



IMPLEMENTASI ALGORITMA *GRADIENT BASED LOW LIGHT IMAGE ENHANCEMENT* UNTUK PERBAIKAN CITRA GELAP

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 : MUHAMMAD ARIQ RIFKI
N. P. M : 1514370618
PROGRAM STUDI : SISTEM KOMPUTER

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI
MEDAN

2021

LEMBAR PENGESAHAN

IMPLEMENTASI ALGORITMA *GRADIENT BASED LOW LIGHT IMAGE ENHANCEMENT* UNTUK PERBAIKAN CITRA GELAP

Disusun Oleh :

Nama : MUHAMMAD ARIQ RIFKI
NPM : 1514370618
Program Studi : Sistem Komputer

Skripsi telah disetujui oleh Dosen Pembimbing Skripsi
pada tanggal: 31 Mei 2021

Dosen Pembimbing I



Hafni, S.kom., M.kom

Dosen Pembimbing II



Ika Devi Perwitasari, S.kom.,
M.kom

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi



Hamdani, S.T., M.T

Ketua Program Studi Sistem Komputer



Eko Hariyanto, S.kom., M.kom



UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI

FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI

Jl. Jend. Gatot Subroto Km 4,5 Medan Fax. 061-8458077 PO.BOX : 1099 MEDAN

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI ARSITEKTUR	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI SISTEM KOMPUTER	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI PETERNAKAN	(TERAKREDITASI)

PERMOHONAN JUDUL TESIS / SKRIPSI / TUGAS AKHIR*

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap	: MUHAMMAD ARIQ RIFKI
Tempat/Tgl. Lahir	: MEDAN / 17 Mei 1997
Nomor Pokok Mahasiswa	: 1514370618
Program Studi	: Sistem Komputer
Kontribusi	: Keamanan Jaringan Komputer
Persentase Kredit yang telah dicapai	: 155 SKS, IPK 3.20
Nomor Hp	: 082363511248

Permohonan ini mengajukan judul sesuai bidang ilmu sebagai berikut :


	Judul
Implementasi algoritma gradient based low light image enhancement untuk perbaikan citra gelap	

Isian : Diisi Oleh Dosen Jika Ada Perubahan Judul

Yang Tidak Perlu



 Rektor I,


 (Cahyo Pramono, S.E., M.M.)

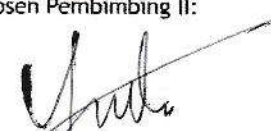
Medan, 18 Maret 2021
 Pemohon,

 (Muhammad Ariq Rifki)

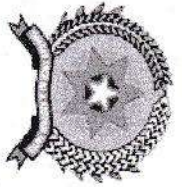
Tanggal :
 Disahkan oleh :
 Dekan

 (Hamdani, ST., MT.)

Tanggal :
 Disetujui oleh :
 Dosen Pembimbing I :

 (Hafni, S.Kom., M.Kom.)

Tanggal :
 Disetujui oleh:
 Ka. Prodi Sistem Komputer


Tanggal :
 Disetujui oleh:
 Dosen Pembimbing II:

 IKA DEVI PERWITASARI, M.Kom



YAYASAN PROF. DR. H. KADIRUN YAHYA

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI

Jl. Jend. Gatot Subroto KM 4,5 PO. BOX 1099 Telp. 061-30106057 Fax (061) 4514808
MEDAN - INDONESIA
Website : www.pancabudi.ac.id - Email : admin@pancabudi.ac.id

LEMBAR BUKTI BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : MUHAMMAD ARIQ RIFKI
NPM : 1514370618
Program Studi : Sistem Komputer
Jenjang Pendidikan : Strata Satu
Dosen Pembimbing : Hafri, S.Kom., M.Kom.
Judul Skripsi : Implementasi algoritma gradient based low light image enhancement untuk perbaikan citra gelap

