



**APLIKASI PERBAIKAN KUALITAS CITRA DIGITAL DENGAN
METODE PERATAAN HISTOGRAM DAN METODE FUZZY
FILTERING**

Disusun dan Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Ujian Akhir Memperoleh
Gelar Sarjana Komputer pada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Pembangunan Panca Budi
Medan

SKRIPSI

OLEH

NAMA : HUSNUL LABBAY
NPM : 1514370278
PROGRAM STUDI : SISTEM KOMPUTER

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI
MEDAN
2020**

ABSTRAK

HUSNUL LABBAY

APLIKASI PERBAIKAN KUALITAS CITRA DIGITAL DENGAN METODE PERATAAN HISTOGRAM DAN METODE FUZZY FILTERING

Perbaikan kualitas citra merupakan salah satu proses awal dalam pengolahan citra (*image processing*). Perbaikan kualitas citra diperlukan karena sering kali citra yang dijadikan objek pembahasan mempunyai kualitas yang buruk, misalnya citra mengalami derau (*noise*) pada saat pengiriman melalui saluran transmisi, citra yang gelap, citra yang kurang tajam, atau kabur. Sehingga diperlukan metode untuk dapat memperbaiki kualitas citra digital tersebut. Metode yang dapat digunakan dalam menyelesaikan permasalahan ini adalah metode perataan histogram (*histogram equalization*) dimana untuk menghasilkan gambar dengan kontras yang normal artinya tidak terlalu gelap ataupun tidak terlalu terang dan metode *fuzzy filtering* dimana dilakukan komputasi sebuah turunan fuzzy untuk delapan arah yang berbeda. Aplikasi yang dihasilkan dapat digunakan untuk melakukan perbaikan kualitas gambar dengan citra berupa *grayscale* ataupun citra berwarna (RGB). Selain itu, juga disediakan sebuah metric pengukuran untuk menguji apakah citra dari hasil restorasi lebih baik daripada citra original.

Kata kunci: *Histogram Equalization, Fuzzy Filtering, Image Processing*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
BAB I LATAR BELAKANG	
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Pengenalan Citra	5
2.1.1 Pembagian Citra	5
2.1.1.1 Citra Analog	6
2.1.1.2 Citra Digital.....	6
2.1.2 Elemen-Elemen Citra Digital.....	8
2.1.3 Representasi Citra	10
2.2 File Citra.....	11
2.2.1 Jenis Citra.....	12
2.2.1.1 Citra Biner.....	13
2.2.1.2 Citra Grayscale.....	13
2.2.1.3 Citra Warna (8 bit)	14
2.2.1.4 Citra Warna (16 bit)	15
2.2.1.5 Citra Warna (24 bit)	15
2.2.2 Format File Citra	16
2.2.2.1 Bitmap (.bmp)	18
2.2.2.2 <i>Portable Network Graphics</i> (.png).....	18
2.2.2.3 JPEG (.jpg).....	19
2.2.2.4 <i>Graphics Interchange Format</i> (.gif)	21
2.3 Pengolahan Citra	22
2.3.1 Perbaikan Kualitas Citra (<i>Image Enhancement</i>).....	24
2.3.1.1 Kecerahan Gambar (<i>Image Brightness</i>).....	26
2.3.1.2 Peregangan Kontras (<i>Contrast Streching</i>)	27
2.4 Histogram... ..	29
2.4.1 Perataan Histogram (<i>Histogram Equalization</i>).....	29
2.5 Logika Fuzzy.....	33
2.5.1 <i>Fuzzy Filtering</i>	34

BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Tahapan Penelitian	38
3.2 Metode Pengumpulan Data	40
3.3 Analisis Sistem Sedang Berjalan	40
3.3.1 Analisis Permasalahan	41
3.3.2 Analisis Proses	42
3.3.3 Pemodelan Sistem	43
3.3.4 Analisis Persyaratan	48
3.3.4.1 Analisis Fungsional	49
3.3.4.2 Analisis Non Fungsional	49
3.4 Perancangan	51
3.4.1 Perancangan Menu	51
3.4.2 Perancangan Tampilan	52
3.4.2.1 <i>Form</i> 'Main'	53
3.4.2.2 <i>Form</i> 'Proses Perbaikan Citra'	54
3.4.2.3 <i>Form</i> 'Perbandingan'	55
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil	57
4.1.1 Tampilan Main	57
4.1.2 Tampilan Proses Perbaikan Citra	59
4.1.3 Tampilan Perbandingan	63
4.2 Pengujian	64
4.2.1 Hasil Pengujian	64
4.2.2 Pembahasan	71
4.2.3 Evaluasi Sistem	72
BAB V KESIMPULANAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	73
5.2 Saran	74
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Piksel-Piksel <i>Fuzzy Derivative</i>	43
Tabel 3.1 Narasi <i>Use Case</i> Proses Restorasi Citra.....	44
Tabel 3.2 Narasi <i>Use Case</i> Buka File Citra	45
Tabel 3.3 Narasi <i>Use Case</i> Simpan Citra Hasil Restorasi	46
Tabel 3.4 Narasi <i>Use Case</i> Memperbaiki Kualitas Citra	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Citra Digital.....	6
Gambar 2.2 Pembentukan Citra Digital Dari Citra Analog.....	7
Gambar 2.3 Konfigurasi Sampling Grid.....	11
Gambar 2.4 Citra Biner.....	13
Gambar 2.5 Citra Grayscale.....	14
Gambar 2.6 Citra Warna 8 bit.....	14
Gambar 2.7 Citra Warna 16 bit.....	15
Gambar 2.8 Citra Warna 24 bit.....	16
Gambar 2.9 Citra Zelda.....	27
Gambar 2.10 Tiga Buah Citra Lena Dengan Tiga Macam Kontras.....	28
Gambar 2.11 Ilustrasi Perataan Histogram.....	32
Gambar 2.12 (a) Pusat Piksel (b) Nilai Piksel.....	35
Gambar 3.1 Kerangka Kerja Penelitian.....	38
Gambar 3.2 <i>Flowcart</i> dari Perangkat Lunak Perbaikan Kualitas Citra.....	42
Gambar 3.3 Citra Input.....	43
Gambar 3.4 Citra Output.....	43
Gambar 3.5 <i>Use Case System</i>	44
Gambar 3.6 Rancangan Menu Utama.....	52
Gambar 3.7 Rancangan <i>Form</i> ‘Main’.....	53
Gambar 3.8 Rancangan <i>Form</i> ‘Proses Perbaikan Citra’.....	54
Gambar 3.9 Rancangan <i>Form</i> ‘Perbandingan’.....	55
Gambar 4.1 Tampilan <i>Main</i>	58
Gambar 4.2 Tampilan Menu Aplikasi.....	59
Gambar 4.3 Tampilan Proses Perbaikan Citra.....	60
Gambar 4.4 Tampilan Hasil Proses Restorasi Dengan Filter <i>All</i>	61
Gambar 4.5 Tampilan Hasil Proses Restorasi Dengan Filter <i>Red</i>	61
Gambar 4.6 Tampilan Hasil Proses Restorasi Dengan Filter <i>Green</i>	62
Gambar 4.7 Tampilan Hasil Proses Restorasi Dengan Filter <i>Blue</i>	62
Gambar 4.8 <i>Form</i> Histogram Hasil Proses Restorasi Dengan Filter <i>All</i>	63
Gambar 4.9 Tampilan Perbandingan.....	64
Gambar 4.10 Pengujian Citra Dapur.bmp Filter <i>All</i>	65
Gambar 4.11 Histogram Citra Dapur.bmp.....	65
Gambar 4.12 Pengujian Citra lena-light.png.....	66
Gambar 4.13 Histogram Citra lena-light.png.....	67
Gambar 4.14 Pengujian monkey-low.jpg.....	68
Gambar 4.15 Histogram Citra mokey-low.jpg.....	68
Gambar 4.16 Pengujian Citra Dapur.bmp Filter <i>Red</i>	69
Gambar 4.17 Histogram Citra Dapur.bmp.....	70
Gambar 4.18 Hasil Histogram Citra lena-light.png.....	70
Gambar 4.19 Hasil Histogram Citra monkey-low.jpg.....	71

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebuah citra atau gambar seringkali memiliki resolusi yang buruk ataupun mengalami penurunan mutu atau kualitas yang diakibatkan gambar yang kurang tajam, kabur, munculnya derau atau *noise*, memiliki kontras yang terlalu terang ataupun sebaliknya memiliki kontras yang terlalu gelap, sehingga akibat dari penurunan kualitas pada gambar itu sendiri mengakibatkan sulitnya diinterpretasikan oleh mata manusia. Salah satu proses yang dapat dilakukan dalam pengolahan citra untuk mendapatkan gambar yang lebih mudah diinterpretasikan mata manusia adalah perbaikan kualitas gambar itu sendiri. Banyak metode yang dapat digunakan untuk melakukan perbaikan kualitas gambar seperti metode konvolusi, *hadamard*, transformasi *walsh*, transformasi *wavelet*, *histogram equalization* (perataan histogram), *contrast stretching* ataupun dengan metode *fuzzy filtering*.

(Sugiarti, 2018) melakukan penelitian mengenai peningkatan kualitas citra dengan metode *Fuzzy Possibility Distribution*. Namun, metode *Fuzzy Possibility Distribution* hanya dapat diterapkan pada citra *grayscale*. (Nazaruddin Ahmad dan Arifyanto Hadinegoro, 2012) melakukan penelitian mengenai penerapan metode *Histogram Equalization* untuk perbaikan citra digital. (Sisilia Daeng Bakka Mau, 2016) juga melakukan penelitian mengenai pengaruh *Histogram Equalization* untuk perbaikan kualitas citra digital. Peningkatan kualitas citra dengan

menggunakan metode *Histogram Equalization* hasil *output* citranya kurang baik karena ada intensitas piksel citra yang hilang akibat kecermerlangan terlalu tinggi, akan tetapi histogram yang dihasilkan nilai intensitas pikselnya tinggi sehingga terdistribusi secara merata keseluruhan daerah derajat keabuan (Murinto, Willy Permana Putra, Sri Handayaningsih, 2008).

Untuk meningkatkan kualitas dari citra hasil dari *histogram equalization*, maka dapat diterapkan metode *fuzzy filtering*. Pada metode *fuzzy filtering*, akan dilakukan komputasi sebuah turunan *fuzzy* untuk delapan arah yang berbeda sedangkan untuk menghasilkan gambar dengan kontras yang normal artinya tidak terlalu gelap ataupun tidak terlalu terang digunakan metode perataan histogram, dimana nilai-nilai intensitas di dalam gambar diubah sehingga penyebarannya seragam.

Dalam skripsi ini akan fokus dengan metode perataan histogram dan metode *fuzzy filtering* yang digunakan untuk melakukan perbaikan kualitas gambar. Dengan melihat uraian di atas maka penulis tertarik untuk mengangkat masalah ini sebagai topik dengan judul “**Aplikasi Perbaikan Kualitas Citra Digital Dengan Metode Perataan Histogram dan Metode Fuzzy Filtering.**”

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian diatas, adapun perumusan masalah dalam tugas akhir ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

- a. Bagaimana memperbaiki kualitas gambar akibat dari penurunan mutu pada citra tersebut.

- b. Bagaimana menerapkan metode *histogram equalization* dan *fuzzy filtering* dalam melakukan perbaikan kontras gambar yang diakibatkan dari gambar yang memiliki kontras yang terlalu gelap atau kontras yang terlalu terang.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam tugas akhir ini mencakup:

- a. Input program adalah citra dalam format JPEG, BMP, PNG dan GIF (tanpa animasi).
- b. Format citra tanpa memiliki alpha channel.
- c. Output program adalah sekumpulan citra dengan format yang sama pada saat penginputan.
- d. File gambar yang akan dilakukan perbaikan kualitas dengan ukuran maksimal 512 x 512 piksel, namun citra tidak harus selalu berbentuk persegi.
- e. Citra dengan mode warna RGB.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penyusunan skripsi ini, yaitu:

- a. Untuk memperbaiki kualitas gambar akibat dari penurunan mutu pada citra.
- b. Untuk membuat sebuah aplikasi yang menerapkan metode *histogram equalization* dan *fuzzy filtering* dalam melakukan perbaikan kontras gambar yang diakibatkan dari gambar yang memiliki kontras yang terlalu gelap atau kontras yang terlalu terang.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penyusunan skripsi ini, yaitu:

- a. Dapat dimanfaatkan sebagai *preprocessing* seperti dalam perbaikan kualitas gambar akibat munculnya derau ataupun gambar dengan kontras yang terlalu gelap atau terang sebelum melakukan proses untuk tahap berikutnya.
- b. Dapat dijadikan referensi untuk permasalahan sejenisnya.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengenalan Citra

Citra didefinisikan sebagai fungsi dua dimensi, $f(x,y)$, dimana x dan y adalah koordinat spasial, dan lebar ayunan dari fungsi f pada pasangan koordinat (x, y) disebut sebagai intensitas atau tingkat keabuan dari gambar pada titik tersebut. Sistem perekaman data akan memberikan keluaran citra yang dapat bersifat optikal dalam bentuk foto, bersifat *analog* dalam bentuk sinyal-sinyal video, atau bersifat *digital* yang dapat langsung disimpan pada suatu media penyimpanan (Gonzales, 2002).

Citra yang baik adalah citra yang dapat menampilkan gambar yang dimaksud dengan seutuhnya, yang meliputi keindahan gambar, kejelasan gambar untuk penganalisaan dan maksud-maksud lainnya. Dengan kata lain, citra yang baik adalah citra yang dapat menampilkan nilai artistik dan intristik gambar tersebut dengan baik. (Murni, 1992).

2.1.1 Pembagian Citra

Menurut (Sutoyo, 2009) citra dapat terbagi 2 yaitu citra yang bersifat *analog* dan citra yang bersifat digital.

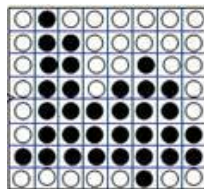
2.1.1.1 Citra Analog

Citra *analog* adalah citra yang bersifat kontinu. Contoh citra *analog* adalah gambar pada monitor televisi, foto sinar X, lukisan, pemandangan alam, hasil *CT scan*, gambar-gambar yang terekam dalam pita kaset, dan lain sebagainya. Citra *analog* tidak bisa direpresentasikan dalam komputer sehingga tidak dapat diproses pada komputer secara langsung. Agar dapat diproses di komputer, citra harus terlebih dahulu dikonversi dari *analog* ke digital. Citra analog dihasilkan dari alat-alat analog, seperti video kamera analog, kamera foto analog, *WebCam*, *CT Scan*, sensor rontgen untuk foto thorax, sensor gelombang pendek pada sistem radar, sensor *ultrasound*, pada sistem USG, dan lain-lain (Sutoyo, 2009).

2.1.1.2 Citra Digital

Citra digital merupakan suatu *array* dua dimensi atau suatu matriks yang elemen-elemennya menyatakan tingkat keabuan dari elemen gambar. Jadi informasi yang terkandung bersifat diskrit. (Murni, 1992)

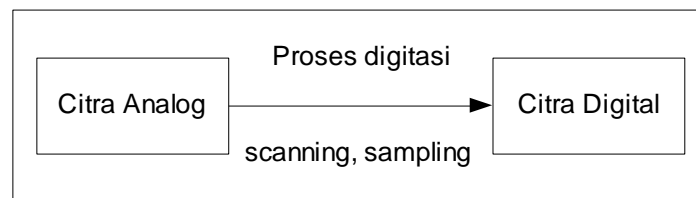
Citra digital dapat didefinisikan sebagai fungsi dua variabel $f(x,y)$, dimana x dan y adalah koordinat spasial dan nilai $f(x,y)$ adalah intensitas citra pada koordinat tersebut, hal tersebut dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1 Citra digital

Sumber:(Murni, 1992)

Citra digital terdiri dari sinyal-sinyal frekuensi elektromagnetis yang sudah di *sampling*, dan ukuran piksel dari citra tersebut sudah dapat ditentukan. *Sampling* merupakan proses pembentukan citra digital dari citra *analog*. Suatu citra yang dicetak diatas kertas disebut denga citra *analog*, jika citra *analog* tersebut di-*scan* dengan alat scanner maka akan menjadi citra digital. Dengan demikian, scanner merupakan alat *sampling*. Proses pembentukan citra digital dari citra analog diperlihatkan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Pembentukan Citra Digital dari Citra Analog
Sumber: (Murni, 1992)

Citra sebagai keluaran suatu sistem perekaman data dapat bersifat optik berupa foto, bersifat analog berupa sinyal-sinyal video seperti gambar pada monitor televisi, atau bersifat digital yang dapat langsung disimpan pada suatu pita magnetik. Menurut presisi yang digunakan untuk menyatakan titik-titik koodinat pada domain spasial atau bidang dan untuk menyatakan nilai keabuan atau warna suatu citra, maka secara teoritis citra dapat dikelompokkan ke dalam empat kelas citra yaitu citra kontinu-kontinu, kontinu-diskrit, diskrit-kontinu, dan diskrit-diskrit.

Label pertama menyatakan presisi dari titik-titik koordinat pada bidang citra dan label kedua menyatakan presisi nilai keabuan atau warna. Kontinu dinyatakan dengan presisi angka tak terhingga sedangkan diskrit dinyatakan dengan presisi

angka terhingga. Komputer digital bekerja dengan angka-angka presisi terhingga, dengan demikian hanya citra dari kelas diskrit-diskrit yang dapat diolah dengan komputer. Citra dari kelas tersebut lebih dikenal dengan citra digital. (Murni, 1992).

2.1.2 Elemen-Elemen Citra Digital

Citra digital mengandung sejumlah elemen-elemen dasar yang dimanipulasi dalam pengolahan citra. Elemen-elemen dasar yang penting diantaranya adalah (Munir, 2004):

1. Kecerahan (*brightness*)

Kecerahan adalah kata lain untuk intensitas cahaya. Kecerahan pada sebuah titik (*pixel*) di dalam citra bukanlah intensitas yang riil, tetapi sebenarnya adalah intensitas rata-rata dari suatu area yang melingkupinya. Sistem visual manusia mampu menyesuaikan dirinya dengan tingkat kecerahan (*brightness level*) mulai dari yang paling rendah sampai dengan yang paling tinggi dengan jangkauan sebesar 10^{10} .

