tepi dapat menunjukkan tepi antar objek pada citra.

B. Pola morfologi wajah manusia saat menampilkan ekspresi gembira

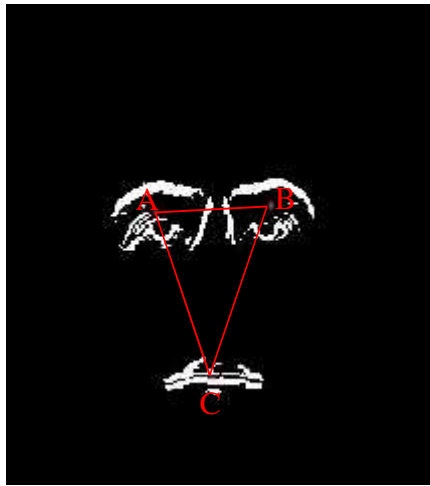
Setelah mengalami proses pengolahan citra, maka citra akan menampilkan obyek berupa wajah manusia saja. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh

Paul Ekman dan W.Friessen yang mengklasifikasi ekspresi wajah, dan *action unit*nya, hanya diambil mulut dan mata sebagai obyek yang diteliti, karena ketika menampilkan ekspresi gembira, kedua bagian tersebut yang mengalami perubahan bentuk. Perubahan bentuk ini merupakan ciri khas dari ekspresi gembira. Ketika menampilkan ekspresi gembira, bagian mulut cenderung membuka ataupun melebar ke samping dan mengalami perubahan bentuk dari bentuk semula, sebelum menampilkan ekspresi gembira. Selain mulut, mata juga mengalami perubahan bentuk ketika menampilkan ekspresi gembira. Untuk beberapa orang, mata akan cenderung menutup ketika menampilkan ekspresi gembira dan menimbulkan kerutan kulit di sekitar mata. Namun untuk sampel ini mata tidak mengalami perubahan bentuk yang signifikan.

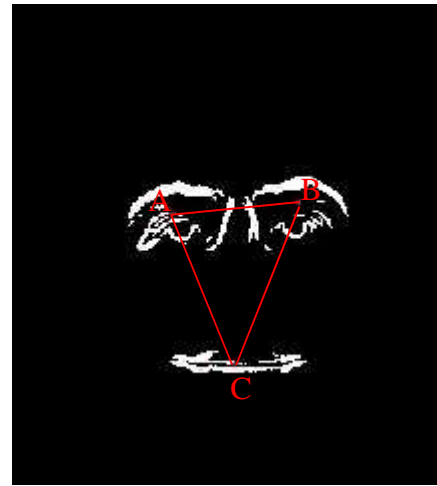
Dalam proses mencari pola morfologi dari wajah manusia, digunakan metode penghitungan jarak antar obyek, yakni mata dan mulut. Jarak tiap obyek dinyatakan dalam satuan piksel. Jarak antara obyek, yakni mata dan mulut, dihitung dari titik pusat nilai piksel masing – masing obyek. Dari titik pusat tersebut akan ditarik garis lurus yang saling menghubungkan sehingga akan diperoleh nilai jarak antara masing – masing obyek. Titik pusat nilai piksel dari citra mulut dan mata diperoleh dengan cara yang sama seperti menghitung nilai pusat massa benda diskrit yang bergerak memenuhi Hukum Newton.

Nilai jarak antar obyek ini menjadi penting dalam proses analisis pola ekspresi wajah manusia, karena untuk ekspresi yang berbeda, nilai jarak antar obyek akan berbeda pula. Oleh karena itu nilai jarak antar obyek bisa digunakan sebagai salah satu parameter dalam mengenali pola ekspresi wajah manusia. Perbedaan nilai

jarak ini muncul dikarenakan perbedaan letak titik pusat nilai piksel dari masing – masing obyek. Titik pusat nilai piksel mewakili karakteristik bentuk obyek dimana bentuk obyek diwujudkan dalam distribusi titik piksel dalam koordinat tertentu. Bentuk mulut tersenyum dan tidak tersenyum dalam citra biner akan berbeda titik pusat nilai pikselnya karena distribusi titik piksel yang berbeda dan letak koordinatnya yang berbeda.



Gambar 17.a. Titik pusat untuk ekspresi netral




b. Titik pusat untuk ekspresi gembira






Pada Gambar 17 telah diperoleh 3 titik pusat obyek yang kemudian dihubungkan garis lurus yang membentuk segitiga, dimana untuk Gambar 17.a titik A berada pada koordinat (273,61;184,02), titik B pada (373,15;179,66), dan titik C pada (321,42;287,41). Sedangkan untuk Gambar 17.b titik A berada pada koordinat (267,36;187,59), titik B pada (367,51;181,42), dan titik C pada (316,63;284,29). Setelah diperoleh nilai titik pusat, dengan menggunakan perhitungan jarak, maka untuk Gambar 17.a diperoleh nilai AB sebesar 99.64 piksel, AC sebesar 113.90 piksel, dan BC sebesar 119,51 piksel. Sedangkan untuk



Gambar 17.b diperoleh nilai AB sebesar 100.34 piksel, AC sebesar 108.53 piksel, dan BC sebesar 114,76 piksel.

Bentuk segitiga yang menghubungkan titik – titik pusat obyek merupakan salah satu parameter dalam mengenali ekspresi wajah manusia, khususnya ekspresi gembira. Ukuran sisi – sisi segitiga yang terbentuk bisa berbeda tergantung ukuran proporsi citra wajah, kerapatan piksel, kontrasnya distribusi piksel, dan ukuran citra. Namun bentuk segitiga ini tetap bisa dipakai sebagai salah satu parameter untuk mengenali ekspresi gembira wajah manusia, dengan membandingkan panjang sisi pola segitiga yang terbentuk dari ekspresi gembira dengan panjang sisi pola segitiga yang terbentuk dari citra wajah yang melakukan ekspresi netral. Sehingga untuk Gambar 17.a dan 17.b nilai perbandingan sisi – sisinya diperoleh nilai AB sebesar 1.0071, AC sebesar 0.9528 dan BC sebesar 0.9602. Adapun untuk kedelapan sampel penelitian diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 2. Pola Morfologi Citra Ekspresi Gembira

Citra	Titik Pusat Nilai Piksel	Jarak Euclidean (piksel)	Rasio Sisi (sisi segitiga netral / sisi segitiga gembira)
 1-11.jpg	A = (273,61;184,02) B = (373,15;179,66) C = (321,42;287,41)	AB = 99,64 AC = 113,90 BC = 119,51	AB = 1,0071

 1-12.jpg	$A = (267,36;187,59)$ $B = (367,51;181,42)$ $C = (316,63;284,29)$	$AB = 100,34$ $AC = 108,53$ $BC = 114,76$	$AC = 0,9528$ $BC = 0,9602$
 29-11.jpg	$A = (271,54;195,92)$ $B = (372,91;188,55)$ $C = (322,01;310,97)$	$AB = 101,63$ $AC = 125,63$ $BC = 132,58$	$AB = 1,0634$ $AC = 0,9292$ $BC = 0,8778$
 29-12.jpg	$A = (267,09;190,02)$ $B = (375,17;190,59)$ $C = (320,97;293,58)$	$AB = 108,07$ $AC = 116,73$ $BC = 116,38$	
 40-11.jpg	$A = (275,49;205,39)$ $B = (370,67;206,48)$ $C = (319,18;310,75)$	$AB = 95,18$ $AC = 114,05$ $BC = 116,29$	$AB = 1,0721$ $AC = 0,9383$ $BC = 0,9489$
 40-12.jpg	$A = (269,96;211,46)$ $B = (372,00;211,43)$ $C = (317,46;307,36)$	$AB = 102,04$ $AC = 107,02$ $BC = 110,35$	

 50-11.jpg	$A = (271,65;189,92)$ $B = (380,72;185,91)$ $C = (323,89;298,47)$	$AB = 109,14$ $AC = 120,46$ $BC = 126,09$	$AB = 1,0178$ $AC = 0,9644$ $BC = 0,9297$
 50-12.jpg	$A = (268,60;190,59)$ $B = (379,64;187,62)$ $C = (325,76;291,73)$	$AB = 111,08$ $AC = 116,18$ $BC = 117,22$	

Dari Tabel 2 terdapat nilai rasio sisi yang diperoleh dari nilai perbandingan masing - masing sisi segitiga dari ekspresi gembira dengan sisi segitiga dari ekspresi netral. Nilai rasio AB menunjukkan rasio jarak titik pusat nilai piksel mata kanan dengan mata kiri, rasio AC menunjukkan nilai rasio jarak titik pusat nilai piksel mata kanan dengan mulut dan BC menunjukkan nilai rasio jarak titik pusat nilai piksel mata kiri dengan mulut. Nilai rasio ini yang kemudian akan digunakan sebagai informasi khas dari ekspresi gembira.

Masing – masing nilai rasio yang dimiliki tiap wajah memiliki pola kecenderungan nilai yang hampir sama. Untuk nilai AB dari keempat wajah menunjukkan kecenderungan nilai >1 , yang berarti jarak titik pusat nilai piksel dari mata kanan dan kiri mengalami peningkatan ketika wajah menampilkan ekspresi gembira. Sedang untuk nilai AC dan BC menunjukkan kecenderungan nilai <1 , yang berarti ketika wajah menampilkan ekspresi gembira nilai titik pusat nilai piksel mengalami penurunan.