Tanggal	Pembahasan Materi	Status	Keterangan
11 Agustus 2020	Ass w w mana bab 1 sebagai lampirannya	Status	
12 Agustus 2020	Ass w w Acc Sempuro	Revisi	
05 Oktober 2020	Ass w w pada bab 2 tidak ada penjelasan metode yang dibuat pada judul	Disetujui	
20 Oktober 2020	Ass w w acc bab 2 lanjutkan ke bab 3	Revisi	
04 November 2020	Ass w w pada bab 3 apabila tabel berlebih buat nama tabel yang sama ok, pada rancangan menu Utama tambahkan dlatas Menu Utama dan judul nya ok	Disetujui	
23 November 2020	Ass w w Acc Bab 3 lanjut ke bab 4	Revisi	
15 Desember 2020	Ass w w w pengujian dengan metode kenapa nggak ada	Disetujui	
17 Desember 2020	Ass w w w Acc bab 4 lanjutkan ke bab 5	Revisi	
28 Desember 2020	Ass w w w acc bab 5, lengkapi skripsi full dan upload di portal ok dan demo program ok	Disetujui	
04 Februari 2021	Ass w w w acc semthar hasil	Disetujui	
02 Maret 2021	Ass w w w uji coba seperti yang sudah disampaikan pada seminar hasil dan pada saat sidang bisa tunjukan dalam aplikasi pneralan metodenya ok	Revisi	
02 Maret 2021	Ass w w w pada kesimpulan di buat dengan kalimat aja bukan betbetuk gambar ok, semua gambar pada kesimpulan dihilangkan	Revisi	
03 Maret 2021	Ass w w w Acc Sidang Meja Hijau	Disetujui	

Medan, 08 Maret 2021
Dosen Pembimbing,

Haini, S.Kom.,M.Kom.





YAYASAN PROF. DR. H. KADIRUN YAHYA

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI

Jl. Jend. Gatot Subroto KM 4.5 P.O. BOX 1099 Telo, 061-30106057 Fax. (061) 4514808
MEDAN - INDONESIA
Website : www.pancabudi.ac.id - Email : admin@pancabudi.ac.id

LEMBAR BUKTI BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : MUHAMMAD ARIQ RIFKI
NPM : 1514370618
Program Studi : Sistem Komputer
Jenjang Pendidikan : Strata Satu
Dosen Pembimbing : Ika Devi Perwitasari, S.Kom., M.Kom
Judul Skripsi : Implementasi algoritma gradient based low light image enhancement untuk perbaikan citra gelap

Tanggal	Pembahasan Materi	Status	Keterangan
17 Agustus 2020	Acc bab 1 dan acc sempro	Disetujui	
05 Oktober 2020	Tambahkan penjelasan teori yg metode yg dipakai, gunakan mendeley utk pengutipan dan seerakan daftar pustaka.	Revisi	
20 Oktober 2020	Acc bab 2 lanjut bab 3	Disetujui	
20 Oktober 2020	Acc bab 2 lanjut bab 3	Disetujui	
11 November 2020	Keterangan tabel rata kiri. Perbaiki urutan penomoran gambar.	Disetujui	
25 November 2020	Judul tabel rata kiri, bukan diengah, silahkan diperbaiki dan lanjut bab 4	Revisi	
22 Desember 2020	Acc bab 4 lanjut bab 5	Disetujui	
10 Februari 2021	Acc samhas	Disetujui	
23 Februari 2021	Acc sidang	Disetujui	

Medan, 08 Maret 2021
Dosen Pembimbing,



SURAT KETERANGAN PLAGIAT CHECKER

Dengan ini saya Ka.LPMU UNPAB menerangkan bahwa surat ini adalah bukti pengesahan dari LPMU sebagai pengesah proses plagiat checker Tugas Akhir/ Skripsi/Tesis selama masa pandemi *Covid-19* sesuai dengan edaran rektor Nomor : 7594/13/R/2020 Tentang Pemberitahuan Perpanjangan PBM Online.

Demikian disampaikan.

NB: Segala penyalahgunaan/pelanggaran atas surat ini akan di proses sesuai ketentuan yang berlaku UNPAB.