2. Kontras (*contrast*)

Kontras menyatakan sebaran terang (*lightness*) dan gelap (*darkness*) di dalam sebuah gambar. Citra dengan kontras rendah dicirikan oleh sebagian besar komposisi citranya adalah terang atau sebagian besar gelap. Pada citra dengan kontras yang baik, komposisi gelap dan terang tersebar secara merata.

3. Kontur (*contour*)

Kontur adalah keadaan yang ditimbulkan oleh perubahan intensitas pada *pixel-pixel* yang bertetangga. Karena adanya perubahan intensitas inilah maka kita mampu mendeteksi tepi-tepi (*edge*) objek di dalam citra.

4. Warna (*color*)

Warna-warna yang diterima oleh mata (system visual manusia) merupakan hasil kombinasi cahaya dengan panjang gelombang berbeda. Penelitian memperlihatkan bahwa kombinasi warna yang memberikan rentang warna yang paling lebar adalah *red* (R), *green* (G), dan *blue* (B).

Persepsi sistem visual manusia terhadap warna sangat relative sebab dipengaruhi oleh banyak kriteria, salah satunya disebabkan oleh adaptasi yang menimbulkan distorsi. Misalnya bercak abu-abu di sekitar warna hijau akan tampak keungu-unguan (distorsi terhadap ruang), atau jika mata melihat warna hijau lalu langsung dengan cepat melihat warna abu-abu, maka mata menangkap kesan warna abu-abu tersebut sebagai warna ungu (distorsi terhadap waktu).

5. Bentuk (*shape*)

Shape adalah property intrinsic dari objek tiga dimensi, dengan pengertian bahwa *shape* merupakan property intrinsic utama untuk system visual manusia. Manusia lebih sering mengasosiasikan objek dengan bentuknya ketimbang elemen lainnya (warna misalnya). Pada umumnya, citra yang dibentuk oleh mata merupakan citra dwimatra (2 dimensi), sedangkan objek yang dilihat umumnya berbentuk trimatra (3 dimensi).

Informasi bentuk objek dapat diekstraksi dari citra pada pemulaan pra-pengolahan dan segmentasi citra.

6. Tekstur (*texture*)

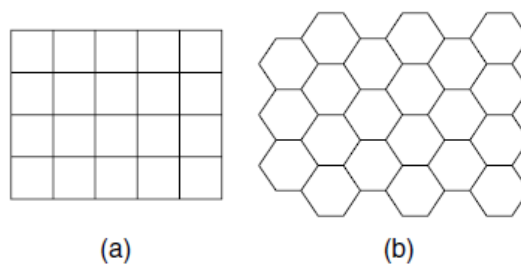
Tekstur dicirikan sebagai distribusi spasial dari derajat keabuan di dalam sekumpulan *pixel-pixel* yang bertetangga. Sistem visual manusia pada hakikatnya tidak menerima informasi citra secara independen pada setiap *pixel*, melainkan suatu citra dianggap sebagai suatu kesatuan. Resolusi citra yang diamati ditentukan oleh skala pada mana tekstur tersebut dipersepsi.

2.1.3 Representasi Citra

Sebuah gambar dimodelkan dengan fungsi kontinu dari dua variabel $f(x, y)$ dimana variabel x dan y merupakan koordinat pada bidang gambar (Cristobal, 2012). Sebelum gambar direpresentasikan, fungsi kontinu terlebih dahulu diubah menjadi fungsi digital dengan menerapkan *discretization* dan *quantization* pada gambar. Dalam tahap *discretization*, koordinat x, y dari gambar di-*sampling* pada *domain spatial* dalam sebuah *grid* terpilih. Pada dasarnya, lebih dekat jarak sampel, lebih baik juga perkiraan dari fungsi kontinu pada gambar asli. Namun, *sampling* yang padat membutuhkan lebih banyak memori untuk menyimpan gambar. Sebagai penyelesaian, *sampling* akan menggunakan teorema *sampling Shannon* untuk menghasilkan frekuensi *sampling* yang tepat.

Sampling pada umumnya menggunakan dua macam *grid* yaitu, *square grid* dan *hexagonal grid*. *Hexagonal grid* memiliki prioritas perhitungan yang lebih jelas

daripada *square grid*. Keuntungan dari penggunaan *hexagonal grid* adalah sebuah piksel memiliki *Euclidean distance* yang sama terhadap seluruh tetangganya. Keuntungan penggunaan *rectangular (square) grid*, yaitu untuk menggambarkan sebuah hubungan gambar dalam matriks. Koordinat baris, kolom sama dengan koordinat spasial x, y pada gambar dan nilai dari elemen matriks memberikan nilai dari fungsi gambar, berupa tingkat kecerahan. Setiap elemen dari sebuah matriks mewakili piksel, yang merupakan elemen dari gambar (*picture element*). Dari keuntungan tersebut, hampir seluruh *sampling grid* citra menggunakan *square grid*.



Gambar 2.3 Konfigurasi *sampling grid*: (a) *square* dan (b) *hexagonal*
(Sumber: Cristobal, 2013)

2.2 File Citra

Untuk menyimpan foto dan citra digunakan format citra layar kuadratis (berbentuk kotak) yang terdiri atas titik-titik citra kecil yang disebut dengan piksel. Piksel disebut juga dengan dot. Piksel berbentuk bujur sangkar dengan ukuran relatif kecil. Banyaknya piksel tiap satuan luas tergantung pada resolusi yang digunakan. Keanekaragaman warna piksel tergantung pada *bit depth* yang dipakai. Semakin banyak jumlah piksel tiap satu satuan luas, semakin baik kualitas citra yang dihasilkan dan tentu akan semakin besar ukuran *filenya* (Gonzales, 1992).

Resolusi adalah jumlah piksel per satuan luas yang terdapat pada suatu citra. Satuan piksel yang sering dipakai adalah dpi (*dot per inch*) atau ppi (*pixel per inch*). Satuan dpi menentukan jumlah piksel yang ada setiap satu satuan luas. Dalam hal ini adalah satu inci kuadrat. Resolusi sangat berpengaruh pada detil dan perhitungan citranya. Jika suatu citra dengan luas 1 inci kuadrat dan jumlah dot adalah 60 x 60 (yang berarti mempunyai resolusi 3600 dpi) diperbesar menjadi 10 inci, maka jumlah piksel tetap 3600 dpi, tetapi resolusinya berubah menjadi $3600:10=360$ dpi. Hal ini menyebabkan citra menjadi kabur atau kasar (Gonzales, 1992).

Bit depth (kedalaman warna) sering disebut dengan *pixel depth* atau *color depth*. *Bit depth* menentukan berapa banyak informasi warna yang tersedia untuk ditampilkan atau dicetak dalam setiap piksel. Semakin besar nilainya semakin bagus kualitas citra yang dihasilkan. Tentu ukurannya juga semakin besar. Misalkan suatu citra mempunyai *bit depth*= 1. Ini berarti hanya ada 2 kemungkinan warna ($2^1 = 2$) yang ada pada citra tersebut yaitu hitam dan putih. *Bit depth* = 24 berarti mempunyai kemungkinan warna $2^{24} = 16,7$ juta warna (Gonzales, 1992).

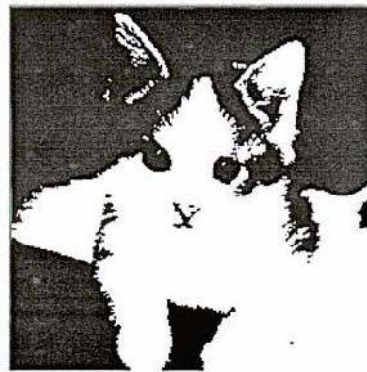
2.2.1 Jenis Citra

Nilai suatu pixel memiliki nilai dalam rentang tertentu, dari nilai minimum sampai nilai maksimum. Jangkauan yang digunakan berbeda-beda tergantung dari jenis warnanya. Namun secara umum jangkauannya adalah 0-255. Citra dengan penggambaran seperti ini digolongkan ke dalam citra *integer*. Berikut adalah jenis-jenis citra berdasarkan nilai pixelnya (Putra, 2010).

2.2.1.1 Citra Biner

Citra biner adalah citra digital yang hanya memiliki dua kemungkinan nilai piksel yaitu hitam dan putih. Citra biner juga disebut sebagai citra B&W (*black and white*) atau citra monokrom. Hanya dibutuhkan 1 bit untuk mewakili nilai setiap piksel dari citra biner (Putra, 2010).

Citra biner sering kali muncul sebagai hasil dari proses pengolahan seperti segmentasi, pengembangan, morfologi, ataupun dithering (Putra, 2010).



Gambar 2.4 Citra Biner
(Sumber: Putra, 2010)

2.2.1.2 Citra *Grayscale*

Citra *grayscale* merupakan citra digital yang hanya memiliki satu nilai kanal pada setiap pikselnya, dengan kata lain nilai bagian RED = GREEN = BLUE. Nilai tersebut digunakan untuk menunjukkan tinggi intensitas. Warna yang dimiliki adalah warna dari hitam, keabuan, dan putih. Tingkatan keabuan di sini merupakan warna abu dengan berbagai tingkatan dari hitam hingga mendekati putih. Citra *grayscale* berikut memiliki kedalaman warna 8 bit (256 kombinasi warna keabuan) (Putra, 2010).



Gambar 2.5 Citra *Grayscale*
(Sumber: Putra, 2010)

2.2.1.3 Citra Warna (8 bit)

Setiap piksel dari citra warna (8 bit) hanya diwakili oleh 8 bit dengan jumlah warna maksimum yang dapat digunakan adalah 256 warna. Ada dua jenis citra warna 8 bit, yaitu yang pertama citra warna 8 bit dengan menggunakan palet warna 256 dengan setiap paletnya memiliki pemetaan nilai (*colormap*) RGB tertentu. Model ini lebih sering digunakan dan kedua setiap piksel memiliki format 8 bit sebagai berikut (Putra, 2010).



Gambar 2.6 Citra Warna 8 bit dengan palet
(Sumber: Putra, 2010)

2.2.1.4 Citra Warna (16 bit)

Citra warna 16 bit biasanya disebut sebagai citra *highcolor* dengan setiap pikselnya diwakili dengan 2byte memory (16 bit).

Warna 16 bit memiliki 65.536 warna. Dalam formasi bitnya, nilai merah dan biru mengambil tempat di 5 bit di kanan dan kiri. Komponen hijau memiliki 5 bit ditambah 1 bit ekstra. Pemilihan komponen hijau dengan deret 6 bit dikarenakan penglihatan manusia lebih sensitive terhadap warna hijau (Putra, 2010).

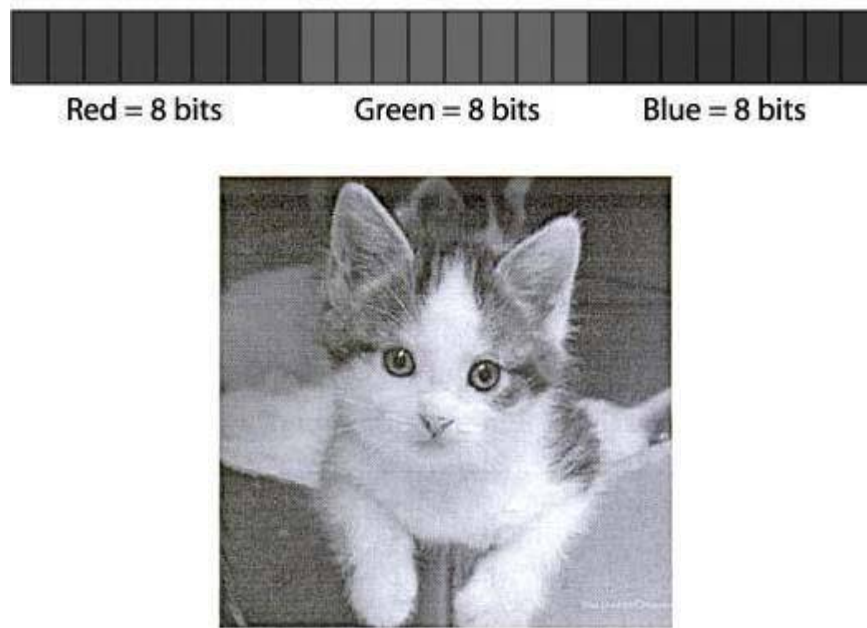


Gambar 2.7 Citra Warna 16 bit
(Sumber: Putra, 2010)

2.2.1.5 Citra Warna (24 bit)

Setiap piksel dari citra warna 24 bit diwakili dengan 24 bit sehingga total 16.777.216 variasi warna. Variasi ini sudah lebih dari cukup untuk memvisualisasikan seluruh warna yang dapat dilihat oleh penglihatan manusia. Penglihatan manusia dipercaya hanya dapat membedakan hingga 10 juta warna saja (Putra, 2010).

Setiap poin informasi *pixel* (RGB) disimpan ke dalam 1 *byte* data. 8 bit pertama menyimpan nilai biru, kemudian diikuti dengan nilai hijau pada 8 bit kedua dan 8 bit terakhir merupakan warna merah (Putra, 2010).



Gambar 2.8 Citra Warna 24 bit
(Sumber: Putra, 2010)

2.2.2 Format File Citra

Sebuah format file citra harus dapat menyatukan kualitas citra, ukuran file dan komabilitas dengan berbagai aplikasi. Format file citra standar yang digunakan saat ini terdiri dari beberapa jenis. Format- format ini digunakan untuk menyimpan citra dalam sebuah file. Setiap format memiliki karakteristik masing-masing. Ini adalah contoh format umum, yaitu: *Bitmap* (.bmp), *Graphics*

Interchange Format (.gif), Portable Network Graphics (.png), JPEG (.jpg) (Putra, 2010).

Bahkan menurut (Sutoyo, 2009), ada dua jenis format file citra yang sering digunakan dalam pengolahan citra, yaitu citra bitmap dan citra vektor. Pada citra bitmap ini sering disebut juga citra raster. Citra bitmap ini menyimpan data kode citra secara digital dan lengkap (cara penyimpanannya adalah per piksel). Citra bitmap ini dipresentasikan dalam bentuk matriks atau dipetakan dengan menggunakan bilangan biner atau sistem bilangan yang lain. Citra ini memiliki kelebihan untuk memanipulasi warna, tetapi untuk mengubah objek lebih sulit. Tampilan bitmap mampu menunjukkan kehalusan gradasi bayangan dan warna dari sebuah gambar. Tetapi bila tampilan diperbesar maka tampilan di monitor akan tampak pecah-pecah (kualitas citra menurun). Contoh format file citra antara lain adalah BMP, GIFF, TIF, WPG, IMG, dll. Sedangkan pada format file citra vektor merupakan citra vektor yang dihasilkan dari perhitungan matematis dan tidak terdapat piksel, yaitu data yang tersimpan dalam bentuk vektor posisi, dimana yang tersimpan hanya informasi vektor posisi dengan bentuk sebuah fungsi. Pada citra vektor, mengubah warna lebih sulit dilakukan, tetapi membentuk objek dengan cara mengubah nilai lebih mudah. Oleh karena itu, bila citra diperbesar atau diperkecil, kualitas citra relatif tetap baik dan tidak berubah. Citra vektor biasanya dibuat menggunakan aplikasi- aplikasi citra vektor seperti CorelDRAW, Adobe Illustrator, Macromedia Freehand, Autocad.

2.2.2.1 Bitmap (.bmp)

Format .bmp adalah format penyimpanan standar tanpa kompresi yang umum dapat digunakan untuk menyimpan citra biner hingga citra warna. Format ini terdiri dari beberapa jenis yang setiap jenisnya ditentukan dengan jumlah bit yang digunakan untuk menyimpan sebuah nilai pixel (Putra, 2010).

File BMP adalah format file bersejarah (tapi masih umum digunakan) untuk sistem operasi yang disebut "Windows". Gambar BMP dapat berkisar dari hitam dan putih (1 bit per pixel) hingga 24 bit warna (16,7 juta warna). Sementara gambar dapat dikompresi (Bourke, 1998).

Sebuah file BMP terdiri dari 3 atau 4 bagian seperti yang ditunjukkan dalam diagram di bawah. Bagian pertama adalah header, ini diikuti oleh bagian informasi, jika gambar diindeks warna kemudian palet berikut, dan terakhir dari semua adalah data pixel. Posisi data gambar sehubungan dengan start file yang terkandung dalam header. Informasi seperti lebar gambar dan tinggi, jenis kompresi, jumlah warna yang terkandung dalam header informasi (Bourke, 1998).

2.2.2.2 Portable Network Graphics (.png)

Format .png adalah format penyimpanan citra terkompresi. Format ini dapat digunakan pada citra *grayscale*, citra dengan palet warna, dan juga citra *fullcolor*. Format .png juga mampu menyimpan informasi hingga kanal alpha dengan penyimpanan sebesar 1 hingga 16 bit per kanal (Putra, 2010).

PNG singkatan dari *Portable Network Graphics*. PNG adalah format citra *bitmap* yang menggunakan kompresi data *lossless*. PNG diciptakan untuk

meningkatkan dan menggantikan format GIF. Format file PNG dianggap, dan dibuat sebagai penerus gratis dan open source untuk format file GIF. Format file PNG mendukung true color (16 juta warna), sedangkan format file GIF hanya memungkinkan 256 warna. PNG unggul ketika citra memiliki area besar warna seragam. The lossless PNG paling cocok untuk mengedit citra, sedangkan format lossy seperti JPG yang terbaik untuk distribusi final fotografi-jenis citra karena ukuran file yang lebih kecil. Namun banyak browser sebelumnya tidak mendukung format file PNG; Namun dengan rilis Internet Explorer 7 *browser* modern semua populer sepenuhnya mendukung PNG. Fitur khusus dari file PNG termasuk dukungan untuk hingga 48 bit informasi warna. Format PNG memanfaatkan jalinan skema 2D, yang semakin menampilkan citra lebih cepat daripada sebuah file citra GIF. Gamma koreksi memungkinkan nilai-nilai yang ditampilkan pada platform apapun menjadi sama dengan yang asli (Jayaraman, 2009).