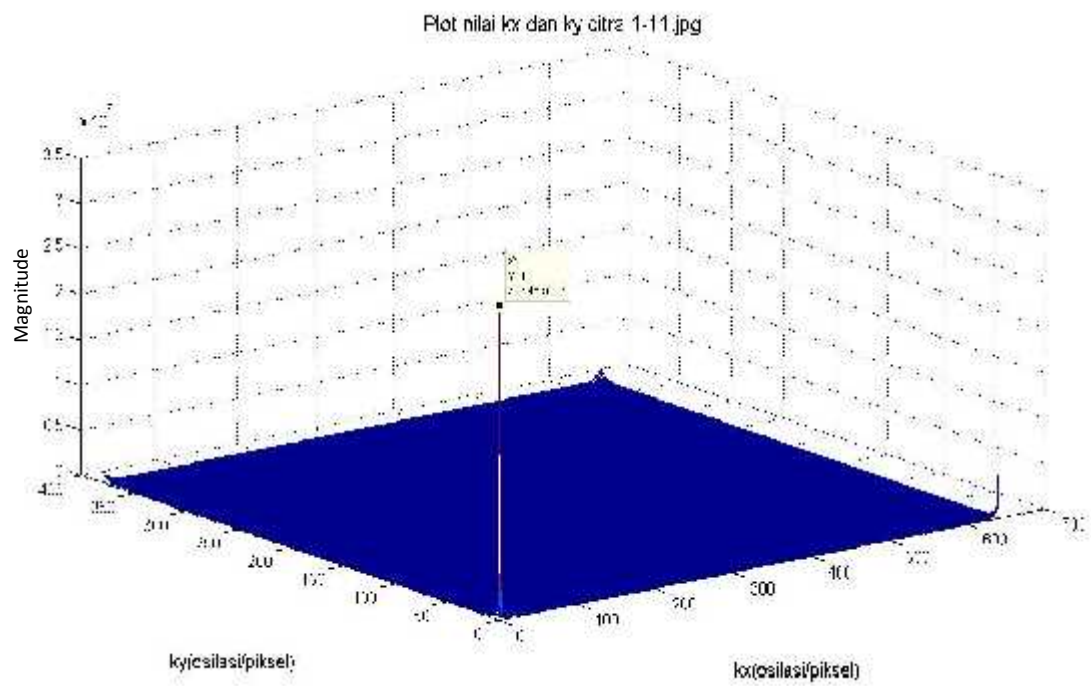
Perubahan nilai titik pusat nilai piksel memiliki arti bahwa jarak tiap *action unit* mengalami perubahan. Selain menandakan adanya perubahan jarak juga menandakan adanya perubahan nilai piksel dari citra biner. Perubahan nilai piksel ditandai dengan munculnya nilai piksel 1 di beberapa titik piksel yang sebelumnya bernilai 0. Munculnya nilai piksel 1 akibat dari kerutan pada kulit di sekitar *action unit*.

C. Transformasi Fourier dimensi 2 citra wajah manusia dan distribusi nilai piksel citra

Transformasi Fourier dimensi 2 dikenakan pada citra sampel bertujuan untuk memperoleh informasi berupa frekuensi osilasi dari citra. Frekuensi osilasi dari kedua sampel ekspresi menyimpan informasi berupa jumlah osilasi dan arah osilasi tiap piksel. Hasil dari transformasi Fourier dimensi 2 dari citra menghasilkan matriks yang beranggotakan nilai frekuensi osilasi sejumlah besar dimensi matriks. Namun informasi yang dianggap penting ditunjukkan oleh frekuensi osilasi yang memiliki nilai maksimum. Adapun plot nilai frekuensi osilasi tiap citra adalah sebagai berikut;