Valsni Murni Ritunga, BA., MSc

No. Dokumen : PM-UJMA-06-02	Revisi : 00	Tgl Eff : 23 Jan 2019
-----------------------------	-------------	-----------------------

Plagiarism Detector v. 1857 - Originality Report 3/8/2021 2:03:57 PM

Original document: MUHAMMAD ARIQ RIFKI_1514370618_SISTEM KOMPUTER.docx licensed to Universitas Pembangunan Panca Budi_License

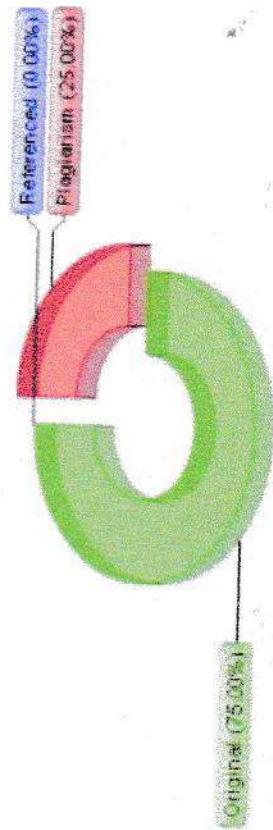
Comparison Preset Rewrite Detected language

Check type: Internet Check



Detailed document body analysis

Relation chart



Distribution graph



YAYASAN PROF. DR. H. KADIRUN YAHYA
PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI
Jl. Jend. Gatot Subroto KM. 4,5 Medan Sunggal, Kota Medan Kode Pos 20122

SURAT BEBAS PUSTAKA
NOMOR: 3822/PERP/BP/2021

Kepala Perpustakaan Universitas Pembangunan Panca Budi menerangkan bahwa berdasarkan data pengguna perpustakaan
saudarafi:

Nama : MUHAMMAD ARIQ RIFKI
N.P.M. : 1514370618
Tingkat/Semester : Akhir
Fakultas : SAINS & TEKNOLOGI
Jurusan/Prodi : Sistem Komputer

Sejak tanggal 06 Maret 2021, dinyatakan tidak memiliki tanggungan dan atau pinjaman buku sekaligus
tidak lagi terdaftar sebagai anggota Perpustakaan Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.

Medan, 06 Maret 2021
Diketahui oleh,
Kepala Perpustakaan,



Sugiarjo, S.Sos., S.Pd.I



KARTU BEBAS PRAKTIKUM
Nomor. 1195/BL/LAKO/2021

yang bertanda tangan dibawah ini Ka. Laboratorium Komputer dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : MUHAMMAD ARIQ RIFKI
N.P.M. : 1514370618
Tingkat/Semester : Akhir
Fakultas : SAINS & TEKNOLOGI
Jurusan/Prodi : Sistem Komputer

yang bersangkutan telah menyelesaikan urusan administrasi di Laboratorium Komputer Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.

Medan, 08 Maret 2021
Ka. Laboratorium

Melva Sari Panjaitan, S. Kom., M.Kom.



Medan, 18 Maret 2021
Kepada Yth : Bapak/Ibu Dekan
Fakultas SAINS & TEKNOLOGI
UNPAB Medan
Di -
Tempat

Dengan hormat, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : MUHAMMAD ARIQ RIFKI
Tempat/Tgl. Lahir : MEDAN / 17 Mei 1997
Nama Orang Tua : ARFIAN,SE.Ak.MM
I. P. M : 1514370618
Fakultas : SAINS & TEKNOLOGI
Program Studi : Sistem Komputer
No. HP : 082363511248
Alamat : Griya payaroba indah blok ee-10

Yang bermohon kepada Bapak/Ibu untuk dapat diterima mengikuti Ujian Meja Hijau dengan judul **Implementasi algoritma gradient based on light image enhancement untuk perbaikan citra gelap**, Selanjutnya saya menyatakan :

1. Melampirkan KKM yang telah disahkan oleh Ka. Prodi dan Dekan
2. Tidak akan menuntut ujian perbaikan nilai mata kuliah untuk perbaikan indeks prestasi (IP), dan mohon diterbitkan ijazahnya setelah lulus ujian meja hijau.
3. Telah tercap keterangan bebas pustaka
4. Tertampir surat keterangan bebas laboratorium
5. Tertampir pas photo untuk ijazah ukuran 4x6 = 5 lembar dan 3x4 = 5 lembar Hitam Putih
6. Tertampir foto copy STTB SLTA dilegalisir 1 (satu) lembar dan bagi mahasiswa yang lanjutan D3 ke S1 lampirkan ijazah dan transkripnya sebanyak 1 lembar.
7. Tertampir pelunasan kwintasi pembayaran uang kuliah berjalan dan wisuda sebanyak 1 lembar
8. Skripsi sudah dijilid lux 2 exemplar (1 untuk perpustakaan, 1 untuk mahasiswa) dan jilid kertas jeruk 5 exemplar untuk penguji (bentuk dan warna penjiilidan diserahkan berdasarkan ketentuan fakultas yang berlaku) dan lembar persetujuan sudah di tandatangani dosen pembimbing, prodi dan dekan
9. Soft Copy Skripsi disimpan di CD sebanyak 2 disc (Sesuai dengan Judul Skripsinya)
10. Tertampir surat keterangan BKKOL (pada saat pengambilan ijazah)
11. Setelah menyelesaikan persyaratan point-point diatas berkas di masukan kedalam MAP
12. Bersedia melunaskan biaya-biaya uang dibebankan untuk memproses pelaksanaan ujian dimaksud, dengan rincian sbb :