Fitur penting dari gambar PNG adalah sebagai berikut (Jayaraman, 2009):

- (i) Citra PNG menggunakan skema kompresi lossless.
- (ii) Citra PNG yang interlaced.
- (iii) Citra PNG mendukung 8-bit transparansi.

2.2.2.3 JPEG (.jpg)

Format .jpg adalah format yang sangat umum digunakan saat ini khususnya untuk transmisi citra. Format ini digunakan untuk menyimpan citra hasil kompresi dengan metode JPEG (Putra, 2010).

JPEG sebenarnya bukan jenis file. JPEG adalah standar saat yang paling penting untuk kompresi citra. Standar JPEG diciptakan oleh kelompok kerja Organisasi Internasional untuk Standardisasi (ISO). Format ini menyediakan pilihan kompresi paling dramatis untuk citra fotografi. Kompresi JPEG digunakan dalam format file JFIF yang menggunakan ekstensi file (.jpg). Format ini berguna ketika ruang penyimpanan adalah pada premium. JPEG menyimpan citra raster tunggal dalam warna 24-bit. JPEG adalah format platform-independen yang mendukung tingkat tertinggi kompresi; Namun, kompresi ini lossy. File JPEG progresif mendukung interlacing (Jayaraman, 2009).

Fitur penting dari format file JPEG adalah sebagai berikut (Jayaraman, 2009):

- (i) JPEG menggunakan skema kompresi lossy.
- (ii) Citra JPEG tidak interlaced; Namun, citra JPEG progresif dapat interlaced.

File Format Kekuatan format file JPEG adalah kemampuannya untuk kompres file citra yang lebih besar. Karena kompresi ini, data citra dapat disimpan secara efektif dan efisien menular dari satu tempat ke tempat lain (Jayaraman, 2009).

File Format JPEG dalam versi basis tidak mendukung beberapa lapisan, kisaran dinamis tinggi. Oleh karena itu JPEG tidak akan menjadi pilihan bijak jika ada yang tertarik untuk mempertahankan citra berkualitas tinggi (Jayaraman, 2009).

2.2.2.4 Graphics Interchange Format (.gif)

Format ini dapat digunakan pada citra warna dengan palet 8 bit. Penggunaan umumnya pada aplikasi web. Kualitas yang rendah menyebabkan format ini tidak terlalu populer di kalangan peneliti pengolahan citra digital (Putra, 2010).

Singkatan dari "*Graphics Interchange Format*." GIF adalah format file gambar yang biasa digunakan untuk gambar di web dan sprite dalam program perangkat lunak. Berbeda dengan format gambar JPEG, GIF menggunakan kompresi lossless yang tidak menurunkan kualitas gambar. Namun, GIF menyimpan data gambar menggunakan warna diindeks, yang berarti setiap gambar dapat mencakup maksimal 256 warna. (GIF15).

Format GIF asli, juga dikenal sebagai "GIF 87a," diterbitkan oleh *CompuServe* pada tahun 1987. Pada tahun 1989, *CompuServe* merilis versi terbaru dari format yang disebut "GIF 89a." Format 89a mirip dengan spesifikasi 87a, tetapi mencakup dukungan untuk latar belakang transparan dan metadata gambar. Kedua format dukungan animasi dengan memungkinkan aliran gambar yang akan disimpan dalam satu file. Namun, format 89a juga termasuk dukungan untuk penundaan animasi (GIF15).

Sejak GIF hanya dapat berisi 256 warna, mereka tidak ideal untuk menyimpan foto digital, seperti yang diambil dengan kamera digital. Bahkan ketika menggunakan palet warna kustom dan menerapkan dithering untuk kelancaran keluar gambar, foto yang disimpan dalam format GIF sering terlihat kasar dan tidak realistis. Oleh karena itu, format JPEG, yang mendukung jutaan warna, lebih sering digunakan untuk menyimpan foto digital (GIF15).

Fitur penting dari format file GIF adalah sebagai berikut (Jayaraman, 2009):

- (i) Format file GIF menggunakan skema kompresi lossless. Akibatnya, kualitas citra adalah pra-dilayani.
- (ii) GIF citra interlaced dapat ditampilkan sebagai gambar resolusi rendah awalnya dan kemudian mengembangkan kejelasan dan detail secara bertahap.
- (iii) Citra GIF dapat digunakan untuk membuat animasi sederhana.
- (iv) Citra GIF 89a memungkinkan untuk satu warna transparan.

Keuntungan dari format file GIF adalah sebagai berikut (Jayaraman, 2009):

- (i) GIF menggunakan algoritma kompresi lossless yang menyediakan sampai 4: 1 kompresi citra yang format grafis yang paling banyak didukung di Web.
- (ii) GIF mendukung transparansi dan interlacing.

Format file yang GIF mendukung maksimal 256 warna. Karena keterbatasan tertentu, citra yang kompleks mungkin kehilangan beberapa detail ketika diterjemahkan ke dalam gif (Jayaraman, 2009).

2.3 Pengolahan Citra

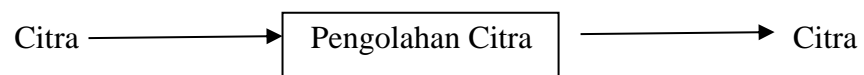
Pengolahan citra digital adalah sebuah disiplin ilmu yang mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan perbaikan kualitas gambar (peningkatan kontras, transformasi warna, restorasi citra), transformasi gambar (rotasi, translasi, skala, transformasi geometrik), melakukan pemilihan citra ciri (*feature images*) yang optimal untuk tujuan analisis, melakukan proses penarikan informasi atau deskripsi

objek atau pengenalan objek yang terkandung pada citra, melakukan kompresi atau reduksi data untuk tujuan penyimpanan data, transmisi data, dan waktu proses data. Input dari pengolahan citra adalah citra, sedangkan outputnya adalah citra hasil pengolahan (Sutoyo, 2009)

Pengolahan citra pada dasarnya mencakup tiga langkah berikut (Munir, 2004):

- a. Mengimpor gambar melalui alat akuisisi gambar.
- b. Menganalisis dan memanipulasi gambar.
- c. Output yang hasilnya dapat diubah gambar atau laporan yang didasarkan pada analisis citra.

Pengolahan Citra bertujuan memperbaiki kualitas citra agar mudah diinterpretasi oleh manusia atau mesin (dalam hal ini komputer). Teknik-teknik pengolahan citra mentransformasikan citra menjadi citra lain. Jadi, masukannya adalah citra dan keluarannya juga citra, namun citra keluaran mempunyai kualitas lebih baik daripada citra masukan. Termasuk ke dalam bidang ini juga adalah pemampatan citra (*image compression*) (Munir, 2004).



Perbaikan citra bertujuan meningkatkan kualitas tampilan citra untuk pandangan manusia atau untuk mengkonversi suatu citra agar memiliki format yang lebih baik sehingga citra tersebut menjadi lebih mudah diolah dengan mesin (komputer). Perbaikan terhadap suatu citra dapat dilakukan dengan operasi titik

(*point operation*), operasi spasial (*spatial operation*), operasi geometri (*geometric operation*), dan operasi aritmatik (*arithmetic operation*) (Putra, 2010).

Perubahan bentuk suatu citra dapat berupa perubahan geometri pixel seperti perputaran (rotasi), pergeseran (translasi), penskalaan, dan lain sebagainya atau dapat juga berupa perubahan ruang (domain) citra ke domain lainnya, seperti transformasi Fourier yang mengubah suatu citra dari domain spasial menjadi domain frekuensi (Putra, 2010).

Melalui proses transformasi, suatu citra dapat dinyatakan sebagai kombinasi linier dari sinyal dasar (*basis signals*) yang sering disebut dengan fungsi basis (*basis function*). Suatu citra yang telah mengalami transformasi dapat diperoleh kembali dengan menggunakan transformasi balik (*invers transformation*). Tujuan diterapkannya transformasi citra adalah untuk memperoleh informasi (*feature extraction*) yang lebih jelas yang terkandung dalam suatu citra (Putra, 2010).

Analisis citra digunakan untuk menghitung besaran kuantitatif dari citra untuk menghasilkan deskripsinya. Teknik analisis citra mengekstraksi ciri-ciri tertentu yang membantu dalam identifikasi objek, contoh operasi dalam analisis citra misalnya pendeteksian tepi objek (*edge detection*) (Munir, 2004).

2.3.1 Perbaikan Kualitas Citra (*Image Enhancement*)

Umumnya, operasi-operasi pada pengolahan citra diterapkan pada citra bila (Munir, 2004):

- a. Perbaikan atau memodifikasi citra perlu dilakukan untuk meningkatkan kualitas penampakan atau untuk menonjolkan beberapa aspek informasi yang terkandung di dalam citra.
- b. Elemen di dalam citra perlu dikelompokkan, dicocokkan, atau diukur.
- c. Sebagian citra perlu digabung dengan bagian citra yang lain.

Perbaikan kualitas citra (*image enhancement*) merupakan salah satu proses awal dalam pengolahan citra (*image preprocessing*). Perbaikan kualitas diperlukan karena seringkali citra yang dijadikan objek pembahasan mempunyai kualitas yang buruk, misalnya citra mengalami derau (*noise*) pada saat pengiriman melalui saluran transmisi, citra terlalu terang/gelap, citra kurang tajam, kabur, dan sebagainya. Melalui operasi pemrosesan awal inilah kualitas citra diperbaiki sehingga citra dapat digunakan untuk aplikasi lebih lanjut, misalnya untuk aplikasi pengenalan (*recognition*) objek di dalam citra.

Proses-proses yang termasuk ke dalam perbaikan kualitas citra (Sutoyo, 2009):

1. Pengubahan kecerahan gambar (*image brightness*)
2. Peregangannya kontras (*contrast stretching*)
3. Pengubahan histogram citra – Perataan histogram
4. Pelembutan citra (*image smoothing*)
5. Penajaman tepi (*sharpening edge*)

2.3.1.1 Kecerahan Gambar (*Image Brightness*)

Untuk membuat citra lebih terang atau lebih gelap, perlu melakukan pengubahan kecerahan gambar. Kecerahan/kecemerlangan gambar dapat diperbaiki dengan menambahkan (atau mengurangi) sebuah konstanta kepada (atau dari) setiap pixel di dalam citra. Akibat dari operasi ini, histogram citra mengalami pergeseran (Munir, 2004).

Secara matematis operasi ini ditulis sebagai

$$f(x,y)' = f(x,y) + b \dots \dots \dots (2-6)$$

Jika b positif, kecerahan gambar bertambah, sebaliknya jika b negatif kecerahan gambar berkurang.

Nilai pixel hasil pengubahan mungkin £ derajat keabuan minimum (0) atau ³ derajat keabuan maksimum (255). Karena itu, pixel tersebut perlu dilakukan clipping ke nilai keabuan minimum atau ke nilai keabuan maksimum. Sebagai contoh, Gambar 2.19(a) adalah citra Zelda (beserta histogramnya) yang tampak gelap, sedangkan Gambar 2.19(b) adalah citra Zelda (beserta histogramnya) yang lebih terang (nilai $b = 80$). Perhatikan histogramnya. Sebelum operasi penambahan kecerahan, histogramnya menumpuk di bagian kiri. Setelah penambahan kecerahan, histogramnya bergeser ke bagian kanan (Munir, 2004).



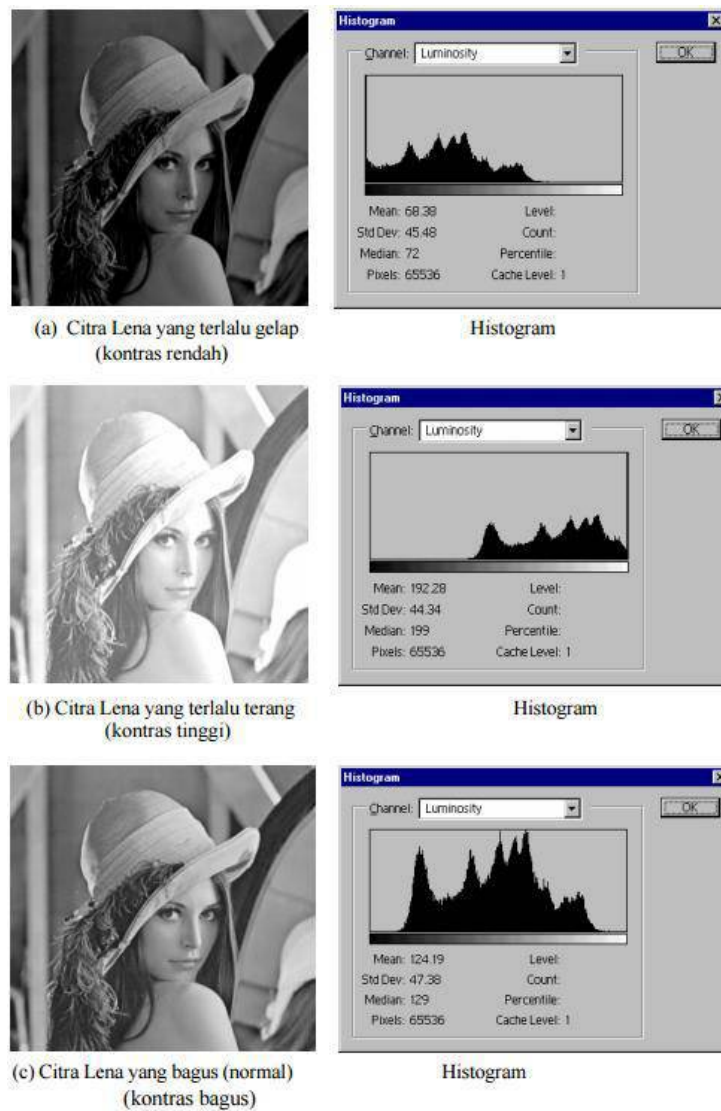
Gambar 2.9 Citra Zelda; (a,b): sebelum operasi penambahan kecerahan terlihat agak gelap; (c,d) citra Zelda setelah operasi penambahan kecerahan dengan $b = 80$.

(Sumber: Munir, 2004)

2.3.1.2 Peregangan Kontras (*Contrast Stretching*)

Kontras menyatakan sebaran terang (lightness) dan gelap (darkness) di dalam sebuah gambar. Citra dapat dikelompokkan ke dalam tiga kategori kontras: citra kontras-rendah (*low contrast*), citra kontras-bagus (*good contrast* atau *normal contrast*), dan citra kontras-tinggi (*high contrast*). Ketiga kategori ini umumnya dibedakan secara intuitif (Munir, 2004).

Gambar 2.10 memperlihatkan tiga buah citra Lena yang masing-masing memiliki kontras-rendah, kontras-tinggi, dan kontras-bagus. Ketiga histogram ini dihasilkan dengan program Adobe Photoshop (Munir, 2004).



Gambar 2.10 Tiga Buah Citra Lena dengan Tiga Macam Kontras (Sumber: Munir, 2004)

2.4 Histogram

Histogram citra adalah grafik yang menggambarkan penyebaran nilai-nilai intensitas pixel dari suatu citra atau bagian tertentu di dalam citra. Dari sebuah histogram dapat diketahui frekuensi kemunculan nisbi (*relative*) dari intensitas pada citra tersebut. Histogram juga dapat menunjukkan banyak hal tentang kecerahan (*brightness*) dan kontras (*contrast*) dari sebuah gambar.

Histogram dalam pengolahan citra adalah grafik yang menunjukkan distribusi dari intensitas citra. Histogram citra menyatakan frekuensi kemunculan berbagai derajat keabuan dalam citra. Teknik pemodelan histogram mengubah citra hingga memiliki histogram sesuai keinginan. Untuk meningkatkan kualitas citra salah satunya dapat dilakukan dengan ekualisasi histogram. Dengan ekualisasi histogram dapat diperoleh histogram citra dengan distribusi seragam.

2.4.1 Perataan Histogram (*Histogram Equalization*)

Tujuan dari perataan histogram adalah untuk memperoleh penyebaran histogram yang merata, sedemikian sehingga setiap derajat keabuan memiliki jumlah pixel yang relatif sama (Munir, 2004).

Fungsi transformasi intensitas berdasarkan informasi yang diambil dari intensitas citra histogram memainkan peran sentral dalam pengolahan gambar, di bidang-bidang seperti perbaikan, kompresi, segmentasi, dan deskripsi. Fokus bagian ini adalah pada memperoleh, merencanakan, dan menggunakan histogram untuk peningkatan citra (Gonzalez, 2009).

Histogram citra adalah grafik yang menggambarkan penyebaran nilai-nilai intensitas pixel dari dari suatu citra atau bagian tertentu di dalam citra. Secara matematis histogram citra dihitung dengan rumus (Fisher, 2012):

$$h_i = n_i/n \quad , i=0,1,2,3,\dots,L-1\text{.....(2-8)}$$

Keterangan: - n_i = jumlah pixel yang memiliki derajat keabuan i

- n = jumlah seluruh pixel di dalam citra

Dengan teknik perataan histogram nilai-nilai intensitas di dalam citra akan diubah sehingga penyebaran akan menjadi seragam / uniform. Sebelumnya, teknik perataan histogram merupakan gabungan antara penggeseran dan pelebaran histogram. Tujuan yang akan dicapai pada teknik ini adalah untuk mendapatkan citra dengan daerah tingkat keabuan yang penuh dan dengan distribusi pixel pada setiap tingkat keabuan yang merata. Dengan kata lain, Tujuan dari perataan histogram ini adalah untuk memperoleh penyebaran histogram yang merata, sehingga setiap derajat keabuan memiliki jumlah pixel yang relative sama, tetapi seringkali histogram hasil perataan tidak benar-benar tersebar. Alasannya adalah derajat keabuan terbatas jumlahnya dan jumlah pixel yang digunakan sangat terbatas.

Pada perataan histogram, rumus histogram ditulis sebagai fungsi peluang (Gonzales, 2013):

$$P_r(r_k) = n_k / n$$

$$r_k = k / L-1 \quad , 0 \leq k \leq L-1\text{.....(2-9)}$$

- Derajat keabuan (k) dinormalkan terhadap derajat keabuan terbesar ($L-1$).
- $r_k = 0$ adalah hitam, $r_k = 1$ adalah putih.