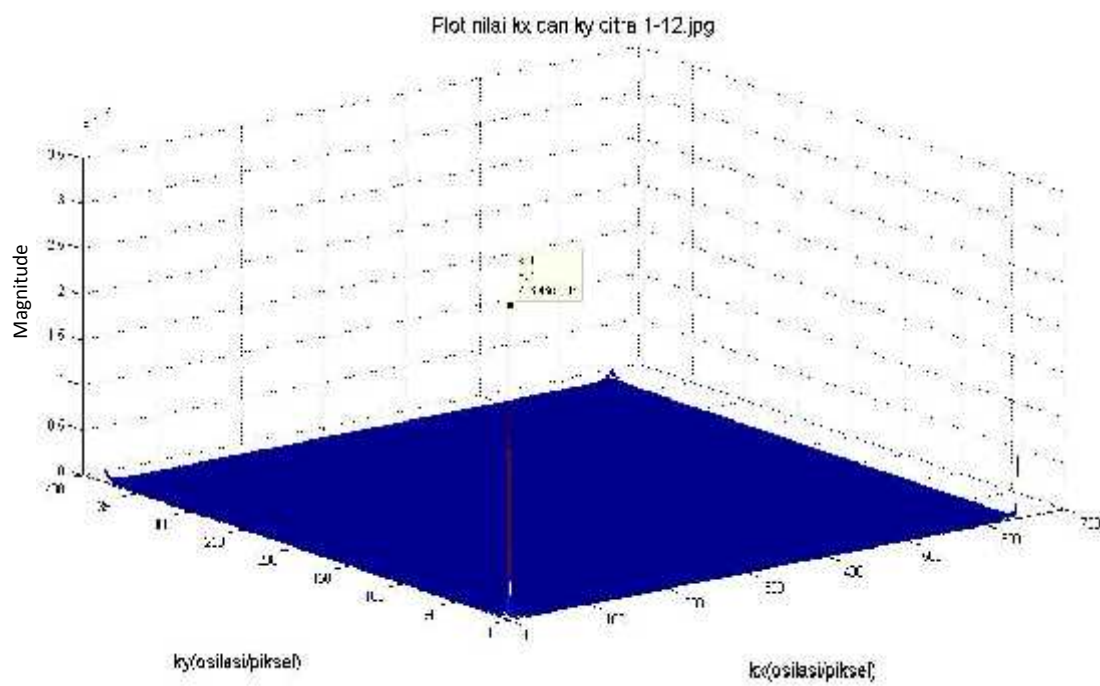
Gambar 18. Citra 1-11.jpg



Gambar 19. Plot transformasi Fourier citra 1-11.jpg



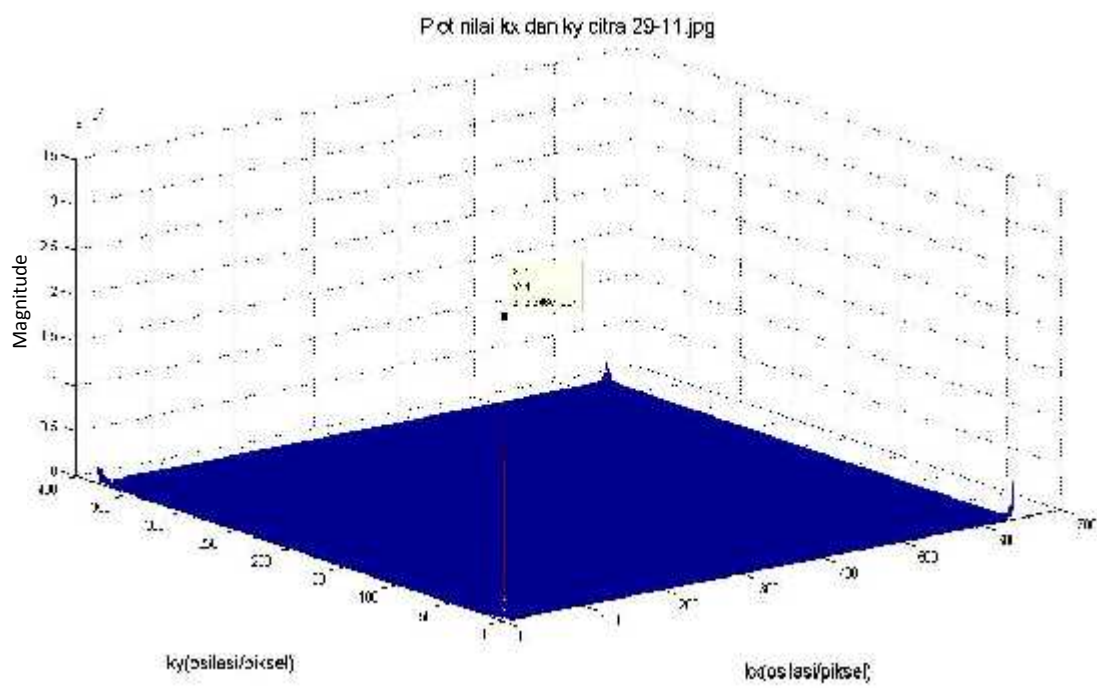
Gambar 20. Citra 1-12.jpg



Gambar 21. Plot transformasi Fourier citra 1-12.jpg



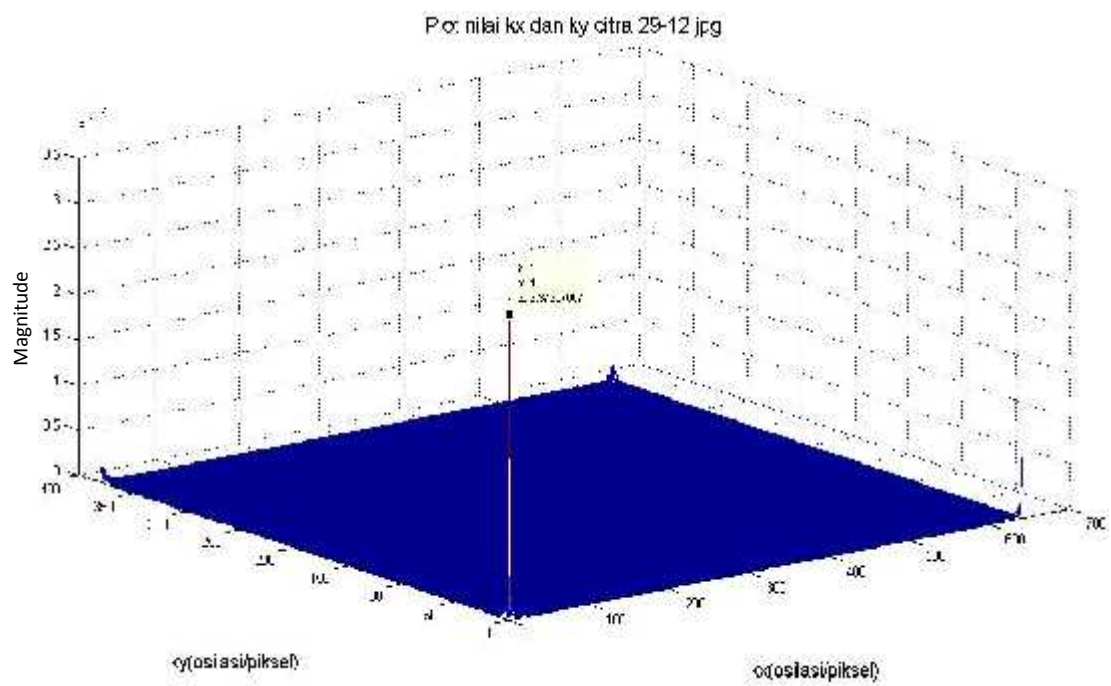
Gambar 22. Citra 29-11.jpg



Gambar 23. Plot transformasi Fourier citra 29-11.jpg



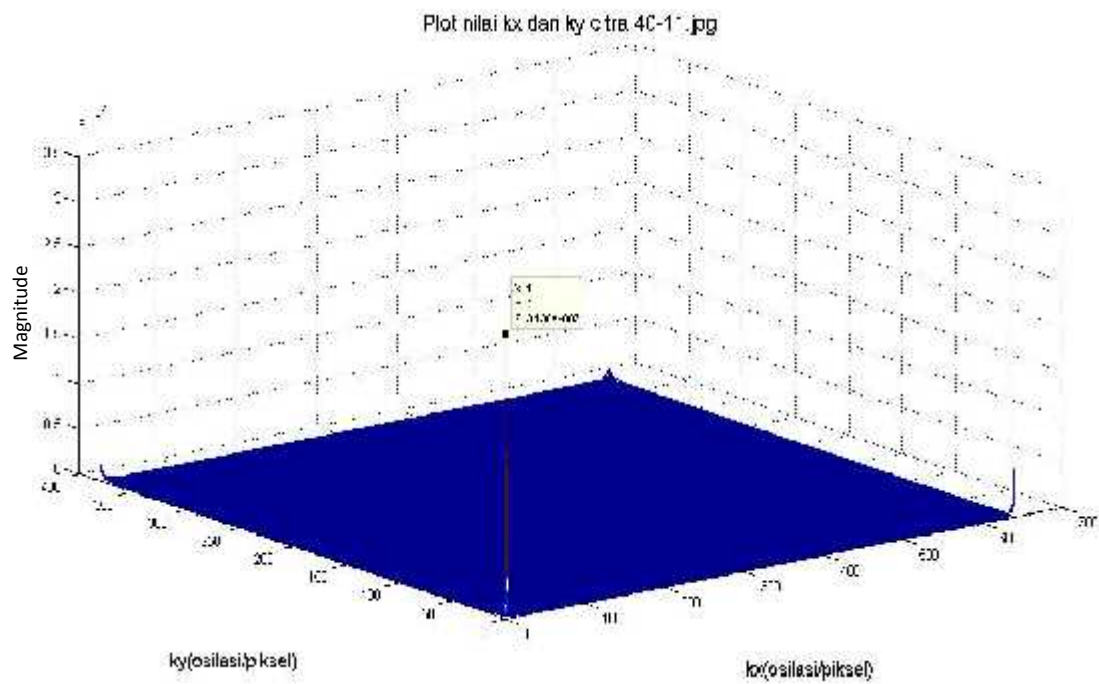
Gambar 24. Citra 29-12.jpg



Gambar 25. Plot transformasi Fourier citra 29-12.jpg



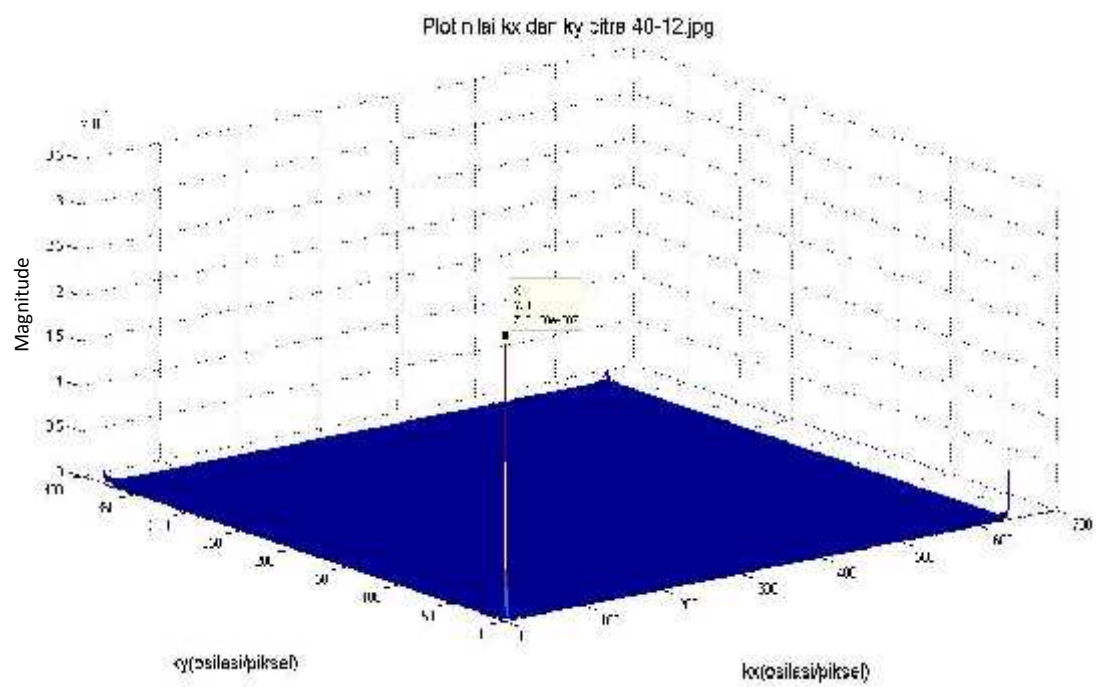
Gambar 26. Citra 40-11.jpg



Gambar 27. Plot transformasi Fourier citra 40-11.jpg



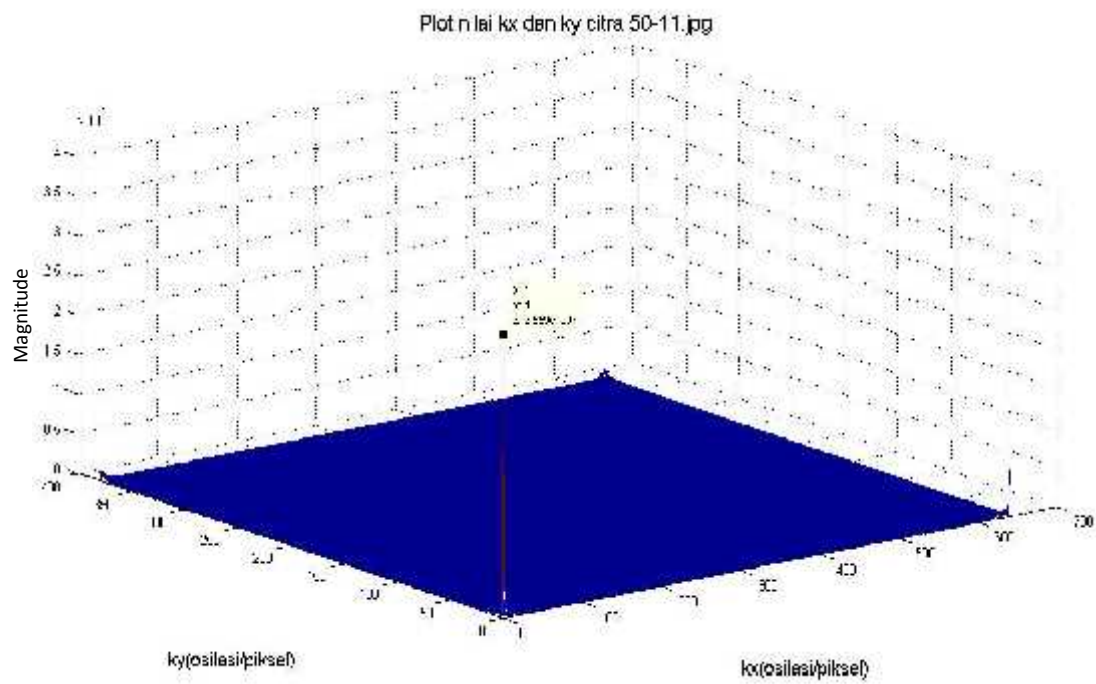
Gambar 28. Citra 40-12.jpg



Gambar 29. Plot transformasi Fourier citra 40-12.jpg



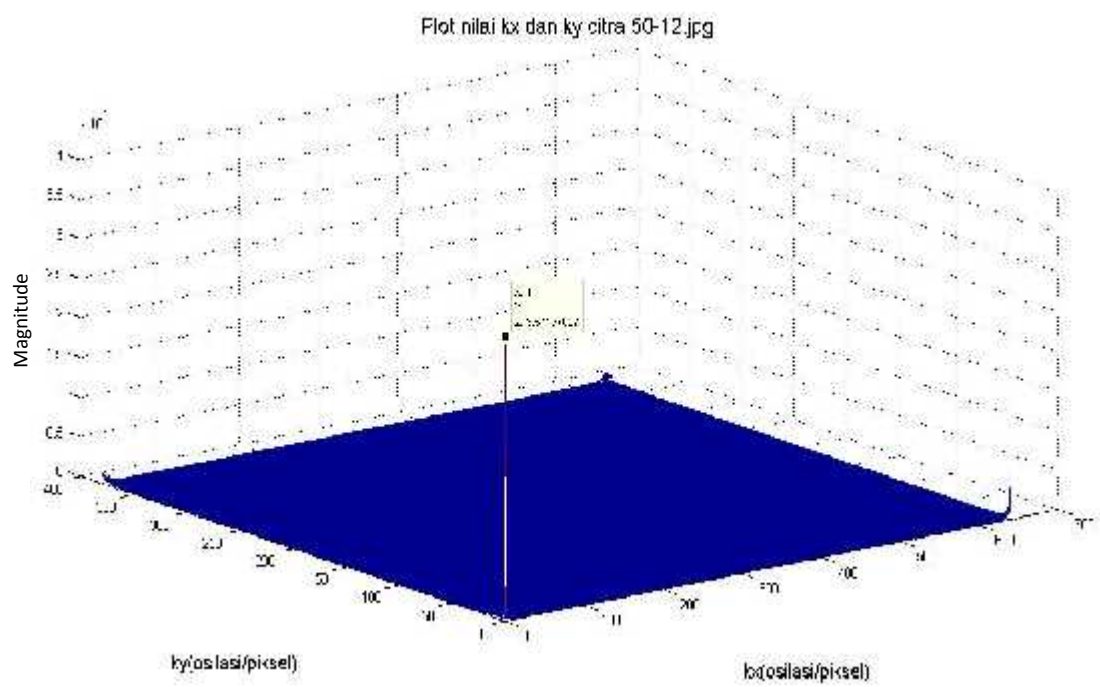
Gambar 30. Citra 50-11.jpg



Gambar 31. Plot transformasi Fourier citra 50-11.jpg



Gambar 32. Citra 50-12.jpg



Gambar 33. Plot transformasi Fourier citra 50-12.jpg

Adapun nilai frekuensi osilasi maksimum dari sampel adalah

Tabel 3. Nilai $S(k_x, k_y)$

citra	$S(k_x, k_y) \times 10^6$			
	$S(1,1)$	$S(1,640)$	$S(2,380)$	$S(380,640)$
1-11	34,6	0,6766	0,1222	0,1242
1-12	34,6	0,6387	0,1267	0,1198
29-11	33,46	0,6657	0,1788	0,1993
29-12	33,73	0,6647	0,1783	0,1767
40-11	31,36	0,7454	0,1688	0,1252
40-12	31,38	0,7589	0,1591	0,1271
50-11	35,59	0,5809	0,1341	0,1195
50-12	35,71	0,5804	0,1173	0,1095

Tabel 3 dan plot transformasi Fourier dari 8 sampel citra menunjukkan nilai magnitude maksimum untuk frekuensi citra sebesar $S(k_x, k_y) = S(1,1)$. Hasil itu menunjukkan bahwa sinyal yang hanya memiliki satu nilai osilasi untuk satu piksel dalam arah x dan y merupakan penyusun nilai paling dominan dari citra. Hal tersebut menandakan bahwa citra merupakan sinyal diskrit. Namun