1. [102] Ujian Meja Hijau	: Rp.	0
2. [170] Administrasi Wisuda	: Rp.	1,500,000
3. [202] Bebas Pustaka	: Rp.	100,000
4. [221] Bebas LAB	: Rp.	5,000
Total Biaya	: Rp.	1,605,000

Ukuran Toga :

M

Diketahui/Disetujui oleh :

Hormat saya



Amrdani, ST., MT.
Dekan Fakultas SAINS & TEKNOLOGI



MUHAMMAD ARIQ RIFKI
1514370618

atan :

- 1. Surat permohonan ini sah dan berlaku bila ;
 - a. Telah dicap Bukti Pelunasan dari UPT Perpustakaan UNPAB Medan.

SURAT PERNYATAAN

Saya Yang Bertanda Tangan Dibawah Ini :

Nama : MUHAMMAD ARIQ RIFKI
N. P. M : 1514370618
Tempat/Tgl. Lahir : Medan / 17 Mei 1997
Alamat : Griya payaroba indah blok ee-10
No. HP : 082363511248
Nama Orang Tua : ARFIAN,SE.Ak.MM/ALMH.VIVI RAMADANI PURBA
Fakultas : SAINS & TEKNOLOGI
Program Studi : Sistem Komputer
Judul : Implementasi Algoritma Gradient Based Low Light Image Enhancement untuk Perbaikan Citra Gelap

Bersama dengan surat ini menyatakan dengan sebenar - benarnya bahwa data yang tertera diatas adalah sudah benar sesuai dengan ijazah pada pendidikan terakhir yang saya jalani. Maka dengan ini saya tidak akan melakukan penuntutan kepada UNPAB. Apabila ada kesalahan data pada ijazah saya.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar - benarnya, tanpa ada paksaan dari pihak manapun dan dibuat dalam keadaan sadar. Jika terjadi kesalahan, Maka saya bersedia bertanggung jawab atas kelalaian saya.



2 Juli 2021
buat Pernyataan

MUHAMMAD ARIQ RIFKI
1514370618

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam skripsi ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Medan, 15 Agustus 2021



Muhammad Ariq Rifki

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : MUHAMMAD ARIQ RIFKI

Npm : 1514370618

Fakultas/Program Studi : SOSIAL SAINS TEKNOLOGI /KOMPUTER

Judul Skripsi : IMPLEMENTASI ALGORITMA GRADIENT BASED LOW
LIGHT IMAGE ENHANCEMENT UNTUK PERBAIKAN
CITRA GELAP

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini merupakan hasil karya tulis saya sendiri dan bukan merupakan hasil karya orang lain.
2. Memberi izin hak bebas Royalti Non-Eksklusif kepada UNPAB untuk menyimpan, mengalih-media/formatkan mengelola, mendistribusikan, dan mempublikasikan karya skripsinya melalui internet atau media lain bagi kepentingan akademis.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan penuh tanggung jawab dan bersedia menerima konsekuensi apapun sesuai dengan aturan yang berlaku apabila dikemudian hari diketahui bahwa pernyataan ini tidak benar.

Medan, 15 agustus 2021



(Muhammad Ariq Rifki)

ABSTRAK

MUHAMAD ARIQ RIFKI
Implementasi Algoritma *Gradient Based Low Light Image Enhancement*
untuk Perbaikan Citra Gelap
2021

Citra yang berkontras rendah (gelap) serta citra yang memiliki objek tidak jelas merupakan permasalahan yang cukup krusial hingga saat ini. Hal tersebut dapat menyebabkan citra menjadi sulit diidentifikasi oleh pengamat. Salah satu solusi dalam mengatasi masalah tersebut yaitu dengan perbaikan kualitas citra (*image enhancement*).