Dimana pengubahan nilai keabuan pixel r menjadi pixel s dengan fungsi transformasi akan mendapatkan perataan histogram, maka ada sifat yang harus dilalui (Gonzales, 2013):

- Nilai s didapat dari pemetaan 1 ke 1 dari r . Sifat ini menjamin representasi intensitas yang konsisten tetap. Yang berarti r dapat diperoleh kembali dengan transformasi *invers*. $r = T^{-1}(s), 0 \leq s \leq 1$
- Apabila $0 \leq r_i \leq 1$, maka $0 \leq T(r) \leq 1$.

Dalam bentuk diskrit (bilangan bulat), nilai-nilai s diperoleh dengan persamaan berikut (Gonzales, 2013):

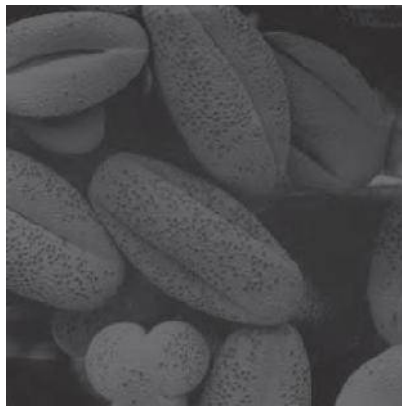
$$s_k = T(r_k) = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n} = \sum_{j=0}^k P_r(r_j) \dots \dots \dots (2-10)$$

Dimana:

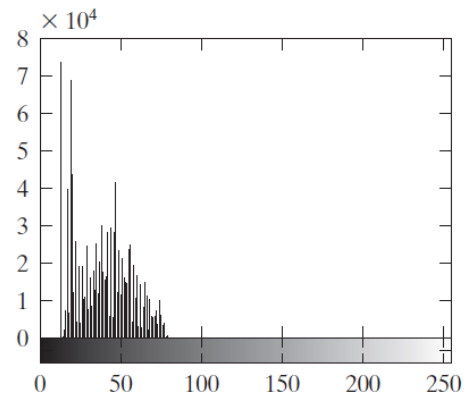
$$0 \leq r_k \leq 1, k = 0, 1, 2, \dots, L - 1$$

Gambar 2.21 (a) adalah mikroskop elektron gambar serbuk sari, diperbesar sekitar 700 kali. Dalam hal peningkatan dibutuhkan, fitur yang paling penting dari gambar ini adalah bahwa itu adalah gelap dan memiliki jangkauan dinamis rendah. Karakteristik ini terbukti dalam histogram pada Gambar. 2.21 (b), di mana sifat gelap dari gambar menyebabkan histogram yang akan condong ke ujung gelap dari skala abu-abu. Rentang dinamis rendah ini terbukti dari fakta bahwa histogram

sempit terhadap seluruh skala abu-abu. Membiarkan f menunjukkan gambar input, urutan berikut langkah-langkah yang dihasilkan Gambar. 2.17 (a) melalui (d) (Gonzalez, 2009):



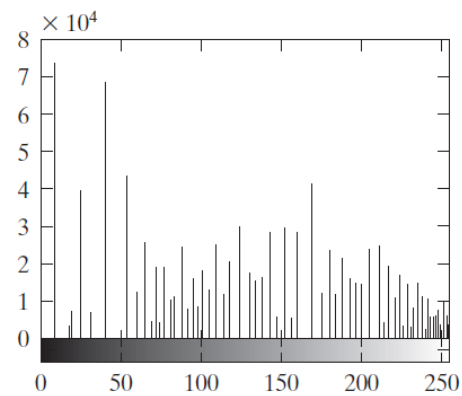
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 2.11 Ilustrasi Perataan Histogram (a) gambar Input, dan (b) adalah histogramnya, (c) perataan histogram pada gambar, dan (d) histogram nya. Peningkatan antara (a) dan (c) terlihat jelas (Gambar original oleh Dr. Roger Heady, Penelitian biologi sains, Australia National University Canberra)

(Sumber: (Gonzalez, 2009).

Gambar pada 2.11 (c) adalah hasil dari perataan histogram. Perbaikan dalam rata-rata intensitas dan kontras yang jelas. Fitur-fitur ini juga yang jelas dalam histogram dari gambar ini, ditunjukkan pada Gambar. 2.17 (d). Peningkatan kontras

adalah karena penyebaran besar histogram atas seluruh yang skala intensitas. Peningkatan intensitas keseluruhan karena fakta bahwa tingkat intensitas rata-rata di histogram dari gambar menyamakan kedudukan lebih tinggi (lebih ringan) daripada yang asli (Gonzalez, 2009).

2.5 Logika Fuzzy

Fuzzy secara bahasa diartikan sebagai kabur atau samar-samar. Suatu nilai dapat bernilai besar atau salah secara bersamaan. Dalam *fuzzy* dikenal derajat keanggotaan yang memiliki rentang nilai 0 (nol) hingga 1(satu). Berbeda dengan himpunan tegas yang memiliki nilai 1 atau 0 (ya atau tidak).

Logika Fuzzy merupakan sesuatu *logika* yang memiliki nilai kekaburan atau kesamaran (*fuzzyness*) antara benar atau salah. Dalam teori logika *fuzzy* suatu nilai bias bernilai benar atau salah secara bersama. Namun berapa besar keberadaan dan kesalahan suatu tergantung pada bobot keanggotaan yang dimilikinya. Logika *fuzzy* memiliki derajat keanggotaan dalam rentang 0 hingga 1. Berbeda dengan logika digital yang hanya memiliki dua nilai 1 atau 0. Logika *fuzzy* digunakan untuk menterjemahkan suatu besaran yang diekspresikan menggunakan bahasa (*linguistic*), misalkan besaran kecepatan laju kendaraan yang diekspresikan dengan pelan, agak cepat, cepat, dan sangat cepat. Dan logika *fuzzy* menunjukkan sejauh mana suatu nilai itu benar dan sejauh mana suatu nilai itu salah. Tidak seperti logika *klasik* (crisp)/tegas, suatu nilai hanya mempunyai 2 kemungkinan yaitu merupakan suatu anggota himpunan atau tidak. Derajat keanggotaan 0 (nol) artinya nilai bukan

merupakan anggota himpunan dan 1 (satu) berarti nilai tersebut adalah anggota himpunan.

Logika *fuzzy* adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang *input* kedalam suatu ruang *output*, mempunyai nilai kontinyu. *Fuzzy* dinyatakan dalam derajat dari suatu keanggotaan dan derajat dari kebenaran. Oleh sebab itu sesuatu dapat dikatakan sebagian benar dan sebagian salah pada waktu yang sama (Kusumadewi, 2004).

2.5.1 Fuzzy Filtering

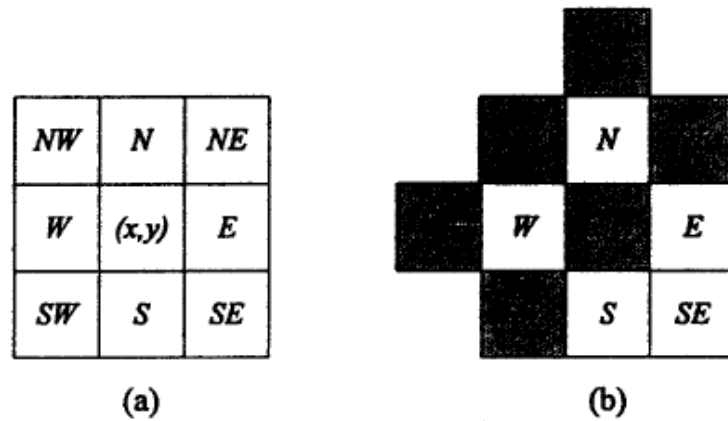
Filtering adalah merata-ratakan piksel menggunakan nilai-nilai piksel yang bersebelahan, dengan memperhatikan struktur yang penting dari citra seperti *edge*. *Filtering* ini membedakan variasi-variasi lokal yang berhubungan dengan *noise* dan struktur citra. Rancangan filter lebih lanjut didasarkan pada observasi bahwa *fuzzy derivative* yang kecil lebih disebabkan oleh *noise*, sedangkan *fuzzy derivative* yang besar lebih disebabkan oleh *edge* pada citra (Amar, 2013).

a. Fuzzy Derivative

Derivatif apabila dalam matematika berarti nilai miring dari perpindahan jarak dari 2 titik yaitu jarak x dan jarak y . Dan nilai-nilai miring tersebut bisa dirata-ratakan apabila berjumlah lebih dari satu maka didapat nilai tengah dari kedua nilai miring tersebut. Cara untuk menghitung nilai *Derivative* adalah dengan mencari perbedaannya (Mathisfun, 2015).

Perbedaan yang dilakukan bersamaan dengan *fuzzy logic* dinamakan *Fuzzy Derivatif*. Dimana, pendekatan pertama dari *Fuzzy Filtering* yaitu *Fuzzy Derivatif*

yang berarti melakukan perhitungan nilai tepi/*edge* dan untuk mencari nilai tepi / *edge* dapat dibuat perkiraan yang baik dengan menetapkan aturan-aturan *fuzzy logic*. Karena nilai yang diperkirakan adalah untuk menentukan nilai-nilai tersebut merupakan suatu noise atau suatu tepi/*edge* pada citra (Mathisfun, 2015).



Gambar 2.12 (a) Pusat Piksel (x,y) dengan piksel yang bersebelahan. (b) Nilai Piksel yang ditandai dengan warna hitam digunakan untuk menghitung *fuzzy derivative* dari pusat piksel (x,y) untuk arah NW.

(Sumber: Vile, 2003)

Tabel 2.1. Piksel-piksel yang digunakan untuk menghitung *Fuzzy Derivative* pada masing-masing arah (Sumber: Vile, 2003).

Arah	Posisi	Himpunan w,r,t (x,y)
NW	$(x - 1, y - 1)$	$\{(-1,1),(0,0),(1,-1)\}$
W	$(x - 1, y)$	$\{(0,1),(0,0),(0,-1)\}$
SW	$(x - 1, y + 1)$	$\{(1,1),(0,0),(-1,-1)\}$
S	$(x, y + 1)$	$\{(1,0),(0,0),(-1,0)\}$
SE	$(x + 1, y + 1)$	$\{(1,-1),(0,0),(-1,1)\}$
E	$(x + 1,y)$	$\{(0,-1),(0,0),(0,1)\}$

NE	$(x + 1, y - 1)$	$\{(-1,-1),(0,0),(1,1)\}$
N	$(x, y - 1)$	$\{(-1,0),(0,0),(1,0)\}$

Prinsip-prinsip dari *fuzzy derivative* adalah misalkan edge yang melewati pusat piksel (x, y) dengan piksel bersebelahan dalam arah SW – SE. nilai *derivative* NW (x,y) akan besar. Sebagai contoh dalam arah NW, dapat dihitung nilai-nilai NW (x,y) , NW $(x-1,y+1)$ dan NW $(x+1, y-1)$. Perhitungan ini untuk menghilangkan efek dari salah satu nilai *derivative* yang menghasilkan nilai yang tinggi yang berhubungan dengan *noise* (Ville, 2003).

Untuk itu jika dua dari tiga *derivative* bernilai kecil, maka dapat diasumsikan tidak ada edge sama sekali dalam arah yang ditemukan. Jadinya berdasarkan perhitungan diatas dapat dirumuskan bahwa begitu cara aturan *fuzzy* untuk menghitung nilai-nilai *fuzzy derivative* (Ville, 2003).

b. Fuzzy Smoothing

Smoothing adalah penyalarsan antara dua nilai tengah pada perbedaan yang telah ditentukan. Menentukan nilai tersebut pada bagian *Fuzzy Filtering* adalah berasal dari *Fuzzy Derivatif* yang sudah merupakan nilai perbedaan dan diperkirakan merupakan derau/*noise*. Maka pendekatan kedua dari Fuzzy Filtering adalah Fuzzy Smoothing yang berarti merupakan penyalarsan kedua nilai antara nilai derau dengan nilai disekitarnya. Dimana penyalarsan merupakan nilai perbaikan pada nilai piksel sebuah citra. Dengan adanya nilai perbaikan pada citra

tersebut maka citra yang memiliki derau akan hilang/perbaiki derau pada citra/perbaiki kualitas citra (Ville, 2003).

Untuk menghitung nilai *correction term* Δ untuk nilai piksel yang diproses, digunakan sepasang aturan *fuzzy* untuk masing-masing arah. Dari hasil perhitungan *fuzzy derivative*, perlu dibedakan antara nilai-nilai positif dan negatif (Ville, 2003).

Sebagai contoh, untuk arah NW. dengan nilai-nilai NW (x,y) diterapkan 2 aturan untuk menghitung nilai kebenaran λ_{NW}^+ dan λ_{NW}^- (Ville, 2003):

λ_{NW}^+ : Jika $nw(x,y)$ adalah small dan $nw(x,y)$ adalah positif maka c adalah positive.

λ_{NW}^- : Jika $nw(x,y)$ adalah small dan $nw(x,y)$ adalah negatif maka c adalah negative.

Tahapan terakhir dari perhitungan fuzzy filter adalah defuzzifikasi. Defuzzifikasi adalah fuzzy filter yaitu mencari nilai term Δ , yang akan ditambahkan ke nilai dari pixel pada titik (x,y). Nilai kebenaran dari aturan-aturan λ_D^+ dan λ_D^- , $D \in dir$ (untuk semua arah) dikumpulkan dengan menghitung rata-rata kebenaran sebagai berikut (Ville, 2003):

$$\begin{matrix} \lambda_D^+ \\ \lambda_D^- \end{matrix} \quad \Delta = \frac{L}{8} \sum_{D \in dir} (\lambda_D^+ - \lambda_D^-). \quad \dots\dots\dots (2-11)$$

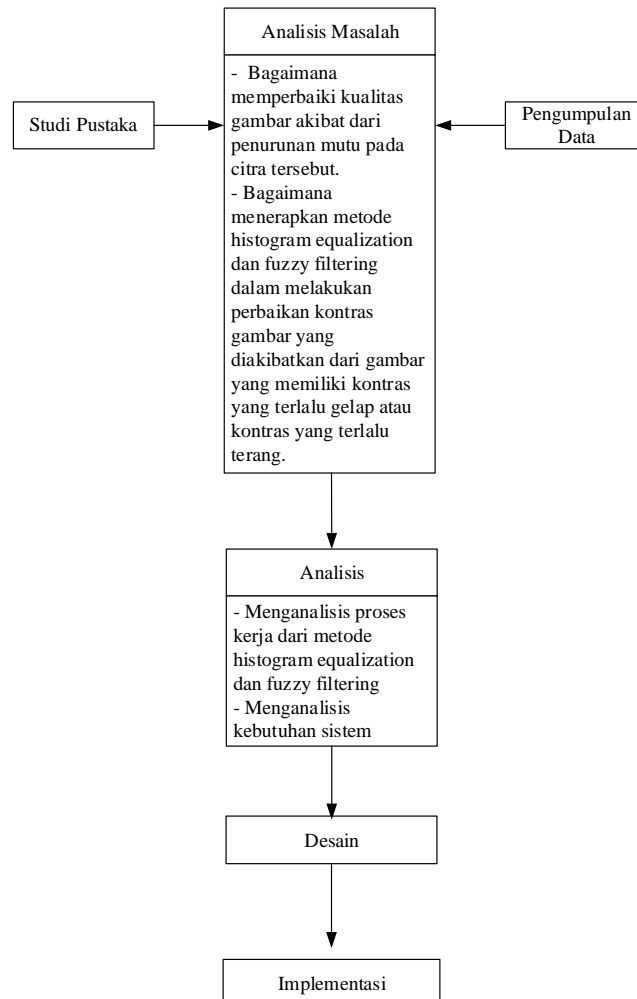
Dimana dir adalah arah dan L adalah bilangan dari level grayscale. Jadi, setiap arah berkontribusi terhadap *correction term* Δ (Ville, 2003).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Dalam melakukan perancangan sistem, diperlukan sebuah kerangka kerja yang dijadikan sebagai panduan mengenai langkah-langkah yang harus dikerjakan. Adapun kerangka kerja yang dibuat penulis seperti gambar 3.1.



Gambar 3.1 Kerangka Kerja Penelitian

Langkah kerja dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data akan dilakukan dengan menggunakan metode studi kepustakaan. Data akan dikumpulkan dari berbagai sumber di internet dan juga dari buku teks.

2. Analisis Masalah

Pada tahapan ini, akan dijabarkan masalah yang dihadapi pada sistem berjalan. Adapun masalah yang dihadapi adalah terjadi penurunan mutu citra digital.

3. Analisis

Pada tahapan analisis sistem, akan dilakukan beberapa langkah berikut:

- a. Menganalisis proses kerja dari metode *Histogram Equalization* dan *Fuzzy Filtering* dengan menggunakan *flowchart diagram*.
- b. Menganalisis kebutuhan sistem, yang mencakup kebutuhan fungsional dan kebutuhan non fungsional.

4. Desain

Pada tahapan desain sistem, akan dilakukan beberapa langkah berikut:

- a. Memodelkan sistem yang akan dibuat dengan menggunakan *use case diagram*.
- b. Merancang tampilan sistem dengan menggunakan aplikasi Microsoft Visual 2013.

5. Implementasi

Pada tahapan implementasi sistem, akan dilakukan beberapa langkah berikut:

- a. Membuat *coding* fungsi dari metode *Histogram Equalization* dan *Fuzzy Filtering*.
- b. Membuat *coding* dari aplikasi dengan menggunakan bahasa pemrograman Microsoft Visual 2013.

3.2 Metode Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dapat didefinisikan sebagai suatu cara yang digunakan untuk memperoleh data yang dibutuhkan sebagai bahan masukan bagi penulis dalam penyusunan skripsi ini.

Proses dimulai dengan mengumpulkan data-data yang diperlukan dalam penelitian, adapun metode pengumpulan data dalam penelitian dilakukan melalui Penelitian Kepustakaan (*library research*), yaitu penulis mengumpulkan data-data melalui *internet* dan buku-buku yang relevan yang berhubungan dengan topik yang dibahas.