ada hal yang menarik mengenai nilai osilasi $S(k_x, k_y) = S(1,1)$. Ketika nilai magnitude dari $S(k_x, k_y) = S(1,1)$ dalam matriks hasil transformasi Fourier diubah menjadi 0 dan kemudian nilai hasil transformasi Fourier direstorasikan ke dalam matriks citra, maka akan terjadi perubahan pada citra. Perubahan tersebut berupa area sekitar wajah menjadi gelap secara visual. Dengan kata lain area wajah pada citra

memiliki nilai piksel 0 dalam format citra *gray-scale*. Hal tersebut ditunjukkan dalam gambar berikut;













Gambar 34. Citra 29-12.jpg sebelum restorasi







Gambar 35. Citra 29-12.jpg hasil restorasi dengan $S(1,1)=0$

Gambar 35 menunjukkan perubahan yang terjadi ketika matriks hasil transformasi Fourier dari citra 29-12.jpg nilai magnitude $S(1,1)$ diubah menjadi 0. Pada Gambar 35 area wajah memiliki nilai piksel 0, yang berbeda nilainya dari latar belakang pada citra. Sehingga area yang memiliki nilai piksel 0 dapat dianggap sebagai area wajah. Adapun untuk 7 sampel citra lainnya hasilnya sebagai berikut;

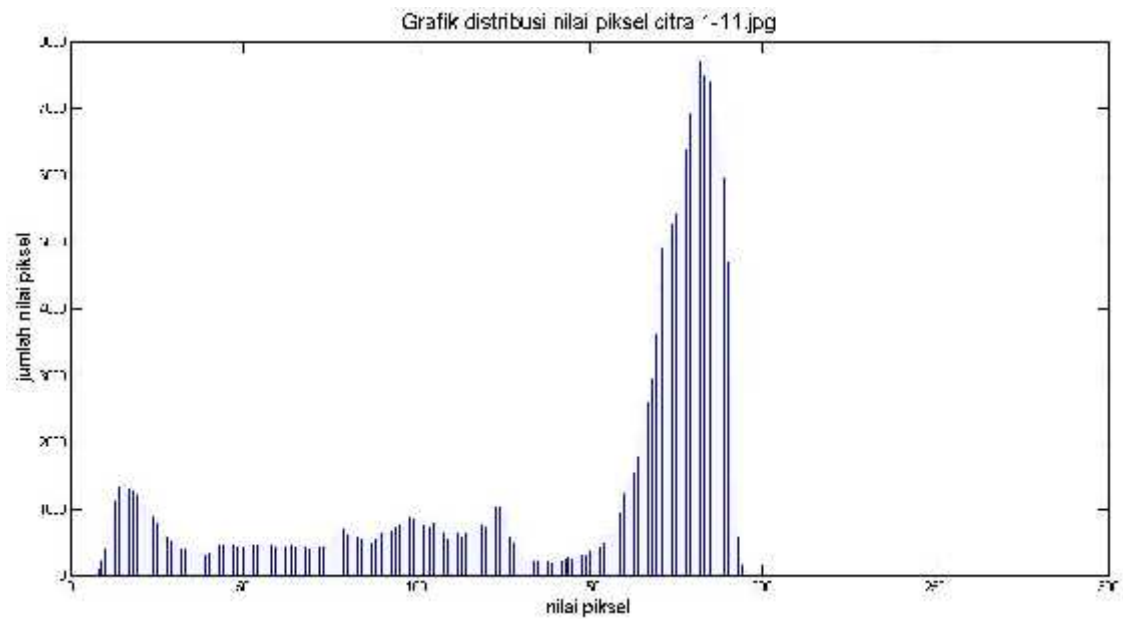
Tabel 4. Hasil restorasi setelah $S(1,1)=0$

Citra asli		Hasil restorasi setelah $S(1,1)=0$	
1-11.jpg			
1-12.jpg			
29-11.jpg			
40-11.jpg			
40-12.jpg			

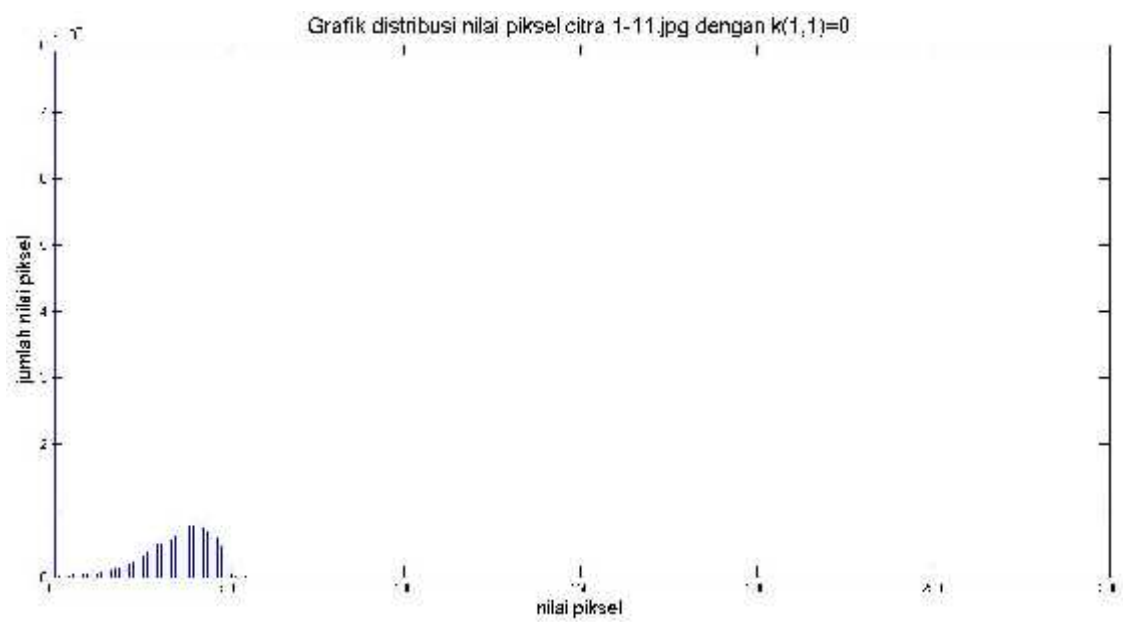
50-11.jpg		
50-12.jpg		

Dengan citra hasil restorasi pada Tabel 4 dapat diketahui bahwa nilai osilasi $S(k_x, k_y) = S(1,1)$ dapat digunakan sebagai informasi mengenai area wajah pada citra, dengan cara mengubah nilai magnitudenya menjadi 0 dan kemudian direstorasi ke dalam bentuk citra *gray-scale*. Dengan menggunakan metode tersebut dapat dilihat pola distribusi nilai piksel dari citra wajah. Nilai distribusi ini dapat digunakan sebagai acuan membedakan area wajah dan bukan wajah.