Pada penelitian ini akan digunakan metode *Gradient Based Low-Light Image Enhancement* untuk memperbaiki kualitas citra gelap. Perbaikan kualitas citra berbasis *gradient* mempunyai hasil yang cukup baik karena unsur *gradient* dipercaya lebih sensitif terhadap sistem visual manusia (*HVS*).

Pengujian untuk metode *Gradient Based* menggunakan metode *SSIM* dalam membandingkan citra hasil dan citra *raw* yang menghasilkan rata-rata nilai *SSIM* cukup baik yaitu 7.0077.

Kata kunci: citra gelap, *gradient*, perbaikan kualitas citra, metode *Gradient Based Low-Light Image Enhancement*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah dengan mengucapkan puji dan syukur atas kehadiran Allah Subhanahu Waa Ta'ala yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi merupakan salah satu syarat kelulusan di Program Studi Sistem Komputer Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi. Adapun judul skripsi ini adalah **“Implementasi Algoritma Gradient Based Low Light Image Enhancement untuk Perbaikan Citra Gelap”**.

Selesainya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, untuk itu pada kesempatan ini penulis dengan tulus dan ikhlas menyampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Orang Tua dan keluarga tercinta yang telah memberikan Dukungan dan Doa sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan baik
2. Bapak Dr. H. Muhammad Isa Indrawan, SE. MM., selaku Rektor Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.
3. Bapak Hamdani S.T., MT selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.
4. Bapak Eko Hariyanto S.Kom., M.Kom. selaku Ketua Program Studi Sistem Komputer Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.
5. Bapak Hafni, S.Kom, M.Kom, selaku dosen pembimbing I dalam penyusunan skripsi ini. yang telah menyemangati, membantu dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini.
6. Ibu Ika Devi Perwitasari, S.kom, M.kom, selaku dosen pembimbing II. Yang membantu dan mengarahkan penulis dalam mengerjakan Skripsi ini.
7. Seluruh Dosen pengajar dan Staff Pegawai Fakultas Sains dan Teknologi yang telah banyak membantu dalam kelancaran seluruh aktivitas perkuliahan.
8. Seluruh teman dan sahabat yang telah bersedia berusaha bersama dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini belum sempurna baik dalam penulisan maupun isi disebabkan keterbatasan kemampuan penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun dari pembaca untuk penyempurnaan isi Tugas Akhir ini.

Medan, 31 Mei 2021

MUHAMMAD ARIQ RIFKI
1514370618

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat penelitian	4
BAB II LANDASAN TEORI.....	6
2.1 Citra.....	6
2.1.1 Jenis Citra.....	7
2.1.1.1 Jenis Citra Berdasarkan Pergerakannya	7
2.1.1.2 Jenis Citra Berdasarkan Sifatnya	8
2.1.1.3 Jenis Citra Berdasarkan Nilai Piksel nya	9
2.1.2 Digitalisasi Citra	13
2.1.3 Format File Citra.....	15
2.1.4 Elemen Elemen Digital Citra	20
2.2 Warna Citra	22
2.2.1 Konsep Warna.....	22
2.2.2 Warna Binary	24
2.2.3 Warna Gray Scale	24
2.2.4 Warna Rgb	24
2.2.5 Ruang Warna Ycbyr.....	26
2.2.6 IHS(Intensity, Hue, Saturation)	27
2.3 Pengolahan Citra	27
2.3.1 Dasar Pengolahan Citra.....	28
2.3.2 Jenis Pengolahan Citra	30
2.4 Perbaikan Citra (Image Enchanced)	33
2.4.1 Penyesuaian Kecerahan (Brightness Adjustment)	33
2.4.2 Peregangan Kontras (Contrast Stretching).....	34
2.4.3 Pengubahan Histogram Citra	37