3.3 Analisis Sistem yang Sedang Berjalan

Analisis sistem merupakan suatu proses yang harus dilakukan untuk menentukan permasalahan yang harus dihadapi. Tahapan ini merupakan tahapan yang sangat penting, karena apabila proses Analisis yang dilakukan kurang akurat dapat menyebabkan hasil dari suatu sistem pengembangan perangkat lunak akan tidak sesuai dengan yang diharapkan. Oleh karena itu, proses ini harus benar-benar sesuai dengan penggunaan agar hasil penggunaan perangkat lunak memuaskan pengguna.

Proses Analisis dilakukan berdasarkan pada metodologi yang digunakan. Dalam penelitian ini, digunakan metodologi *waterfall* dalam melakukan proses Analisis dan perancangan perangkat lunak. Berikut dirincikan tahapan-tahapan kerja yang digunakan.

3.3.1 Analisis Permasalahan

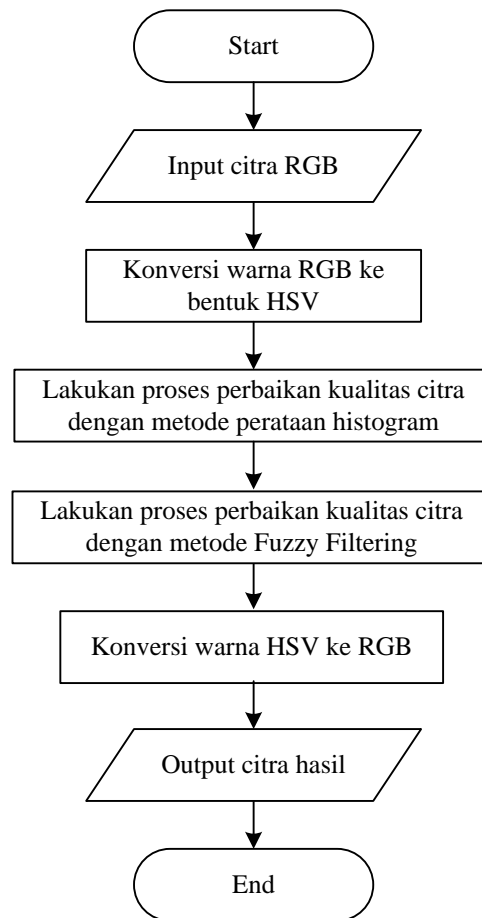
Perbaikan kualitas citra bertujuan untuk memperbaiki interpretasi dan persepsi informasi yang terkandung dalam citra oleh penglihatan manusia atau untuk memberikan *input* yang lebih baik untuk teknik pemrosesan citra yang lain (Chen, 2009). Input dari sistem berupa citra *RGB*.

Citra *RGB* dengan kualitas rendah seperti objek citra yang tidak kelihatan karena rendahnya pencahayaan serta warna pada citra yang kabur. Kemudian untuk memperbaiki kualitas citra *RGB* tersebut diterapkanlah teknik pengolahan citra, seperti *image enhancement*.

Untuk melakukan *image enhancement* dari kriteria tersebut maka digunakanlah algoritma *Histogram Equalization* dan *Fuzzy Filtering*. Proses perbaikan kualitas citra dengan menggunakan algoritma *Histogram Equalization* memiliki hasil yang kurang bagus. Untuk memperbaiki hal tersebut, maka algoritma *Histogram Equalization* dapat digabungkan dengan metode *Fuzzy Filtering* untuk meningkatkan kualitas citra hasil yang diperoleh.

3.3.2 Analisis Proses

Proses kerja dari perangkat lunak perbaikan kualitas citra dengan algoritma *Histogram Equalization* dan *Fuzzy Filtering* ini dapat digambarkan dalam bentuk *flowchart* seperti terlihat pada gambar berikut:



Gambar 3.2 *Flowchart* dari Perangkat Lunak Perbaikan Kualitas Citra

Sebagai contoh:

Misalkan terdapat sebuah citra digital RGB berwarna yang berukuran 4x6 dengan perincian sebagai berikut:



Gambar 3.3 Citra Input

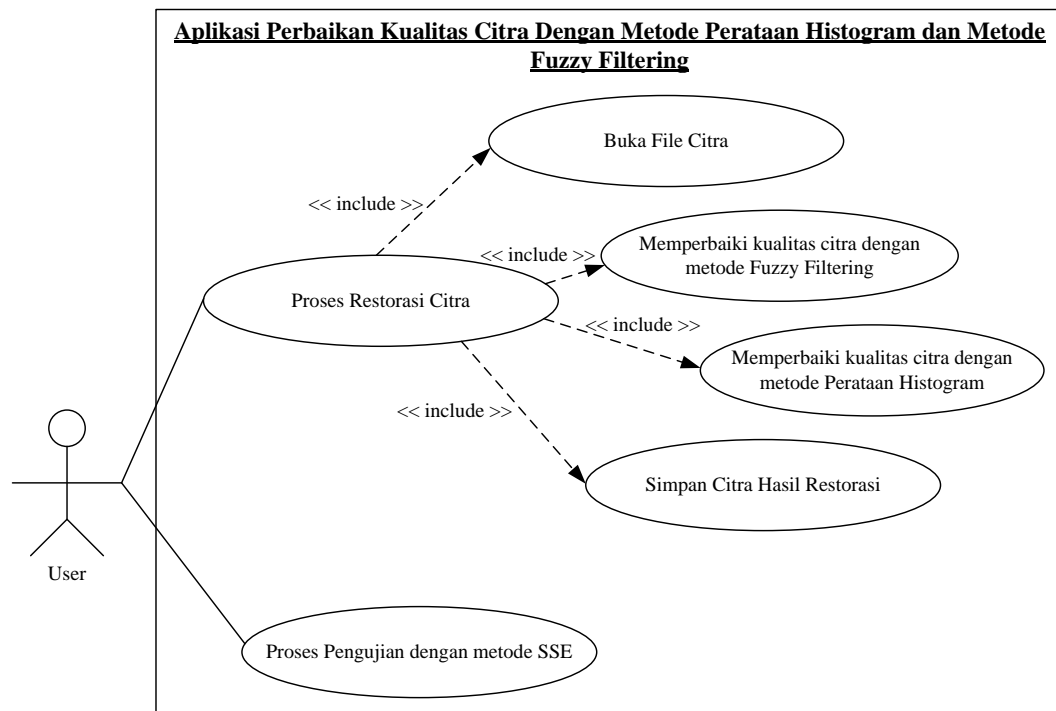
Berikut juga adalah citra yang telah mengalami perubahan piksel atau citra dari hasil restorasi.



Gambar 3.4 Citra Output

3.3.3 Pemodelan Sistem

Hubungan antara fungsi-fungsi diatas dapat digambarkan dalam bentuk diagram seperti terlihat pada gambar berikut ini:



Gambar 3.5 Use Case System

Pada gambar 3.5 diatas, terlihat *use case* aplikasi perbaikan kualitas citra dengan metode perataan histogram dan metode fuzzy filtering, berikut ini merupakan narasi dari *use case* tersebut:

Tabel 3.1 Narasi *Use Case* Proses Restorasi Citra

Nama <i>use case</i>	Proses Restorasi Citra
Aktor	<i>User</i>
Deskripsi	<i>Use case</i> ini berfungsi untuk melakukan proses restorasi citra digital
Prakondisi	Data citra digital belum diperbaiki kualitasnya.
Sasaran	<i>Use case</i> ini diawali saat <i>user</i> ingin melakukan perbaikan kualitas citra digital.

	Aksi Aktor	Respons Sistem
Bidang khas suatu event	1. <i>User</i> mengklik tombol 'Proses'.	2. Sistem mengecek citra input yang dimasukkan. 3. Sistem melakukan proses <i>histogram equalization</i> terhadap citra digital. 4. Sistem melakukan proses <i>fuzzy filtering</i> terhadap citra yang diperoleh pada langkah sebelumnya.
Bidang alternatif	Alt. Langkah 3. Sistem menampilkan pesan kesalahan bahwa data input belum lengkap.	
Kesimpulan	<i>Use case</i> ini untuk melakukan proses perbaikan kualitas citra input	
Postkondisi	Data citra digital yang dimasukkan telah diperbaiki kualitas citranya.	

Tabel 3.2 Narasi dari *Use Case* Buka *File* Citra

Nama <i>use case</i>	Buka <i>file</i> citra
Aktor	<i>User</i>
Deskripsi	<i>Use case</i> ini berfungsi untuk membuka <i>file</i> citra
Prakondisi	<i>File</i> citra yang belum ditampilkan

Sasaran	<i>Use case</i> ini diawali saat <i>user</i> ingin membuka <i>file</i> citra	
	Aksi Aktor	Respons Sistem
Bidang khas suatu event	1. <i>User</i> mengklik <i>link</i> ‘Browse’	2. Sistem membuka kotak dialog open untuk pemilihan citra <i>input</i>
Bidang alternatif	Alt Lgkh 2: Sistem menampilkan pesan kesalahan bahwa citra input belum dimasukkan.	
Kesimpulan	<i>Use case</i> ini digunakan untuk membuka <i>file</i> citra	
Postkondisi	Citra telah ditampilkan	

Tabel 3.3 Narasi dari *Use Case* Simpan Citra Hasil Restorasi

Nama <i>use case</i>	Simpan Citra Hasil Restorasi	
Aktor	<i>User</i>	
Deskripsi	<i>Use case</i> ini berfungsi untuk menyimpan <i>file</i> citra yang sedang ditampilkan	
Prakondisi	<i>File</i> citra yang sedang ditampilkan belum disimpan	
Sasaran	<i>Use case</i> ini diawali saat <i>user</i> ingin menyimpan <i>file</i> citra yang sedang ditampilkan	
	Aksi Aktor	Respons Sistem
Bidang khas suatu event	1. <i>User</i> mengklik <i>link</i> ‘Simpan’	2. Sistem menyimpan citra yang sedang ditampilkan ke dalam

		bentuk <i>file</i>
Bidang alternatif	Alt Lgkh 2: Sistem menampilkan pesan kesalahan bahwa lokasi penyimpanan belum dipilih.	
Kesimpulan	<i>Use case</i> ini digunakan untuk menyimpan <i>file</i> citra yang sedang ditampilkan	
Postkondisi	Menyimpan <i>file</i> citra yang sedang ditampilkan	

Tabel 3.4 Narasi dari *Use Case* Memperbaiki Kualitas Citra dengan Metode Perataan Histogram dan *Fuzzy Filtering*

Nama <i>use case</i>	Memperbaiki kualitas citra dengan metode Perataan Histogram dan <i>Fuzzy Filtering</i>	
Aktor	<i>User</i>	
Deskripsi	<i>Use case</i> ini berfungsi untuk melakukan proses perbaikan kualitas citra dengan metode perataan histogram dan <i>fuzzy filtering</i>	
Prakondisi	<i>File</i> citra belum dilakukan proses perataan histogram dan <i>fuzzy filtering</i>	
Sasaran	<i>Use case</i> ini diawali saat <i>user</i> ingin melakukan proses perataan histogram dan <i>fuzzy filtering</i> terhadap citra <i>input</i>	
	Aksi Aktor	Respons Sistem
Bidang khas suatu event	1. <i>User</i> mengklik tombol 'Proses'	2. Sistem membaca warna piksel RGB dari

		<p>citra digital</p> <p>3. Sistem mengubah warna piksel citra ke bentuk HSV</p> <p>4. Sistem melakukan proses perataan histogram terhadap citra input</p> <p>5. Sistem melakukan proses <i>fuzzy filtering</i> terhadap citra yang diperoleh</p> <p>6. Sistem menampilkan gambar hasil restorasi</p>
Bidang alternatif	Alt Lgkh 2: Sistem menampilkan pesan kesalahan bahwa lokasi penyimpanan belum dipilih.	
Kesimpulan	<i>Use case</i> ini digunakan untuk melakukan proses restorasi citra digital	
Postkondisi	Citra digital telah berhasil diperbaiki kualitasnya	

3.3.4 Analisis Persyaratan

Analisis persyaratan terhadap sistem yang akan dirancang mencakup Analisis fungsional yang mendeskripsikan fungsionalitas-fungsionalitas yang harus dipenuhi oleh perangkat lunak dan Analisis non fungsional yang

mendesripsikan persyaratan non fungsional yang berhubungan dengan kualitas sistem.

3.3.4.1 Analisis Fungsional

Adapun beberapa persyaratan fungsional yang harus dipenuhi oleh perangkat lunak adalah sebagai berikut:

- a. Format citra yang *input* adalah *.jpg, *.png, *.bmp, *.gif (tanpa animasi).
- b. Citra input berupa citra RGB.
- c. Perangkat lunak akan melakukan proses perataan histogram terlebih dahulu.

Setelah itu, citra hasil yang diperoleh akan dilakukan proses *fuzzy filtering* untuk menghilangkan derau dari citra yang dihasilkan.

3.3.4.2 Analisis Non Fungsional

Untuk merumuskan persyaratan non-fungsional dari sistem, maka harus dilakukan Analisis terhadap kinerja, informasi, ekonomi, keamanan aplikasi, efisiensi, dan pelayanan *customer*. Panduan ini dikenal dengan Analisis *PIECES* (*performance, information, economic, control, efficiency, dan services*).

1. Performance

Perangkat lunak dapat menampilkan gambar citra asli dan citra hasil perbaikan kualitas citra.

2. *Information*

Perangkat lunak harus mampu menampilkan keterangan mengenai proses yang sedang dilakukan agar pengguna dapat mengetahui apakah perangkat lunak masih berjalan atau telah *hang*.

3. *Economics*

- a. Perangkat lunak dapat dijalankan di sistem operasi *Windows 7* ke atas.
- b. Perangkat lunak tidak memerlukan perangkat dukung tambahan lainnya dalam proses eksekusinya. Perangkat lunak yang dibutuhkan hanya .NET Framework 3.5.

4. *Control*

Perangkat lunak akan menampilkan pesan kesalahan apabila terdapat kesalahan atau kegagalan sistem.

5. *Efficiency*

Perangkat lunak menyediakan masukan nilai input sehingga *user* dapat melakukan pengujian terhadap algoritma dengan menggunakan beberapa nilai *input* berbeda.

6. *Service*

Perangkat lunak menyediakan fasilitas untuk melakukan proses pengaturan nilai *threshold*.

3.4 Perancangan

Aplikasi perbaikan kualitas citra ini dirancang dengan menggunakan bahasa pemrograman *Microsoft Visual C#* dengan menggunakan beberapa objek dasar seperti:

1. Button, yang dipakai sebagai tombol eksekusi.
2. Label, yang digunakan untuk penamaan disetiap objek.
3. Textbox, yang digunakan sebagai tempat penginputan nilai.
4. SaveFileDialog, yang digunakan untuk menampilkan dialog save.
5. Picture box, yang digunakan untuk menampilkan gambar.
6. Check box, yang digunakan untuk pilihan menampilkan hasil atau tidak.
7. Group box, yang digunakan untuk menggabungkan objek.

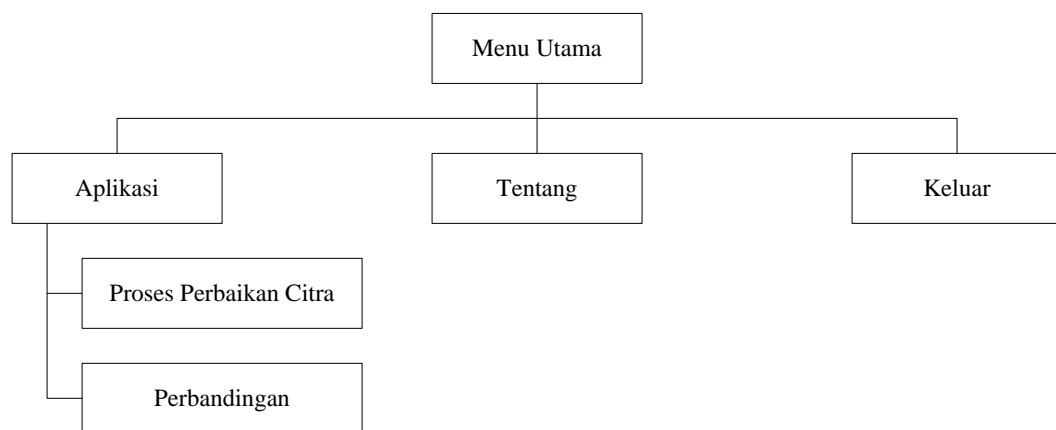
3.4.1 Perancangan Menu

Selain menggunakan beberapa objek dasar di atas, perangkat lunak ini juga menggunakan objek 'MenuStrip' untuk merancang sebuah menu yang digunakan sebagai penghubung (*link*) ke *form-form* lainnya yang terdapat pada perangkat lunak, yang dapat dirincikan sebagai berikut:

1. Menu 'Aplikasi', yang berfungsi untuk melakukan proses perbaikan kualitas citra, proses pengujian dan sebagai perbandingan. Menu ini memiliki beberapa sub menu yang dapat dirincikan sebagai berikut:
 - a. Sub menu 'Proses Perbaikan Citra' yang berfungsi untuk melakukan perbaikan kualitas citra.

- b. Sub menu 'Proses Pengujian' yang berfungsi untuk melakukan pengujian terhadap citra yang ingin diuji.
 - c. Sub menu 'Perbandingan' yang berfungsi untuk melakukan perbandingan antara dua citra yang ingin diuji.
2. Menu 'Tentang' berfungsi untuk menampilkan keterangan pembuat.
 3. Menu 'Keluar' berfungsi untuk menutup perangkat lunak.