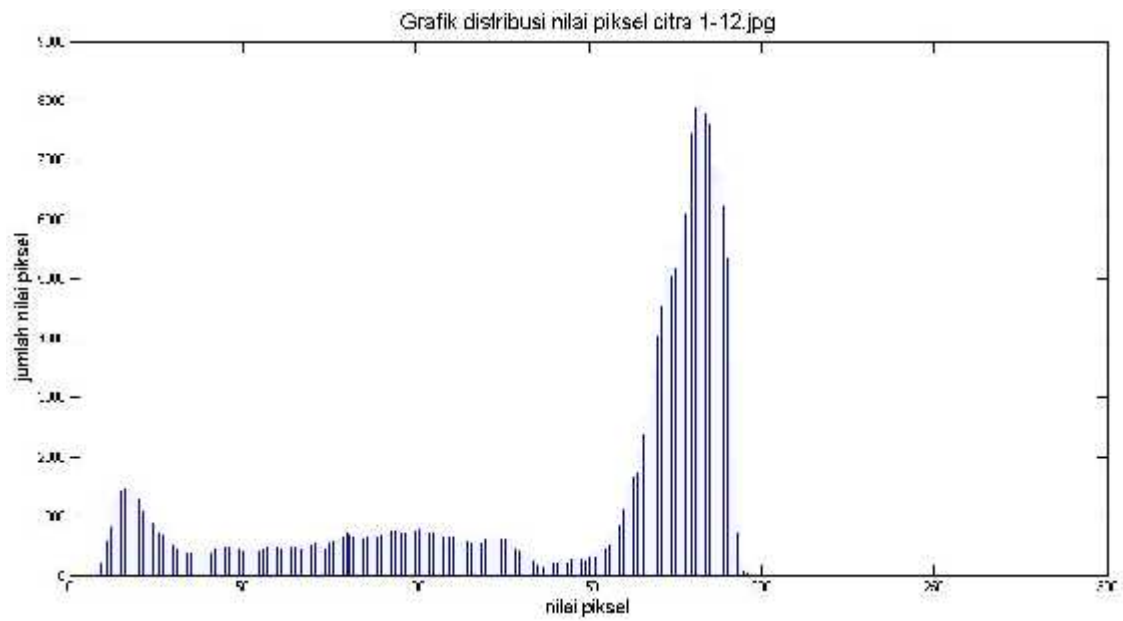
Adapun histogram yang menunjukkan nilai distribusi masing – masing citra ditunjukkan sebagai berikut;



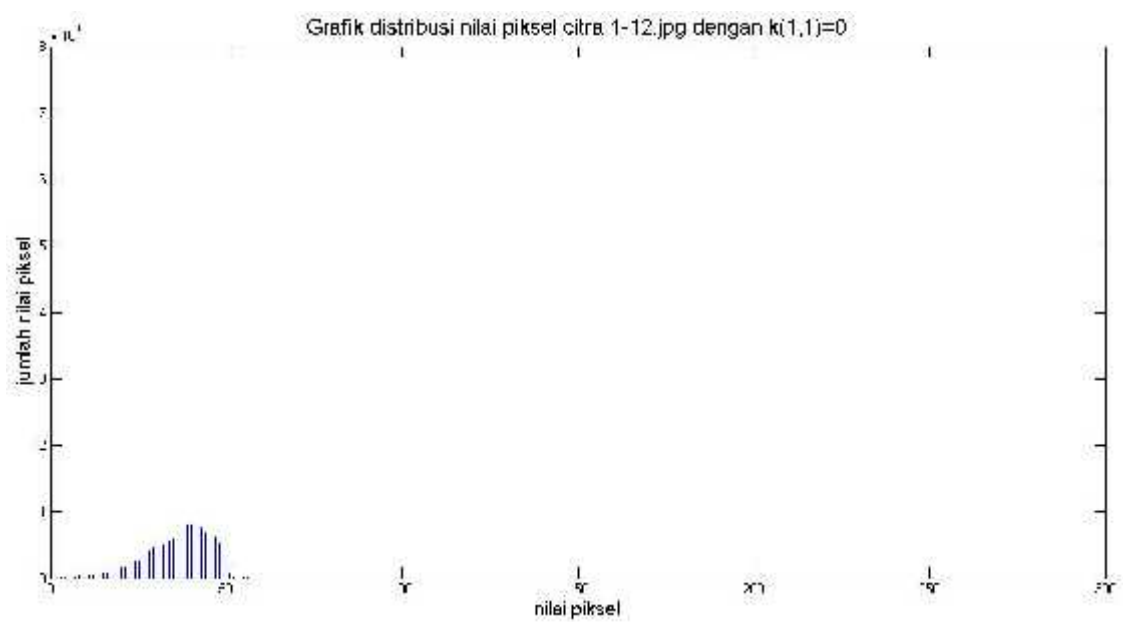
Gambar 36. Histogram citra 1-11.jpg



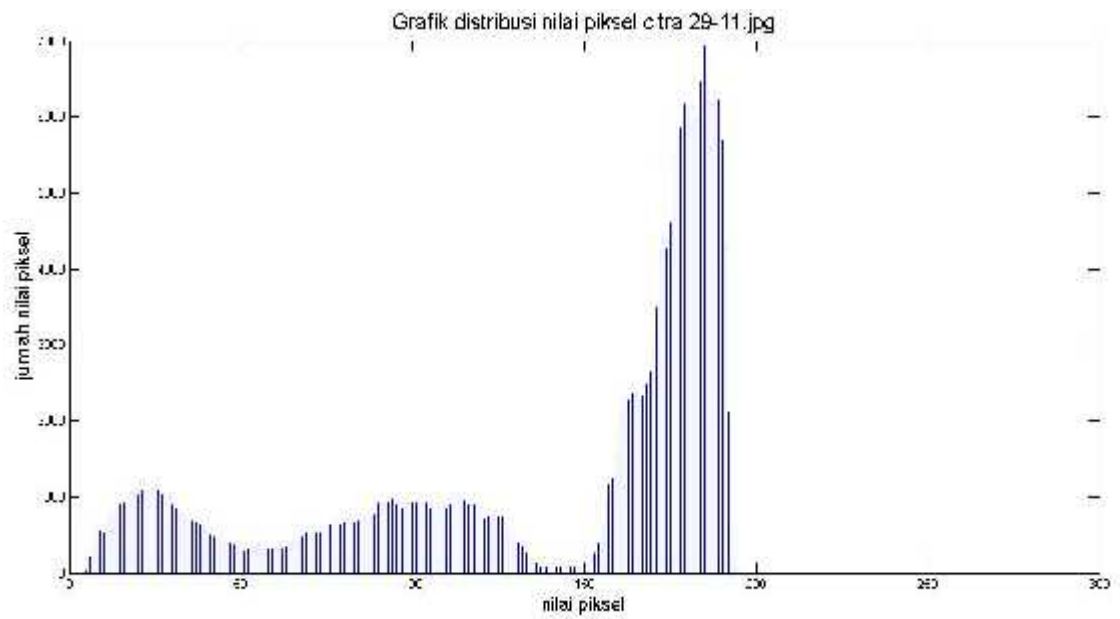
Gambar 37. Histogram citra 1-11.jpg hasil restorasi