2.4.4 Pelembutan Citra (Image Smoothing)	39
2.4.5 Penajaman Tepi (Edge Sharpening).....	40
2.4.6 Pewarnaan Semu (Pseudocouloring)	41
2.4.7 Gradient Based Low Light Image Enhancement	41
2.5 Metode Pengujian	42
2.7.1 Mean Square Error	43
2.7.2 Peak Signal to Noise Ratio (PSNR).....	44
2.7.3 Scan Square Errorr (SSE).....	44
2.7.4 Pengukuran Ssim (Structural Similarity index metrix).....	45
BAB III METODE PENELITIAN	21
3.1 Tahapan Penelitian.....	21
3.2 Metode Pengumpulan Data	22
3.3 Analisa Sistem yang Berjalan	22
3.3.1 Input Data RGB	23
3.3.2 Proses Perbaikan Citra Gelap Dengan metode gradient based low light image enhancement	24
3.3.3 Pemodelan Sistem	44
3.3.4 Analisis Persyaratan.....	50
3.3.4.1 Analisis Fungsional.....	50
3.3.4.2 Analisis Non Fungsional	51
3.4 Perancangan	52
3.4.1 Perancangan Menu	52
3.4.2 Perancangan Tampilan.....	53
3.4.2.1 Form Main	54
3.4.2.2 Form Proses Perbaikan citra	54
3.4.2.3 Form Pengujian	56
3.4.2.4 Form Tabel Pengujian.....	57
3.4.2.5 Form Tentang	58
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	56
4.1 Hasil	56
4.1.1 Tampilan Main.....	56
4.1.2 Tampilan Menu Perbaikan.....	57
4.1.3 Tampilan Menu Pengujian.....	60
4.2 Pengujian.....	63

BAB V PENUTUP	66
5.1 Kesimpulan	66
5.2 Saran	66

DAFTAR PUSTAKA
BIOGRAFI PENULIS
LAMPIRAN – LAMPIRAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Citra merupakan suatu representasi, kemiripan atau imitasi dari suatu obyek atau benda (Purba, 2017). Citra dapat diperoleh dari berbagai media seperti kamera, *scanner* ataupun dari perangkat *mobile phone*. Meskipun sebuah citra kaya informasi, namun seringkali citra yang dimiliki mengalami penurunan mutu (degradasi), misalnya mengandung cacat atau derau (*noise*), warnanya terlalu kontras, objek kurang tajam, kabur (*blurred*), dan sebagainya (Sugiarti, 2018). Salah satu masalah yang sering dijumpai adalah citra yang gelap ataupun citra yang memiliki objek tidak jelas karena pengambilan gambar yang terlalu jauh sehingga berdampak pada citra menjadi sulit untuk diidentifikasi. Citra gelap maksudnya citra yang memiliki kontras rendah yang dapat terjadi karena kurangnya pencahayaan, kurangnya bidang dinamika dari sensor citra atau kesalahan setting pembuka lensa pada saat pengambilan citra (Purba, 2017). Untuk memperbaiki citra tersebut, maka dapat diterapkan metode peningkatan kualitas citra, dimana salah satunya adalah pengolahan citra berbasis *gradient*. *Gradient* adalah perubahan arah dalam intensitas atau warna pada citra dan merupakan komponen penting dalam pemrosesan citra. Sementara untuk memperjelas objek tidak jelas dalam citra dapat dilakukan metode pembesaran citra. Proses perubahan ukuran suatu citra melalui pembesaran ukuran atau resolusi sering dibutuhkan untuk keperluan memperlihatkan detail citra, untuk

peragaan pada alat peraga, maupun untuk keperluan pembuatan dokumen (Daryanto, 2016). Pada penelitian ini, teknik yang diterapkan adalah metode *low-light image enhancement* karena kurang bagusnya gambar disebabkan oleh kurangnya pencahayaan dan metode interpolasi citra untuk pembesaran citra yang memiliki objek tidak jelas.