Rancangan menu utama ini dapat dilihat pada gambar 3.6 berikut :



Gambar 3.6 Rancangan Menu Utama

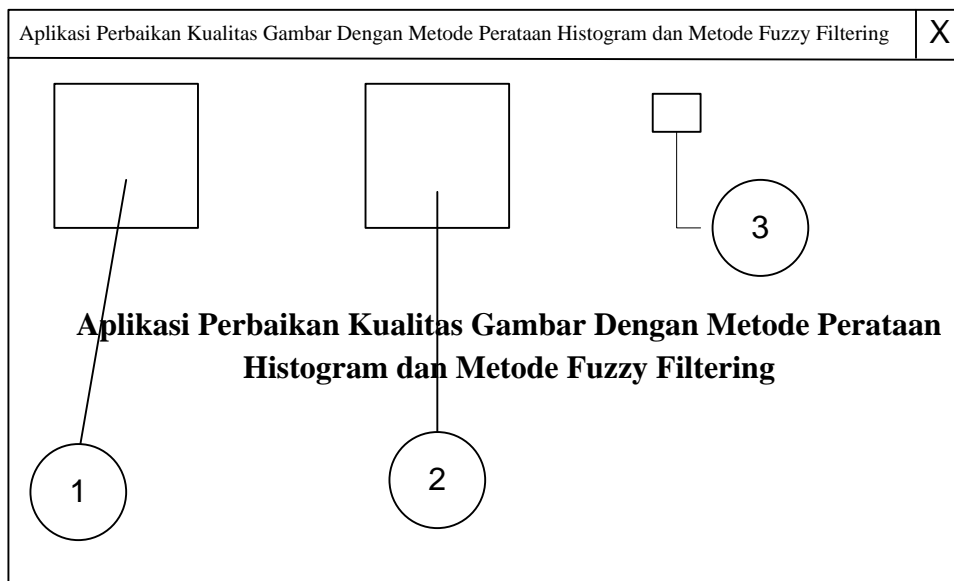
3.4.2 Perancangan Tampilan

Rancangan tampilan dari perangkat lunak ini dapat dirincikan sebagai berikut:

1. *Form* 'Main'
2. *Form* 'Proses Perbaikan Citra'
3. *Form* 'Perbandingan'
4. *Form* 'Tentang'

3.4.2.1 Form ‘Main’

Form ini merupakan form pembuka (awal) dari perangkat lunak dan juga form inti dari perangkat lunak yang berfungsi untuk menghubungkan *form-form* yang ada pada perangkat lunak. Rancangan tampilan dari form ‘Main’ ini dapat dilihat pada gambar 3.5 berikut:



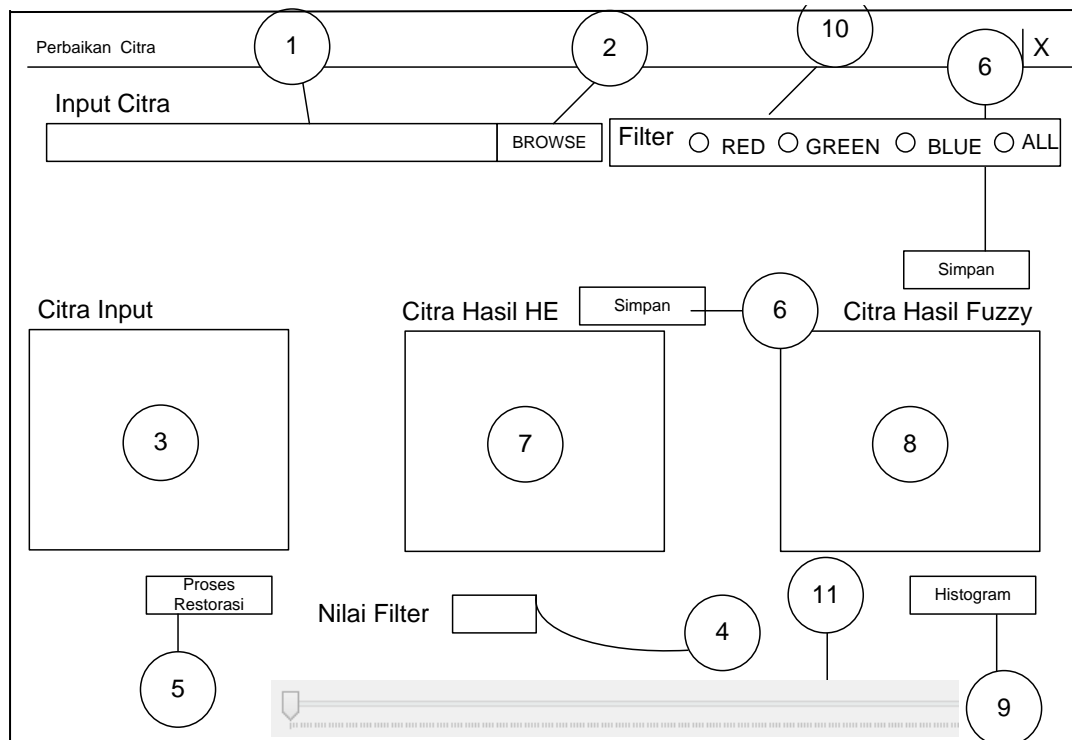
Gambar 3.7 Rancangan *Form* Main

Keterangan Gambar 3.7:

1. *Link* ‘Aplikasi’ memiliki sub menu diantaranya sebagai ‘Proses Perbaikan Citra’, dengan penerapan metode *Histogram Equalization* dan *Fuzzy Filtering*, sebagai ‘Proses Pengujian’ dengan menggunakan metode SSE dan sub menu sebagai ‘Perbandingan’.
2. *Link* ‘Tentang’ untuk menampilkan data pribadi dari pembuat perangkat lunak.
3. *Link* ‘Keluar’ untuk menutup perangkat lunak.

3.4.2.2 Form ‘Proses Perbaikan Citra’

Form ini berfungsi untuk memperbaiki kualitas citra dengan menggunakan metode *Fuzzy Filtering* dan *Histogram Equalization*. Rancangan tampilan dari form ‘Proses perbaikan citra’ ini dapat dilihat pada gambar 3.6 berikut :



Gambar 3.8 Rancangan Form ‘Proses Perbaikan Citra’

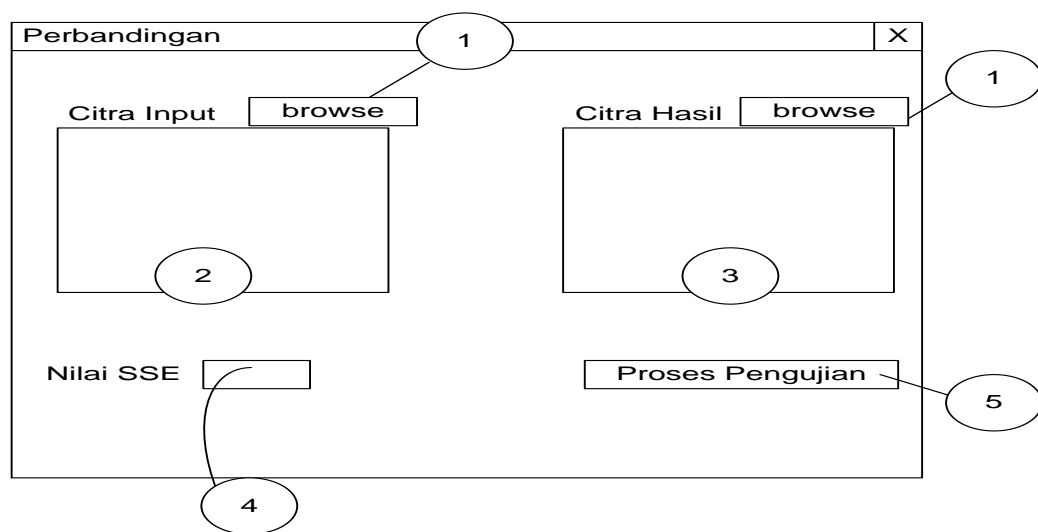
Keterangan Gambar 3.8:

1. Input citra kedalam aplikasi melalui tombol ‘*browse*’.
2. Tombol *browse* untuk memilih *file* yang diinginkan.
3. Hasil citra *input*.
4. *Textbox* sebagai tempat pengisian nilai *filter*.
5. Tombol ‘Proses Restorasi’ untuk memulai proses restorasi.
6. Tombol ‘Simpan Citra’ untuk menyimpan citra hasil.
7. Tampilan citra hasil *Histogram Equalization*.

8. Tampilan citra hasil *Fuzzy Filtering*.
9. Tombol 'Histogram' untuk menampilkan histogram citra.
10. Filter proses bagian pada citra.
11. Range filter 0 - 255

3.4.2.3 Form 'Perbandingan'

Form ini berfungsi sebagai perbandingan antara citra dengan citra lainnya untuk mengetahui selisih perbedaan nilai keduanya dengan menggunakan algoritma *Sum Square Error* (SSE). Rancangan tampilan dari *form* ini dapat dilihat pada gambar 3.9 berikut :



Gambar 3.9 Rancangan Form 'Perbandingan'

Keterangan Gambar 3.9 :

1. Tombol '*browser*' untuk menampilkan gambar yang akan dilakukan perbandingan.

2. Tampilan Citra Input.
3. Tampilan Citra Hasil yang akan dilakukan perbandingan dengan citra Input.
4. Hasil nilai SSIM dari kedua citra yang dibandingkan.
5. Tombol 'Proses Perbandingan' untuk melakukan proses perbandingan

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Setelah system dianalisis dan didesain secara rinci, maka akan menuju tahap implementasi. Implementasi merupakan tahap meletakkan system sehingga siap untuk dioperasikan. Implementasi bertujuan untuk mengkonfirmasi modul-modul perancangan, sehingga pengguna dapat memberikan masukan kepada pembangun sistem. Hasil dari sistem yang dibangun tersebut dapat dilihat sebagai berikut:

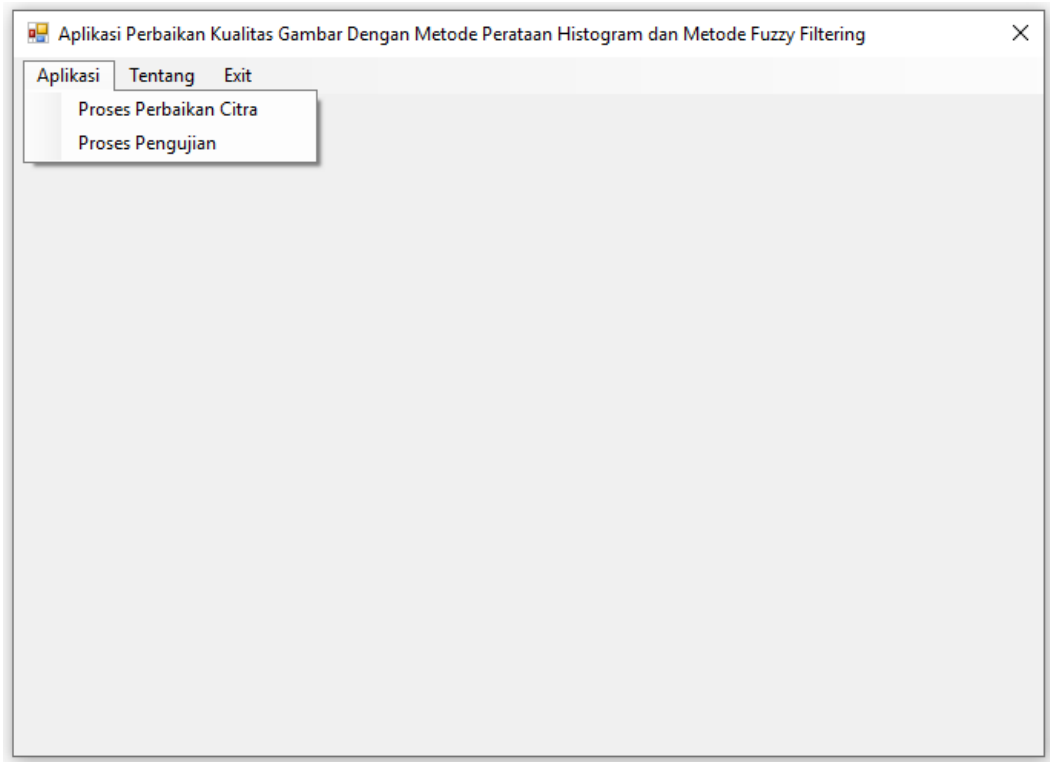
4.1.1 Tampilan Main

Pada saat pertama kali menjalankan perangkat lunak aplikasi perbaikan kualitas gambar dengan metode perataan histogram (*histogram equalization*) dan metode *fuzzy filtering*, maka *form* yang akan muncul pertama kali adalah *form* 'Main', yang dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut ini:



Gambar 4.1 Tampilan *Main*

Untuk menjalankan proses perbaikan kualitas gambar, proses pengujian dan proses perbandingan, maka dapat mengklik *link* 'Aplikasi', maka akan muncul tampilan 'Menu Aplikasi' yang dapat dilihat pada gambar berikut:

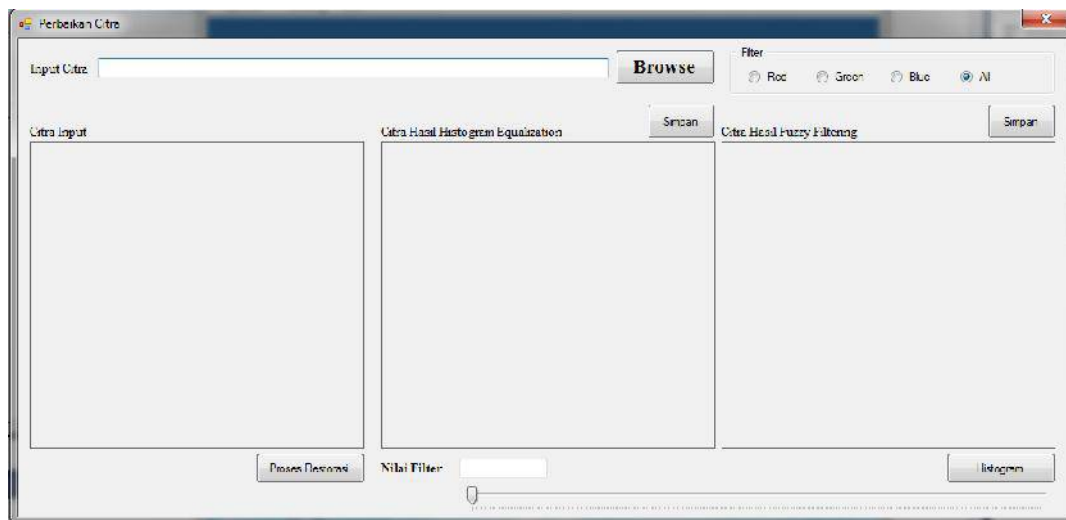


Gambar 4.2 TampilanMenu Aplikasi

Setelah itu, kliklah tombol 'Proses Perbaikan Citra', 'Proses Pengujian', 'Perbandingan' sehingga sistem akan menampilkan form berikutnya.

4.1.2 Tampilan Proses Perbaikan Citra

Dengan mengklik *link* 'Proses Perbaikan Citra', sehingga sistem akan menampilkan form berikut :

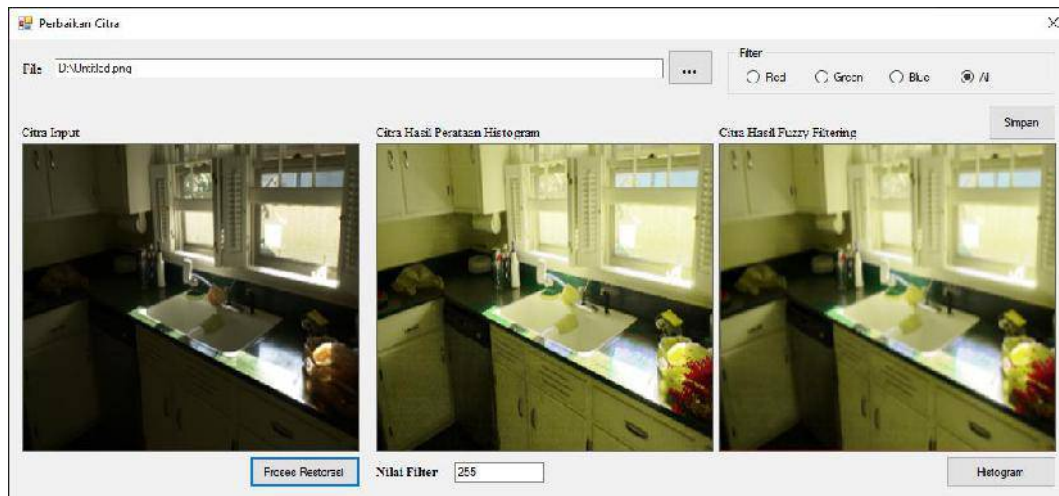


Gambar 4.3 Tampilan Proses Perbaikan Citra

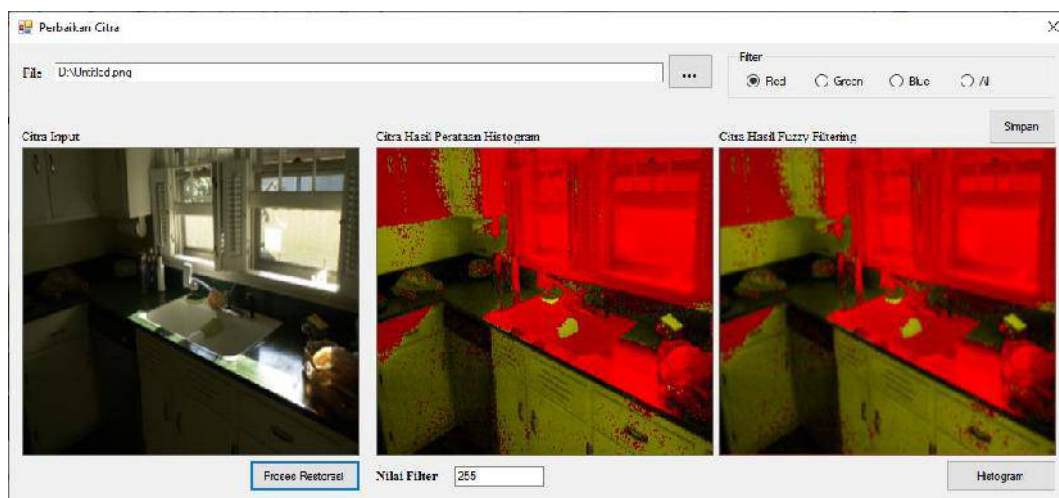
Masukan file gambar yang akan dilakukan perbaikan kualitas dengan mengklik pada tombol browse, setelah itu lakukan filter terhadap citra bagian mana yang akan dilakukan perbaikan, misal hanya ingin mengfilter bagian R (*Red*), G (*Green*), B (*Blue*) ataupun All yang sebagai default. Sementara itu inputkan nilai filter atau nilai thersold yang mana memiliki range antara 0 sampai dengan 255.