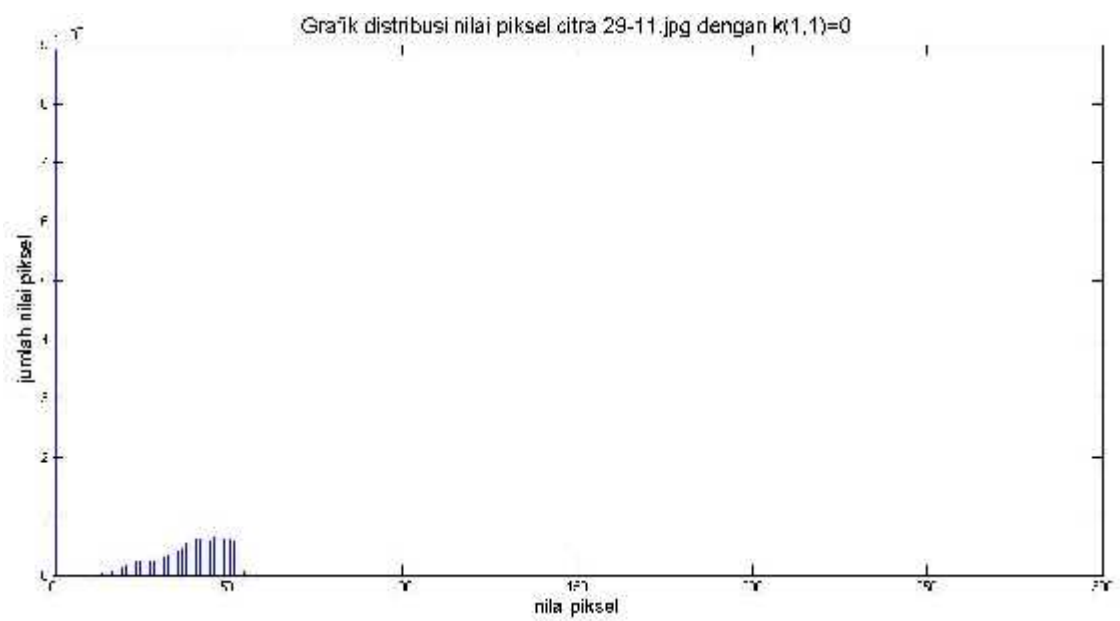
Gambar 38. Histogram citra 1-12.jpg



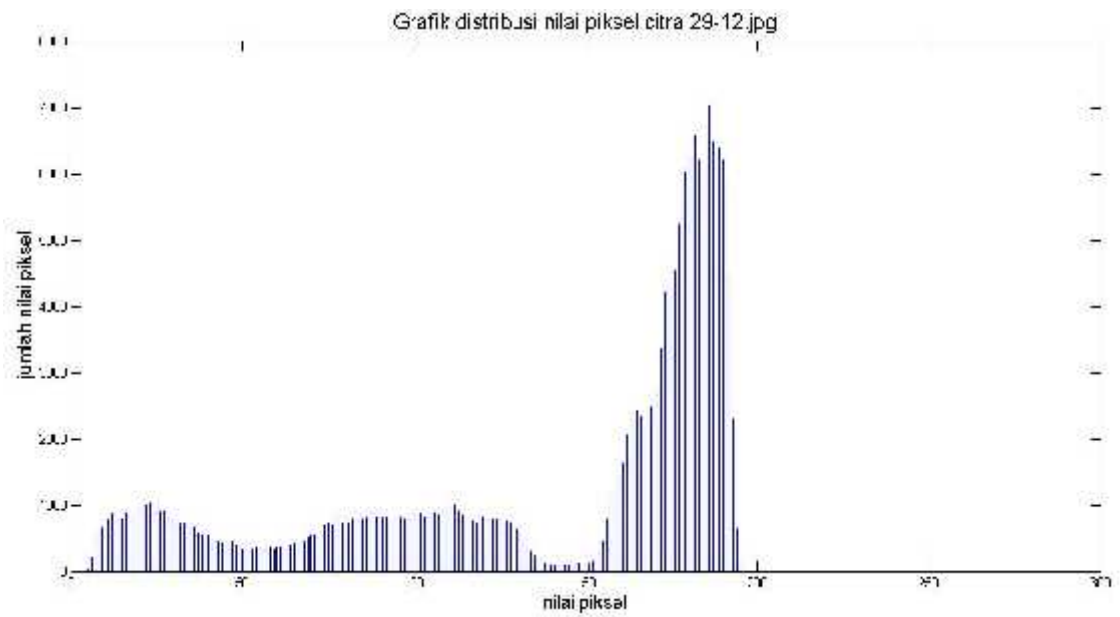
Gambar 39. Histogram citra 1-12.jpg hasil restorasi



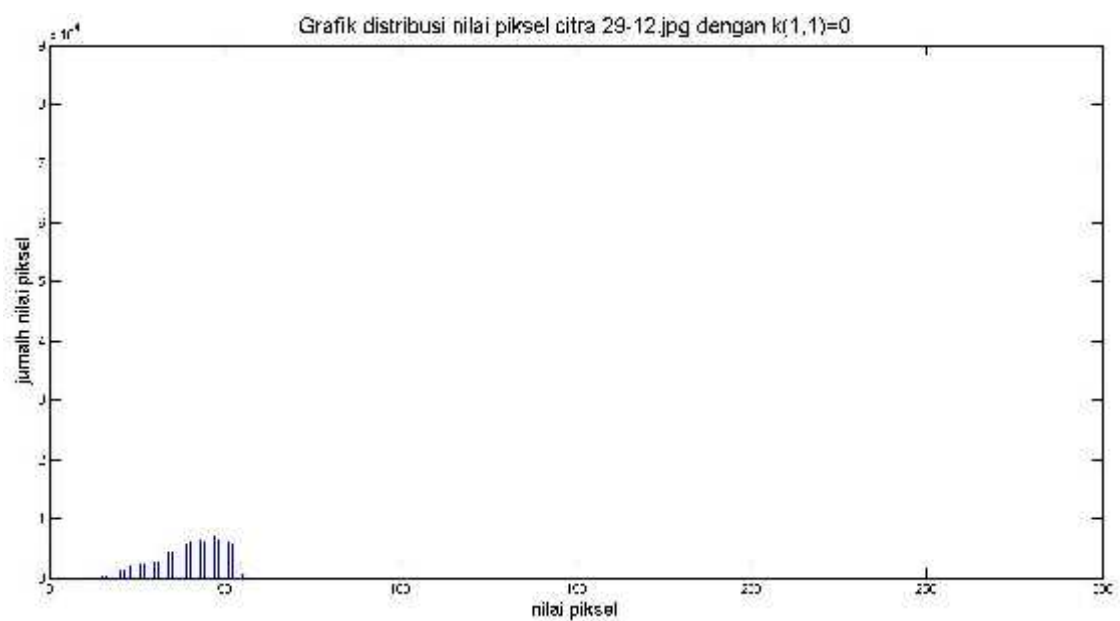
Gambar 40. Histogram citra 29-11.jpg



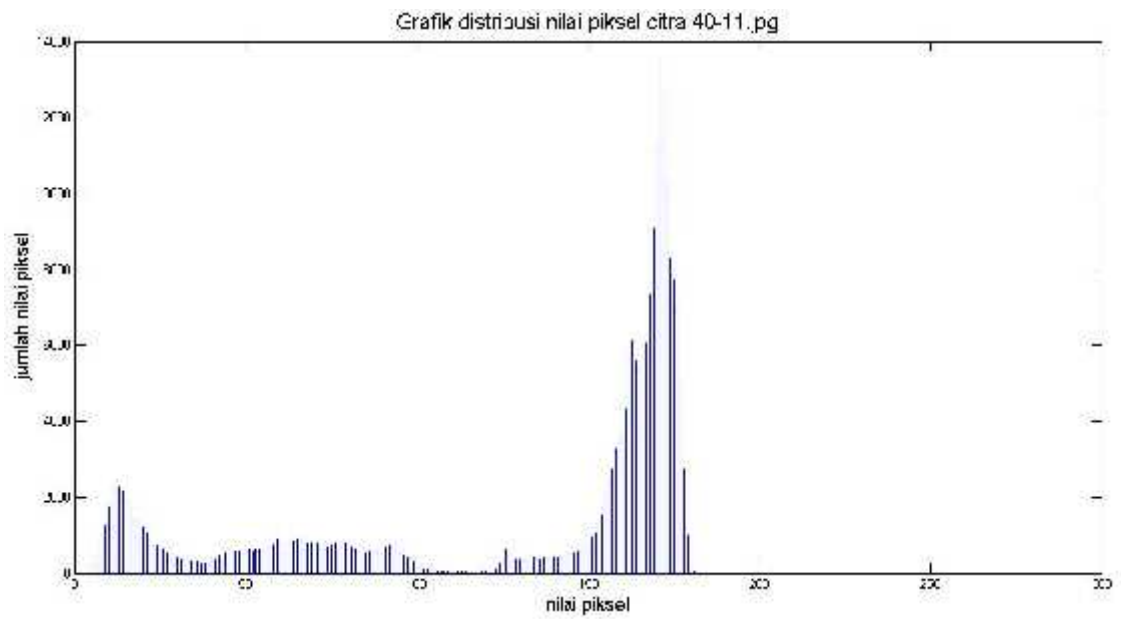
Gambar 41. Histogram citra 29-11.jpg hasil restorasi