Setelah itu, klik tombol 'Proses Restorasi', maka sistem akan menghasilkan citra hasil dari menggunakan metode *histogram equalization* dan citra hasil dari menggunakan metode *fuzzy filtering*. Selain itu sistem juga akan mampu menghasilkan histogram dari kedua citra yang dihasilkan dari proses restorasi.

Berikut form yang dihasilkan ketika sistem berhasil melakukan proses restorasi terhadap citra:



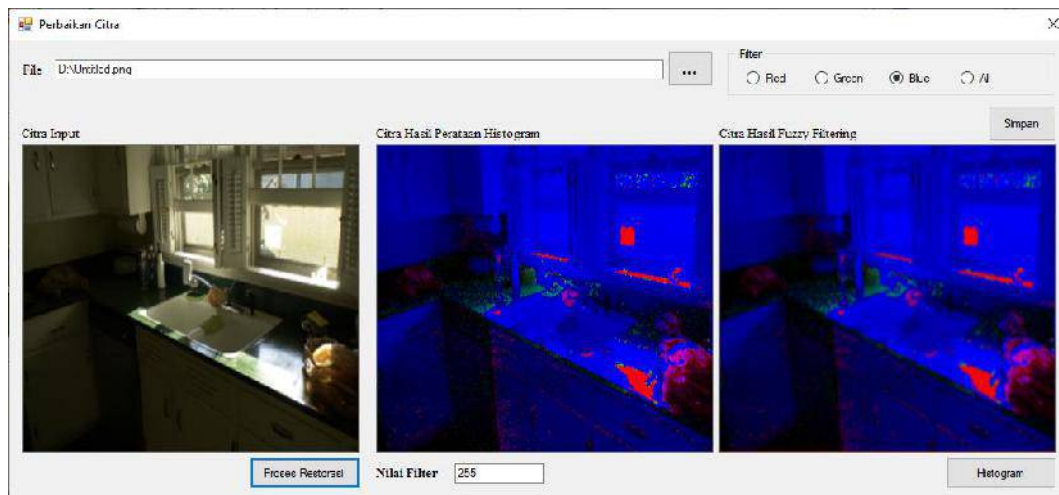
Gambar 4.4 Tampilan Hasil Proses Restorasi Dengan Filter *All*



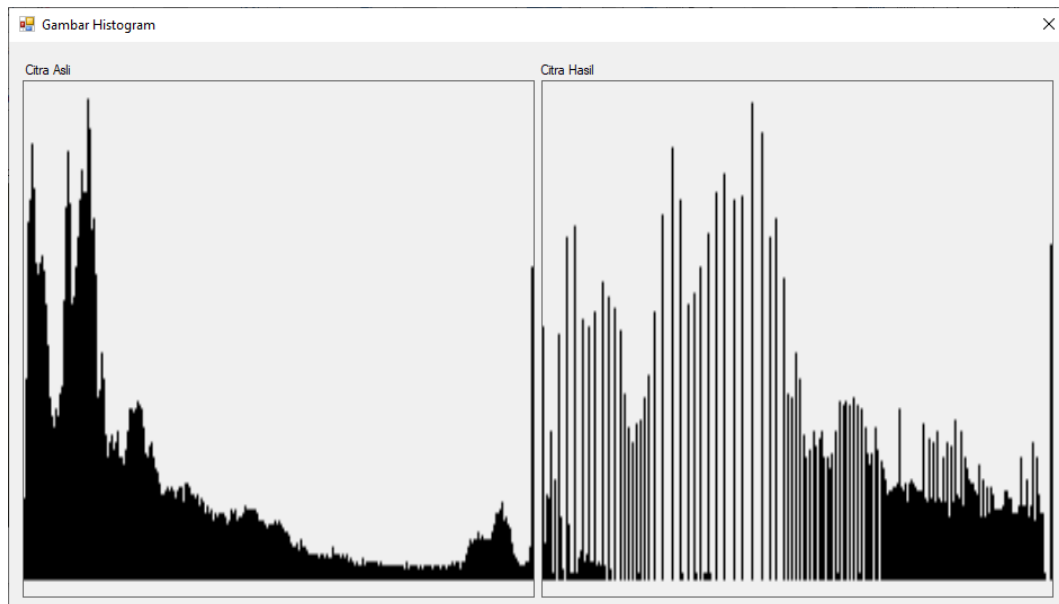
Gambar 4.5 Tampilan Hasil Proses Restorasi Dengan Filter *Red*



Gambar 4.6 Tampilan Hasil Proses Restorasi Dengan Filter *Green*



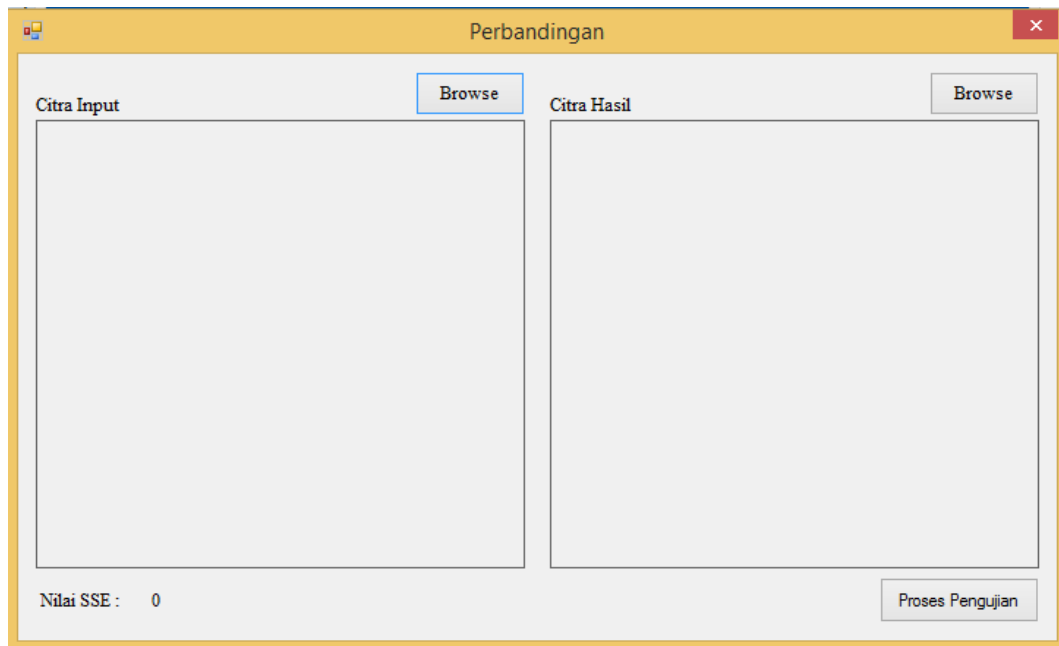
Gambar 4.7 Tampilan Hasil Proses Restorasi Dengan Filter *Blue*



Gambar 4.8 *Form* Histogram Hasil Proses Restorasi Dengan Filter *All*

4.1.3 Tampilan Perbandingan

Form perbandingan dilakukan untuk membandingkan citra dengan citra lainnya, misalnya citra hasil restorasi dengan citra lain yang mirip namun citra tersebut belum dilakukan restorasi ataupun sebaliknya dilakukan hanya untuk pengujian semata. Berikut contoh form perbandingan citra hasil restorasi *histogram equalization* dengan citra hasil restorasi *fuzzy filtering*.



Gambar 4.9 Tampilan Perbandingan

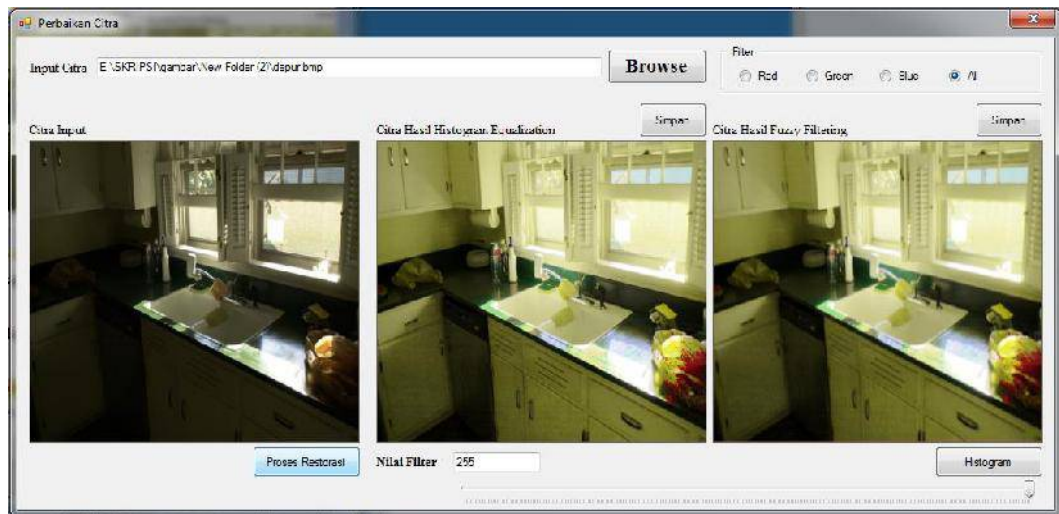
4.2 Pengujian

4.2.1 Hasil Pengujian

Pengujian akan dilakukan dengan menggunakan beberapa ukuran citra berbeda dan menggunakan berbagai variasi nilai filter yang berbeda. Berikut dirincikan hasil pengujian yang dilakukan.

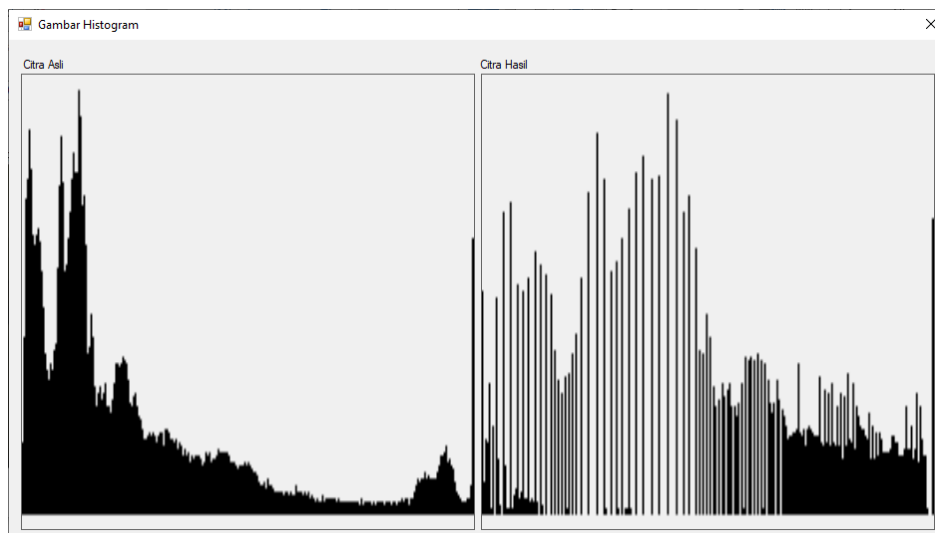
Pengujian I:

citra yang diinput bernama dapur.bmp yang memiliki kontras gelap, kemudian dilakukan pengujian atau restorasi dengan jenis filter yang di pilih adalah jenis 'ALL' dan nilai filter yang diinput sebesar 255. Berikut adalah hasil setelah dilakukan restorasi:



Gambar 4.10 Pengujian Citra Dapur.bmp dengan nilai filter 255

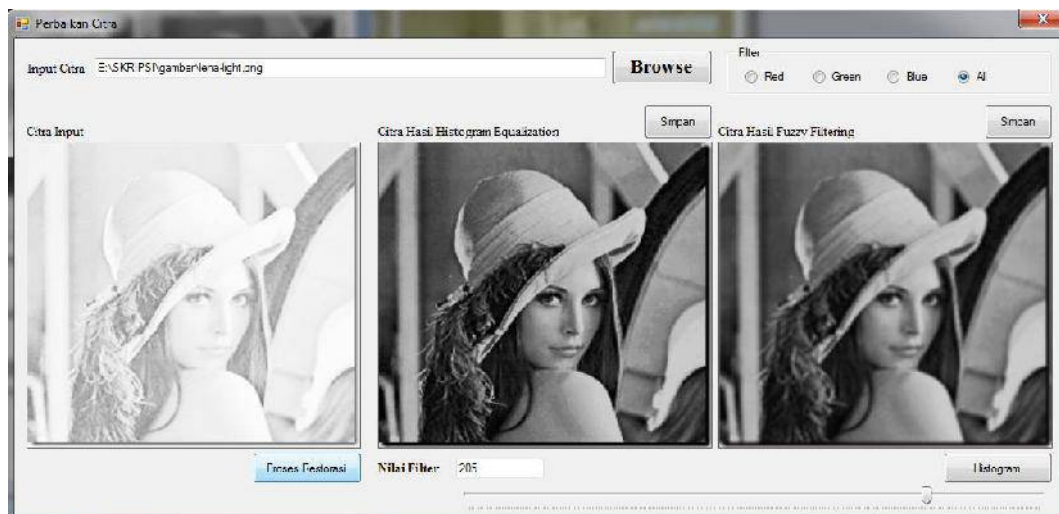
Berikut di bawah ini adalah hasil histogram yang dihasilkan setelah dilakukan proses restorasi:



Gambar 4.11 Histogram Citra Dapur.bmp sebelum dilakukan restorasi dan setelah dilakukan restorasi.

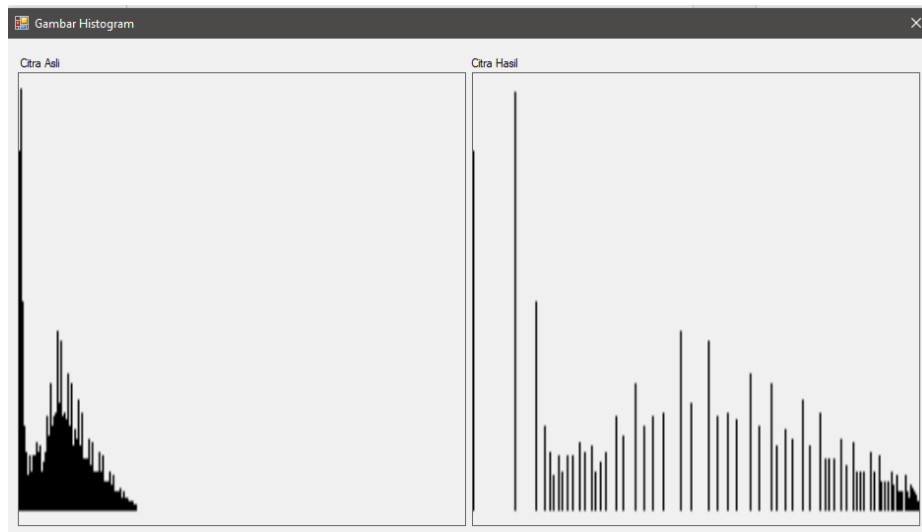
Pengujian II:

Citra yang diinput bernama lena-light.png yang memiliki kontras terlalu terang, kemudian dilakukan pengujian atau restorasi dengan jenis filter yang di pilih adalah jenis 'ALL' dan nilai filter yang diinput sebesar 205. Berikut adalah hasil setelah dilakukan restorasi:



Gambar 4.12 Pengujian Citra lena-light.png dengan nilai filter 205

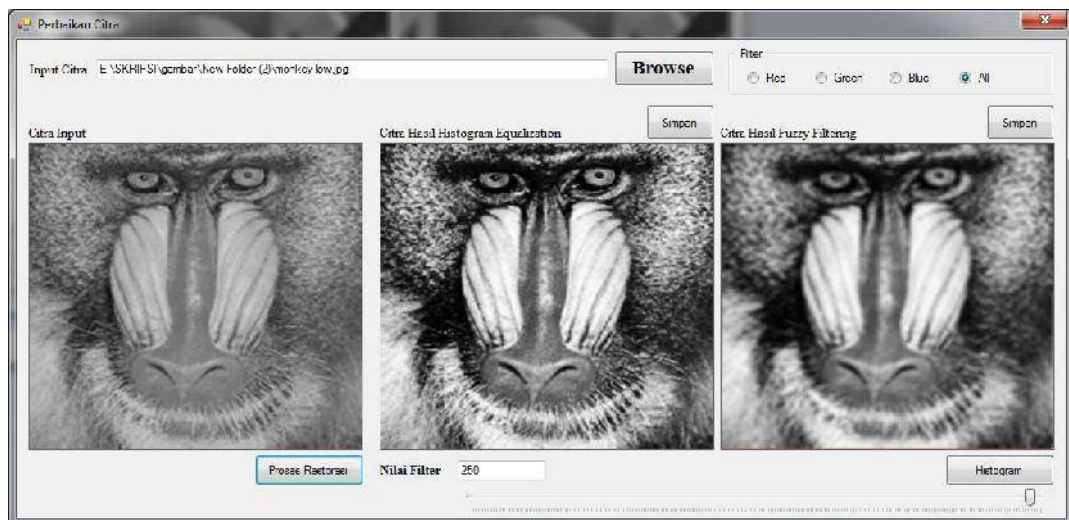
Berikut di bawah ini adalah hasil histogram yang dihasilkan setelah dilakukan proses restorasi:



Gambar 4.13 Histogram Citra lena-light.png sebelum dilakukan restorasi dan setelah dilakukan restorasi.

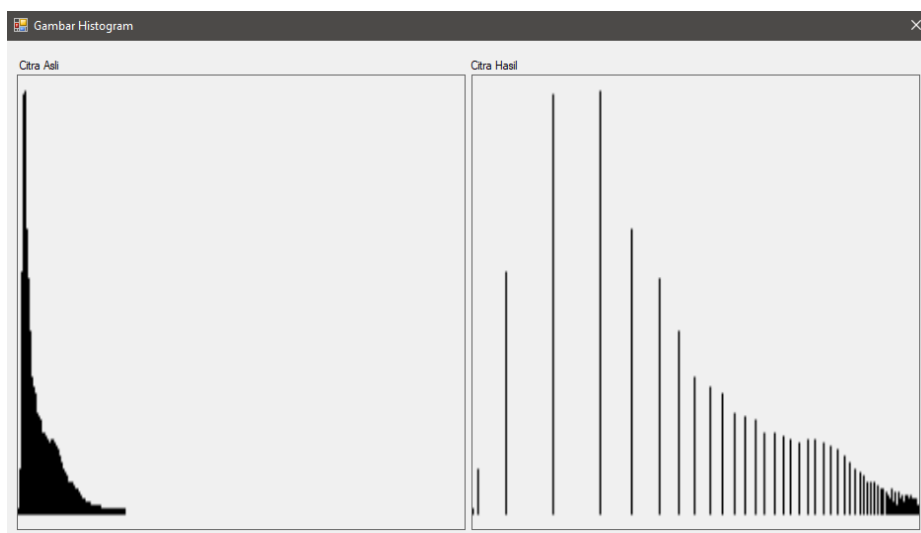
Pengujian III:

citra yang diinput bernama monkey-low.jpg yang memiliki kontras tidak terlalu terang dan kontras tidak terlalu gelap, kemudian dilakukan pengujian atau restorasi dengan jenis filter yang di pilih adalah jenis 'ALL' dan nilai filter yang diinput sebesar 250. Berikut adalah hasil setelah dilakukan restorasi:



Gambar 4.14 Pengujian monkey-low.jpg dengan nilai filter 250

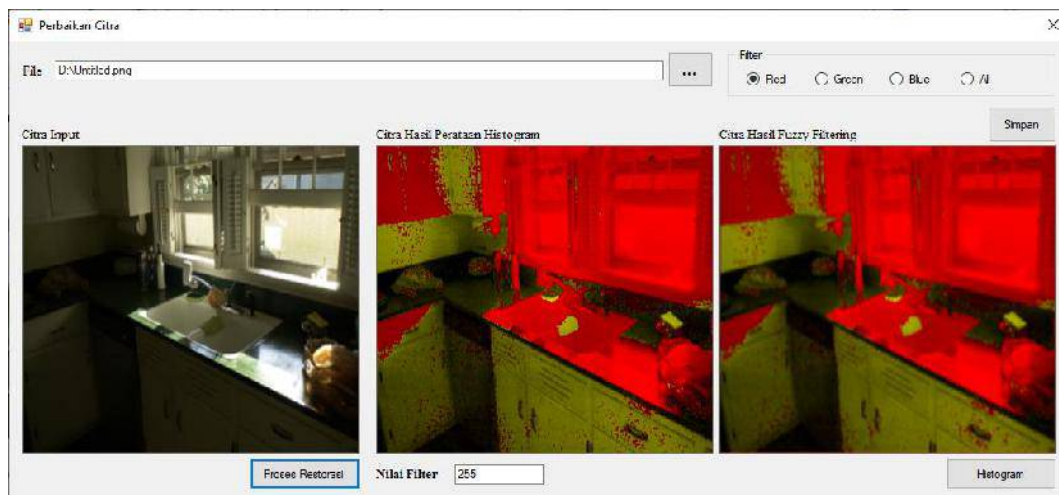
Berikut di bawah ini adalah hasil histogram yang dihasilkan setelah dilakukan proses restorasi:



Gambar 4.15 Histogram Citra monkey-low.jpg sebelum dilakukan restorasi dan setelah dilakukan restorasi.

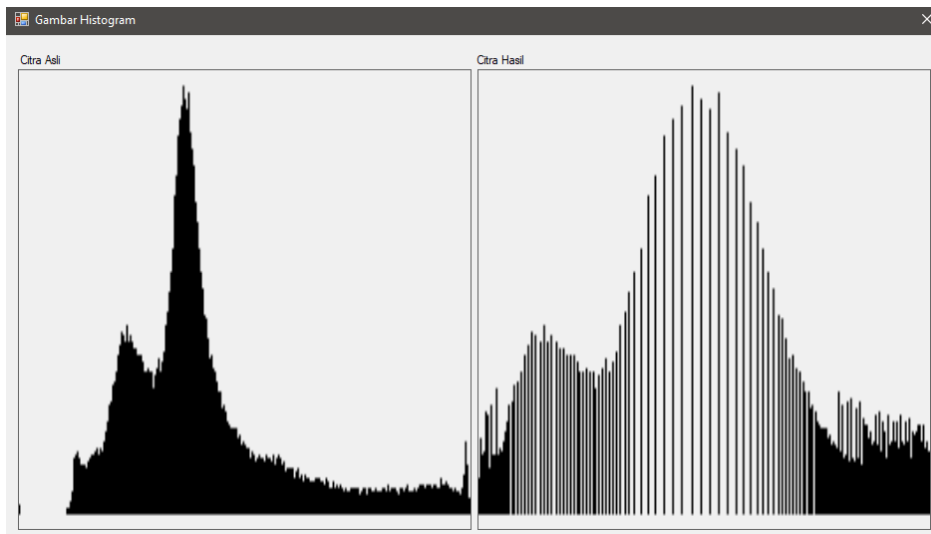
Pengujian IV:

citra yang diinput bernama dapur.bmp, kemudian dilakukan pengujian atau restorasi dengan jenis filter yang di pilih adalah jenis filter 'R' dan nilai filter yang diinput sebesar 255. Dengan memilih jenis filter 'R' maka nilai 'G' dan 'B' memiliki nilai yang sama dengan nilai 'R' atau bisa disebut sebagai *grayscale* karena hanya memiliki satu nilai. Berikut adalah hasil setelah dilakukan pengujian:



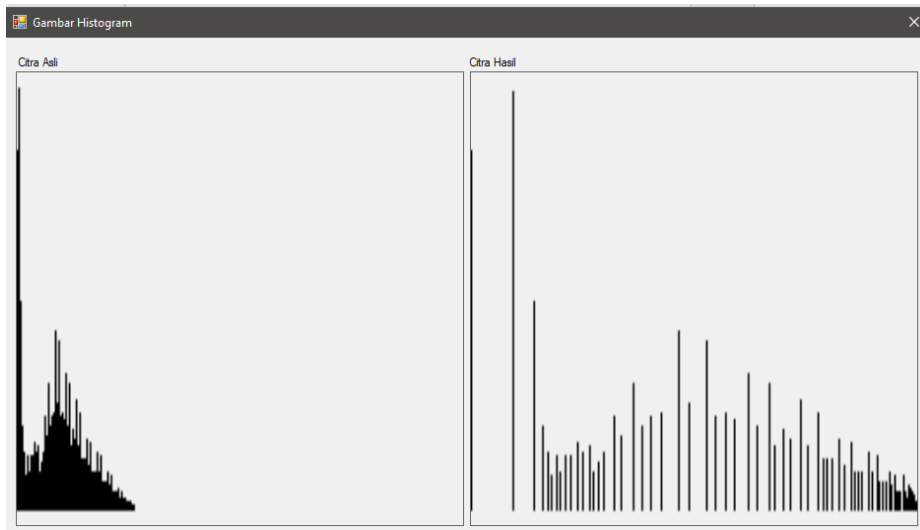
Gambar 4.16 Pengujian citra dapur.bmp dengan nilai filter 255 dan jenis filter 'R (Red)'

Berikut di bawah ini adalah hasil histogram yang dihasilkan setelah dilakukan proses restorasi:

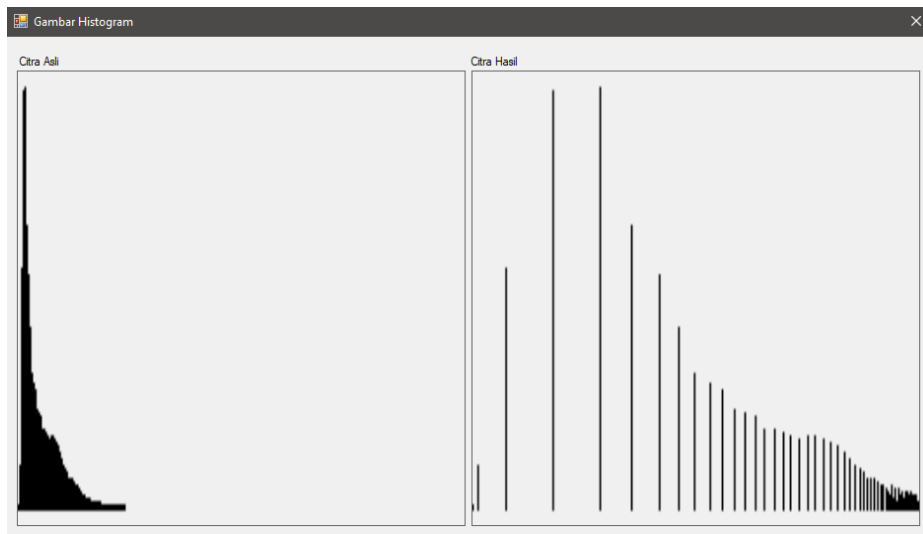


Gambar 4.17 Histogram Citra Dapur.bmp sebelum dilakukan restorasi dan setelah dilakukan restorasi.

Berikut juga ditampilkan histogram dari ketiga citra diatas.



Gambar 4.18 Hasil Histogram Citra lena-light.png



Gambar 4.19 Hasil Histogram Citra monkey-high.jpg

4.2.2 Pembahasan

Berdasarkan proses pengujian yang dilakukan pada perangkat lunak, maka dapat diperoleh beberapa informasi berikut:

1. Perangkat lunak mampu menampilkan detail perhitungan secara tahapan demi tahapan.
2. Bagian pengujian ini dapat digunakan untuk membantu pemahaman mengenai perbedaan nilai SSE antara citra hasil restorasi *histogram equalization* dengan citra hasil restorasi *fuzzy filtering*.

Pada bagian aplikasi, berdasarkan proses pengujian yang dilakukan pada perangkat lunak, maka dapat diperoleh beberapa informasi berikut:

1. Dari hasil pengujian yang dilakukan, dapat diketahui bahwa pada proses perbaikan kualitas, kualitas citra hasil perbaikan sangat dipengaruhi oleh nilai filter yang diinput.

2. Citra dengan nilai SSE yang lebih kecil dibandingkan dengan citra lainnya, memiliki kualitas yang lebih baik.

4.2.3 Evaluasi Sistem

Kelemahan dari sistem yang dibuat adalah:

1. Metode perataan histogram hanya dapat digunakan untuk memperbaiki citra dengan tingkat kontras yang tidak terlalu gelap. Apabila citra *input* memiliki tingkat kontras yang sangat gelap, maka citra hasil perbaikan dari metode perataan histogram akan memiliki kualitas yang kurang bagus.
2. Citra hasil perbaikan dari metode perataan histogram hanya akan memiliki kualitas bagus apabila dilakukan perbaikan terhadap ketiga elemen warna R, G dan B sekaligus.

Sementara itu, kelebihan dari sistem yang dibuat dapat dirincikan sebagai berikut:

1. Aplikasi yang dibuat dapat digunakan untuk memperbaiki kualitas citra gelap dengan menggunakan metode perataan histogram dan citra hasil akan diperbaiki lagi dengan menggunakan metode *fuzzy filtering* untuk memperoleh citra dengan kualitas yang lebih bagus.
2. Aplikasi memberikan fasilitas penginputan nilai *filter* sehingga pemakai dapat menguji metode perataan histogram untuk berbagai nilai *filter* yang berbeda.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari pembahasan pada bab-bab sebelumnya, maka akhirnya penelitian pada tugas akhir ini dapat diambil beberapa kesimpulan, antara lain.

1. Metode histogram equalization yang diterapkan dapat digunakan untuk menghasilkan citra dengan kontras yang normal, akan tetapi citra yang dihasilkan dapat menimbulkan noise akibat dari proses histogram equalization tersebut sehingga terlihat piksel-piksel unik dalam histogramnya.
2. Citra yang memiliki noise yang diakibatkan adanya gangguan saat pengiriman citra maupun saat perbaikan citra dapat diredam dengan menggunakan filter dari fuzzy filtering, hanya saja citra yang dihasilkan menjadi agak kabur dan ketajaman citra menjadi berkurang.

5.2 Saran

Dalam pembuatan sistem ini tentu masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, ada beberapa saran yang dapat dijadikan bahan pertimbangan apabila ada yang berminat untuk mengembangkan tugas akhir ini.

1. Bagi peneliti lain yang ingin melakukan penelitian mengenai peningkatan kualitas citra, ada baiknya penelitian ini dikembangkan misalnya dengan melakukan perbandingan dengan metode-metode peningkatan kualitas citra

yang lain sehingga dapat diketahui hasil peningkatan kualitas citra dengan metode mana yang lebih baik kualitasnya.

2. Dapat diteliti bagaimana hasilnya jika hasil dari peningkatan kualitas dengan metode yang digunakan dalam penelitian ini digunakan sebagai preprosesing sebelum melakukan proses untuk tahap berikutnya.
3. Nilai threshold pada sistem ini masih ditentukan secara manual, ada baiknya sistem ini dapat secara otomatis menentukan nilai threshold yang pas sehingga kualitas gambar yang dihasilkan lebih memuaskan.

DAFTAR PUSTAKA

- A New Metric for Quality Assessment of Digital Images Based on Weighted-Mean Square Error [Journal] / auth. Zhang Kaiwen, Wang Shouzhong and Zhang Xinpen // Proceedings of SPIE, vol. 4875. - 2002.
- Adaptive Algorithm for Image Denoising Based on Curvelet Threshold [Journal] / auth. Youssif Aliaa A.A, Darwish A A and Madbouly A M.M // IJCSNS, Vol.10 No. 1. - 2010.
- BMP files [Online] / auth. Bourke Paul // paulbourke.net. - 1998. - april 05, 2015. - <http://paulbourke.net/dataformats/bmp/>.
- Digital Image Processing [Book] / auth. Gonzales Rafael C and Woods Rirchard E. - [s.l.] : Addison-Wesley Publishing Company, 1992.
- Digital Image Processing [Book Section] / auth. Gonzalez Rafael C, Woods Richard E and Eddins Steven L. - United States : Gatesmark,LLC, 2009.
- Digital Image Processing [Article] / auth. Jayaraman S, Esakkirajan S and Veerakumar T. - New Delhi : Tata McGraw Hill Education Private Limited, 2009.
- Digital Image Processing, second edition [Book] / auth. Gonzalez Rafael C and Woods Richard E. - New Jersey : Prentice Hall, 2002.
- Fachri, barany, agus perdana windarto, and ikhsan parinduri. "penerapan backpropagation dan analisis sensitivitas pada prediksi indikator terpenting perusahaan listrik." jepin (jurnal edukasi dan penelitian informatika) 5.2 (2019): 202-208.
- Fachri, b., windarto, a. P., & parinduri, i. (2019). Penerapan backpropagation dan analisis sensitivitas pada prediksi indikator terpenting perusahaan listrik. Jepin (jurnal edukasi dan penelitian informatika), 5(2), 202-208.
- Fachri, barany; windarto, agus perdana; parinduri, ikhsan. Penerapan backpropagation dan analisis sensitivitas pada prediksi indikator terpenting perusahaan listrik. Jepin (jurnal edukasi dan penelitian informatika), 2019, 5.2: 202-208
- GIF Definition [Online] // TechTerms.com. - 05 05, 2015. - <http://techterms.com/definition/gif>.

- Hamdi, nurul. "model penyiraman otomatis pada tanaman cabe rawit berbasis programmable logic control." jurnal ilmiah core it: community research information technology 7.2 (2019).
- Image Quality Assessment: From Error Visibility to Structural Similarity [Journal] / auth. Wang Zhou [et al.]. - [s.l.] : IEEE, 2004. - Vol. 13.
- Intro to PNG Features [Online]. - mei 05, 2015.
<http://www.libpng.org/pub/png/pngintro.html>.
- Introduction to Derivatives [Online] / auth. mathisfun // mathisfun. - 2015. – 03 23, 2015. - <https://www.mathsisfun.com/calculus/derivatives-introduction.html>.
- Noise Reduction by Fuzzy Image Filtering [Journal] / auth. Ville Dimitri Van De [et al.]. - [s.l.] : IEEE, 2003. - Vol. 11.
- Pengantar Pengolahan Citra [Book] / auth. Murni Aniati. - Jakarta : PT. Alex Media Komputindo, 1992.
- Pengolahan Citra Digital [Book] / auth. Putra Darma. - [s.l.] : Andi Offset, 2010.
- Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik [Book] / auth. Munir Rinaldi. - Bandung : Informatika, 2004.
- Permana, aminuddin indra. "kombinasi algoritma kriptografi one time pad dengan generate random keys dan vigenere cipher dengan kunci em2b." (2019).
- Putra, randi rian. "sistem informasi web pariwisata hutan mangrove di kelurahan belawan sicanang kecamatan medan belawan sebagai media promosi." jurnal ilmiah core it: community research information technology 7.2 (2019).
- Putra, randi rian, et al. "decision support system in selecting additional employees using multi-factor evaluation process method." (2019).
- Putra, randi rian. "implementasi metode backpropagation jaringan saraf tiruan dalam memprediksi pola pengunjung terhadap transaksi." jurti (jurnal teknologi informasi) 3.1 (2019): 16-20.
- Saputra, muhammad juanda, and nurul hamdi. "rancang bangun aplikasi sejarah kebudayaan aceh berbasis android studi kasus dinas kebudayaan dan pariwisata aceh." journal of informatics and computer science 5.2 (2019): 147-157\

- Sidik, a. P., efendi, s., & suherman, s. (2019, june). Improving one-time pad algorithm on shamir's three-pass protocol scheme by using rsa and elgamal algorithms. In journal of physics: conference series (vol. 1235, no. 1, p. 012007). Iop publishing.
- Sitepu, n. B., zarlis, m., efendi, s., & dhany, h. W. (2019, august). Analysis of decision tree and smooth support vector machine methods on data mining. In journal of physics: conference series (vol. 1255, no. 1, p. 012067). Iop publishing.
- Tasril, v., wijaya, r. F., & widya, r. (2019). Aplikasi pintar belajar bimbingan dan konseling untuk siswa sma berbasis macromedia flash. Jurnal informasi komputer logika, 1(3). Teori Pengolahan Citra Digital [Book] / auth. Sutoyo T [et al.]. - Yogyakarta : Andi, 2009.