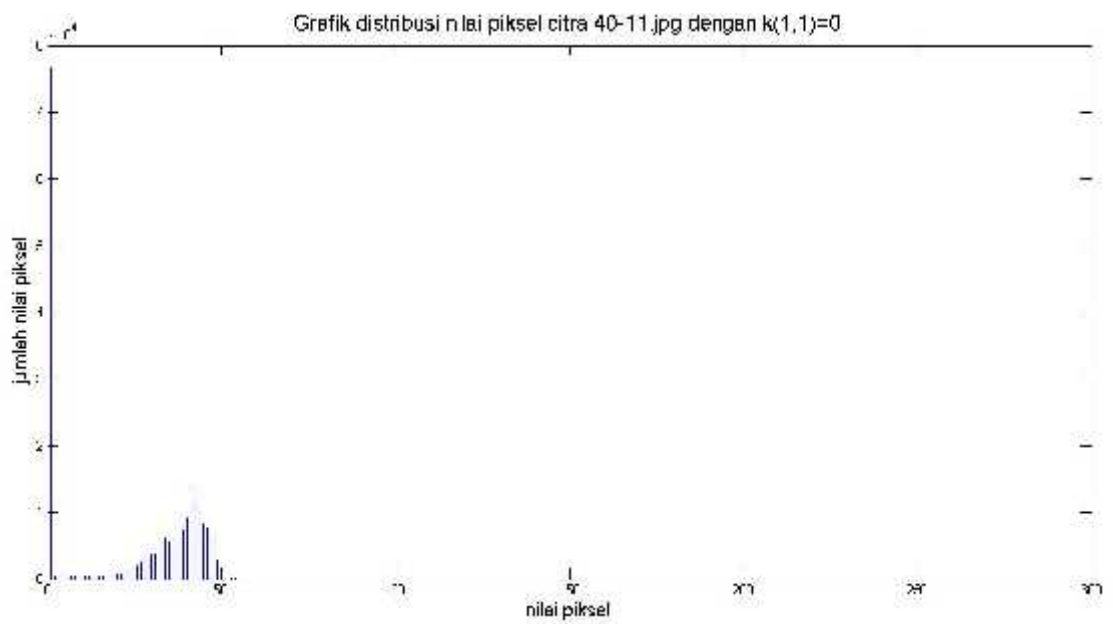
Gambar 42. Histogram citra 29-12.jpg



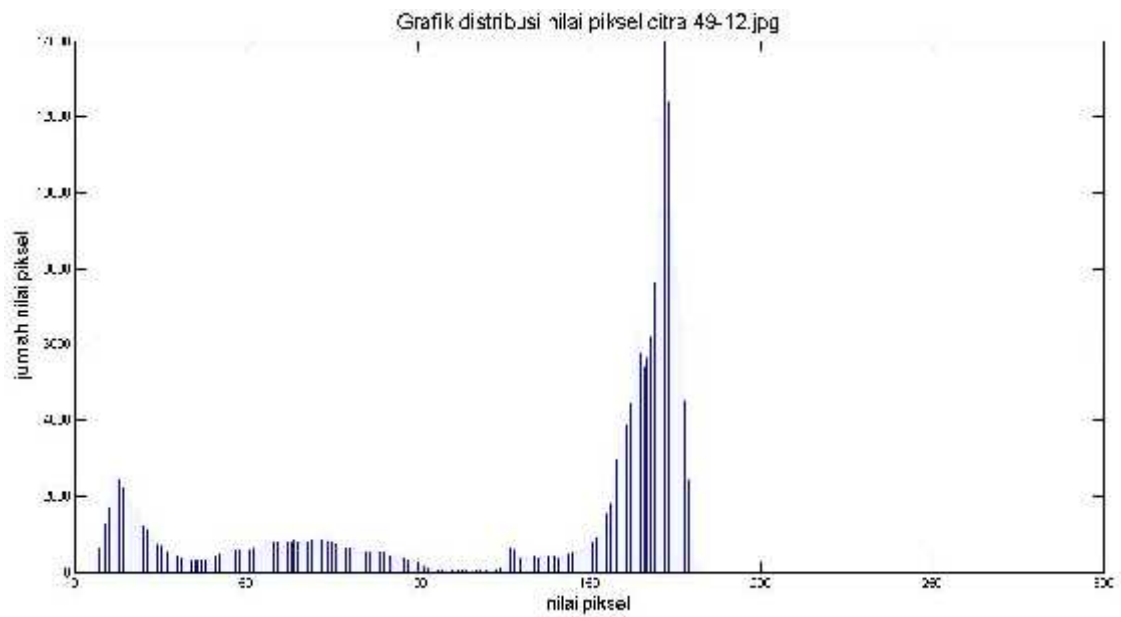
Gambar 43. Histogram citra 29-12.jpg hasil restorasi



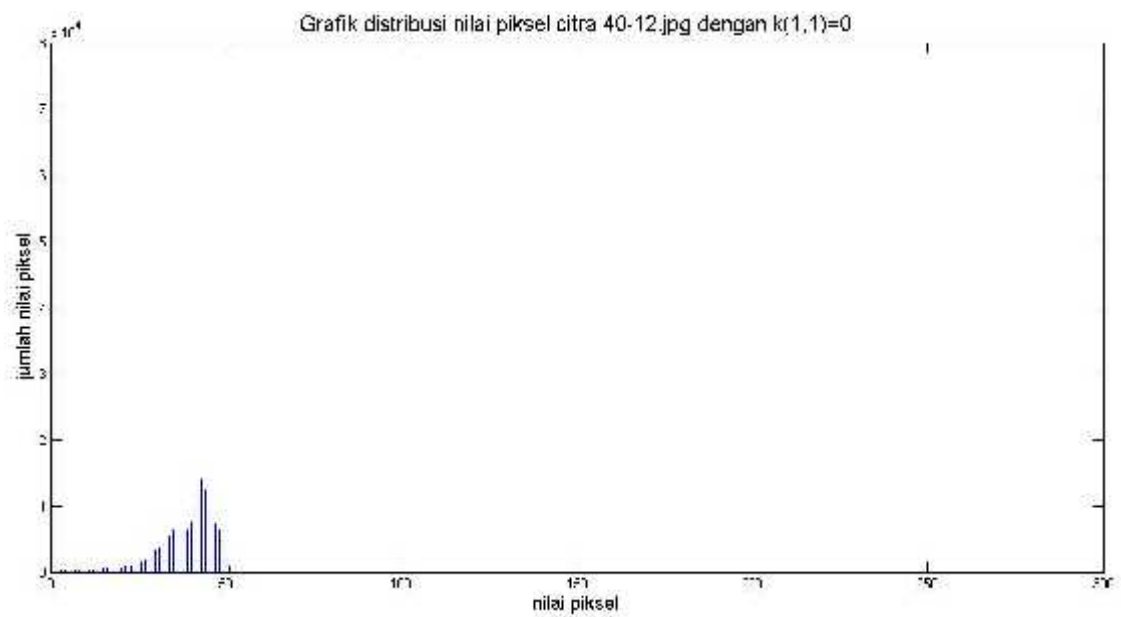
Gambar 44. Histogram citra 40-11.jpg



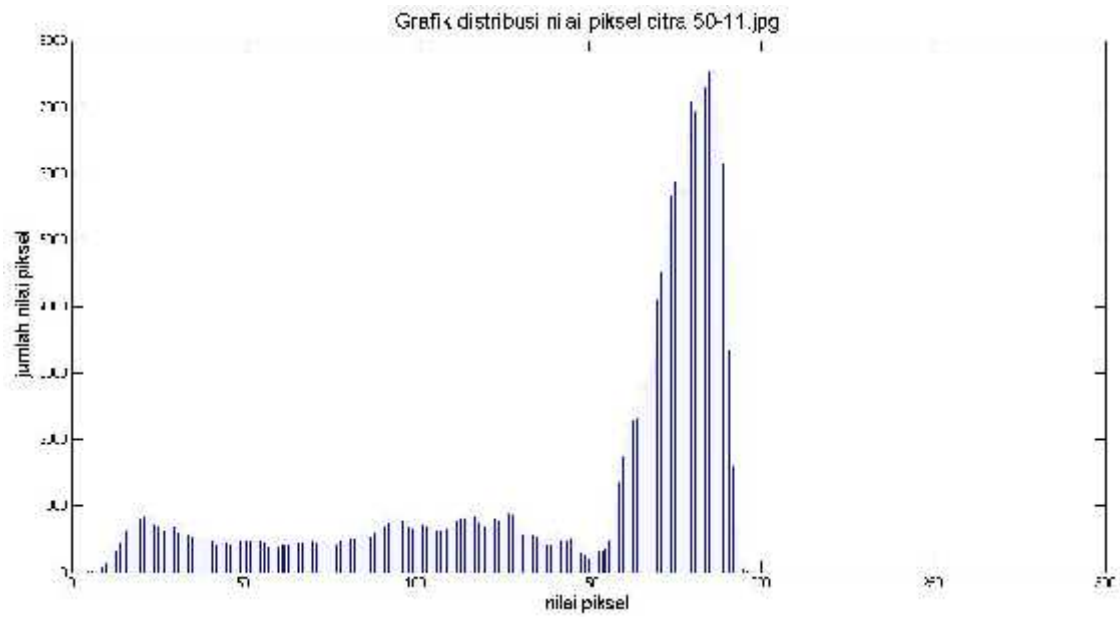
Gambar 45. Histogram citra 40-11 hasil restorasi



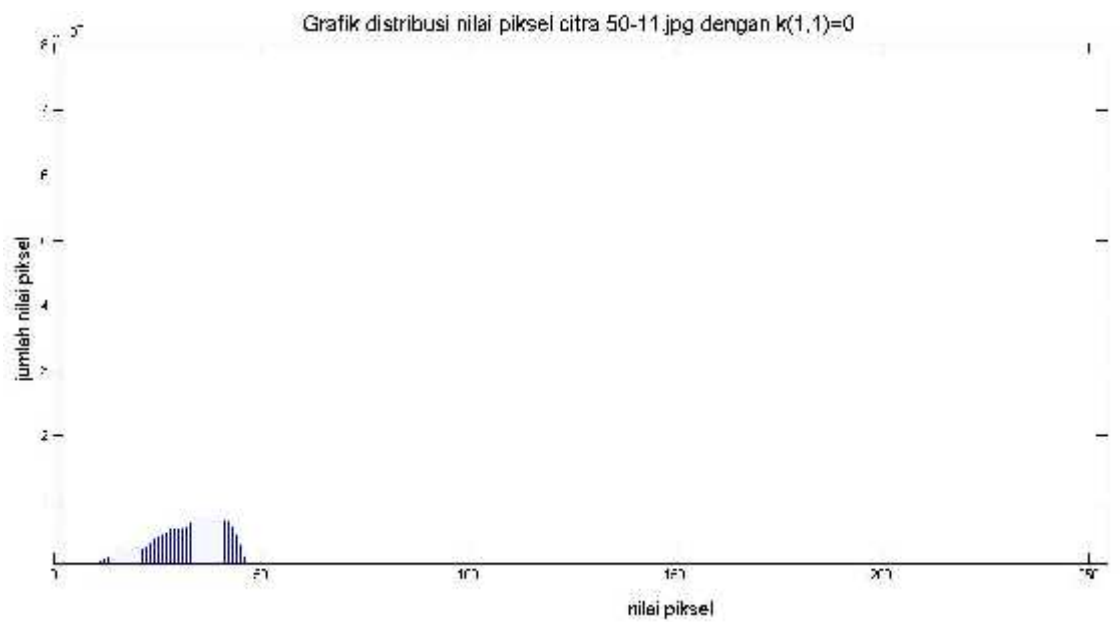
Gambar 46. Histogram citra 40-12.jpg



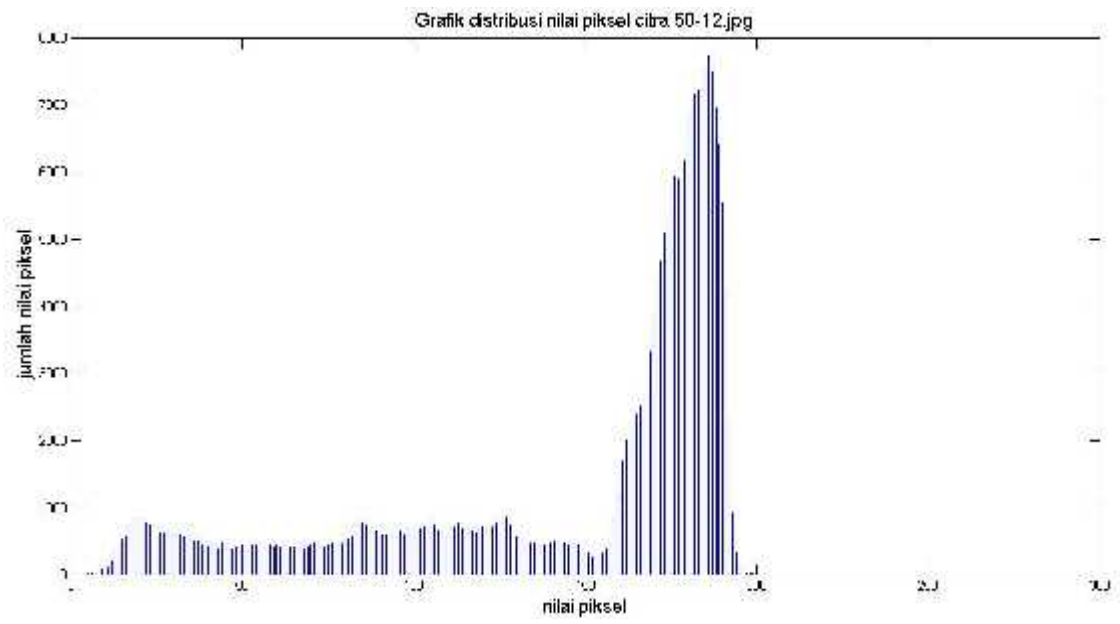
Gambar 47. Histogram citra 40-12.jpg hasil restorasi



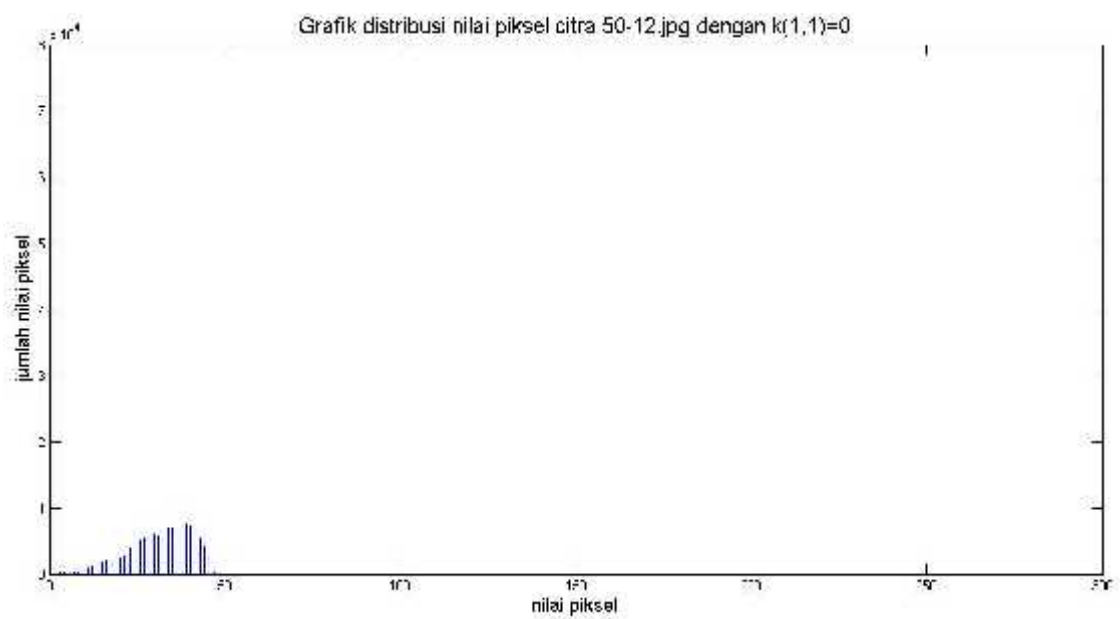
Gambar 48. Histogram citra 50-11.jpg



Gambar 49. Histogram citra 50-11.jpg hasil restorasi



Gambar 50. Histogram citra 50-12.jpg



Gambar 51. Histogram citra 50-12.jpg hasil restorasi

Histogram dari citra hasil restorasi menunjukkan pola distribusi nilai piksel dari masing-masing citra, di mana sumbu x dari histogram menunjukkan nilai piksel dan sumbu y menunjukkan jumlah dari nilai piksel. Dari 8 histogram hasil restorasi, nilai piksel 0 menunjukkan jumlah paling banyak daripada nilai piksel lain yang mana merupakan nilai piksel dari area wajah. Maka, nilai piksel yang bernilai >0 merupakan area bukan wajah dari citra. Bila dibandingkan dengan 8 histogram dari citra asli, terlihat perubahan distribusi nilai piksel. Distribusi nilai piksel pada citra asli tersebar merata dari nilai piksel 0 sampai dengan nilai piksel 255. Citra hasil restorasi dengan nilai $S(1,1) = 0$, memiliki distribusi nilai piksel dari 0 sampai 55. Selain itu pada citra asli, kecenderungan jumlah nilai piksel meningkat terletak setelah nilai piksel 150. Untuk citra hasil restorasi dengan nilai $S(1,1) = 0$, jumlah nilai piksel maksimum terletak pada nilai piksel 0.

BAB V

KESIMPULAN

A. Kesimpulan

1. Citra wajah dan citra bukan wajah dapat dibedakan dengan metode deteksi tepi langsung pada citra dan juga menggunakan restorasi citra hasil dari mengubah nilai magnitude $S(1,1)$ menjadi 0. Apabila dengan menggunakan metode deteksi tepi langsung pada citra diperoleh hasil citra biner yang menunjukkan area wajah beserta *action unit*nya sedangkan dengan metode restorasi citra menghasilkan citra *gray-scale* dengan area wajah bernilai piksel 0.
2. Pola morfologi dari citra wajah saat melakukan ekspresi gembira berupa pola segitiga yang tersusun atas tiap sisi yang menghubungkan titik pusat nilai piksel dari bagian mulut dan kedua mata. Ketika wajah melakukan ekspresi gembira jarak antara titik pusat nilai piksel kedua mata cenderung menjadi lebih panjang sedangkan jarak dari titik pusat nilai piksel dari mata ke mulut menjadi lebih pendek.
3. Ekspresi matematis dari citra yang melakukan ekspresi gembira adalah sebuah segitiga imajiner yang menghubungkan antara kedua mata dengan mulut. Segitiga akan mengalami perubahan panjang sisi yaitu memanjang pada sisi yang menghubungkan kedua mata dan memendek pada sisi yang menghubungkan mata dengan mulut. Mata dan mulut sendiri diwakili oleh sebuah titik pusat nilai piksel saat citra dalam format biner.

B. Tindak Lanjut Penelitian

Dalam penelitian ini ada beberapa hal yang perlu diperhatikan sebagai penelitian lebih lanjut

1. Belum adanya sistem cerdas yang dapat mendeteksi langsung bagian mulut dan mata dari citra wajah. Sistem cerdas ini akan sangat bermanfaat ketika akan melakukan pencarian nilai titik pusat nilai piksel dari bagian mulut dan mata. Selama ini metode yang dilakukan penulis adalah dengan cara mencari nilai koordinat untuk masing – masing nilai piksel dari tiap bagian mulut dan wajah. Sistem cerdas ini bekerja dengan langsung menemukan titik koordinat piksel bernilai piksel 1 yang akan kemudian diproses dalam pencarian titik pusat nilai piksel.
2. Transformasi Fourier yang digunakan dalam merumuskan informasi citra hanya mewakili informasi bentuk sinyal citra dan mewakili area wajah. Perbedaan nilai transformasi Fourier dari citra yang menampilkan ekspresi netral dengan ekspresi gembira tidak ada perbedaan yang cukup signifikan. Perlu adanya modifikasi pada persamaan transformasi Fourier agar lebih aplikatif agar lebih mewakili ciri khas dari suatu bentuk sinyal, selain frekuensi osilasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Chen, X.-W. & Huang, T. (2003). Facial expression recognition: a clustering-based approach.[Versi elektronik]. *Pattern Recogn.Lett.*, Vol. 24, No. 9, 1295-1302
- Dai, Y., Shibata, Y., Ishii, T., Katamachi, K., Noguchi, K., Kakizaki, N., & Cai, D. (2001). An associate memory model of facial expression and its application in facial expression recognition of patients on bed. [Versi elektronik]. *Proceedings of the IEEE International Conference on Multimedia and Expo*, 772-775.
- Ekman, P. & Friesen, W. V. (1978). *Facial Action Coding System: A Technique for Measurement of Facial Movement*. San Fransisco : Consulting Psychologists Press
- Gagliardi, C., Frigerio, E., Buro, D., Cazzaniga, I., Pret, D., & Birgatti, R. (2003). Facial Expression in Williams Syndrome. [Versi elektronik]. *Neuropsychologia*, Vol. 41, No. 6, 733-738.
- Gonzalez, R. C., Woods, R. E., & Eddins, S. L. (2009). *Digital Image Processing using MATLAB*. 2nd . ed. New Jersey : Gatesmark
- Lyons, M., Budynek, J., & Akamatsu, S. (1999). Automatic Classification of Single Facial Images. [Versi elektronik]. *IEEE Trans. Pattern Anal. Intell*, Vol. 21, no. 12, 1357-1362.
- Shih, F. Y. (2010). *Image Processing and Pattern Recognition, Fundamentals and Techniques*. New Jersey : IEEE Press & John Wiley & Sons, inc

Solomon, C., & Breckon, T. (2011). *Fundamentals of Digital Image Processing, A Practical Approach with Examples in MATLAB*. West Sussex : John Wiley & Sons Ltd

Sprengelmeyer, R., Young, A., Mahn, K., Schroeder, U., Woitalla, D., Butter, T., Kuhn, W., & Przuntek, H. (2003). Facial Expression Recognition in People with Medicated and Unmedicated Parkinson's Disease. [Versi elektronik]. *Neuropsychologia*, Vol. 41, No. 8, 1047-1057.