Penelitian mengenai citra gelap yang pernah dilakukan sebelumnya seperti *Image Enhancement* pada *Screen Capture* CCTV dengan menggunakan Metode *Histogram* Ekualisasi (Nugroho, 2017). Namun, metode *Histogram* Ekualisasi merupakan algoritma perbaikan citra berdasarkan intensitas dan tidak melakukan perbaikan terhadap *gradient* citra. Proses pengolahan citra berbasis *gradient* merupakan salah satu proses yang penting dalam pengolahan citra karena *gradient* lebih sensitif terhadap sistem visual manusia (*human visual system/HVS*) (Tanaka, et. al., 2018). Penelitian lainnya seperti peningkatan kualitas citra dengan Metode *Fuzzy Possibility Distribution*. Namun, metode *Fuzzy Possibility Distribution* hanya mampu melakukan peningkatan kualitas terhadap citra *grayscale* saja dan tujuan dari metode *fuzzy possibility* hanya untuk menurunkan tingkat keabuan *pixel* saja (Sugiarti, 2018). Untuk menyelesaikan permasalahan diatas, maka dapat diterapkan metode *gradient-based low-light image enhancement* (Tanaka, et. al., 2018). *Gradient* dari daerah gelap pada citra digital biasanya bernilai kecil sehingga menyebabkan sistem visual manusia sulit untuk mengenali objek di dalamnya. Ide dasar dari metode *gradient-based low-light image enhancement* ini adalah untuk meningkatkan *gradient* dari daerah gelap atau daerah dengan tingkat pencahayaan rendah. Salah satu kelebihan dari metode

gradient-based low-light image enhancement ini adalah proses *gradient-based filtering* dapat diterapkan secara sekaligus untuk menjadikan sisi objek lebih tajam dan halus (Tanaka, et. al., 2018).

Berdasarkan pertimbangan tersebut di atas, maka Tugas akhir ini akan fokus untuk penerapan metode *Gradient Based Low Light Image Enhancement* untuk proses peningkatan kualitas citra, sehingga tugas akhir ini diberi judul “**Implementasi Algoritma *Gradient Based Low Light Image Enhancement* untuk Perbaikan Citra Gelap**”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian tersebut, permasalahan yang ditemui pada Tugas Akhir ini adalah :

1. *Gradient* dari daerah gelap pada citra digital umumnya bernilai kecil, sehingga menyebabkan objek pada citra tidak terlihat jelas.
2. Beberapa objek penting dalam citra ini kurang kelihatan jelas, karena gambarnya terlalu gelap.

1.3 Batasan Masalah

Ruang lingkup pada Tugas Akhir ini dalam menunjang selesainya penelitian, mencakup :

1. *Dataset* menggunakan kumpulan citra dari *Exclusive Dark dataset*.
2. Menggunakan nilai konstanta $\beta = 15$ dan $\tau = 50$ pada rumus *gradient low-light image enhancement*, mengikuti referensi.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan pada Tugas Akhir ini adalah memperbaiki kualitas citra gelap dengan metode *Gradient Based Low Light Image Enhancement*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dihasilkan Tugas Akhir ini adalah :

1. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai bahan referensi untuk penelitian lebih lanjut terhadap pengolahan citra gelap dan pembesaran citra.
2. Aplikasi dapat digunakan sebagai *tools* untuk mengolah citra gelap.
3. Mempermudah proses pengamatan objek pada sebuah citra digital.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Citra

Citra adalah suatu representasi (gambaran), kemiripan atau imitasi dari suatu objek. Citra terbagi dua yaitu ada citra bersifat analog dan ada citra yang bersifat *digital*. Citra analog adalah citra yang bersifat kontinu seperti gambar pada monitor televisi, foto sinar-X, hasil dari *CT Scan* dan lain sebagainya. Sedangkan citra *digital* adalah citra yang dapat diolah oleh komputer (Sutoyo, et al., 2009).

Sebuah citra dapat mewakili oleh sebuah matriks yang terdiri dari M kolom dan N baris, dimana perpotongan antara kolom dan baris disebut *pixel*, yaitu elemen terkecil dari suatu citra. *Pixel* mempunyai dua parameter, yaitu koordinat dan intensitas atau warna. Nilai yang terdapat pada koordinat (x,y) adalah $f(x,y)$, yaitu besar intensitas atau warna dari *pixel* di titik itu. Oleh sebab itu, sebuah citra *digital* dapat ditulis dalam bentuk matriks berikut: (Sutoyo, et al., 2009)

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

Sumber : (Sutoyo, et al., 2009)

Berdasarkan gambaran tersebut, secara matematis citra *digital* dapat dituliskan sebagai fungsi intensitas $f(x,y)$, dimana nilai x (baris) dan y (kolom) merupakan koordinat posisi dan $f(x,y)$ adalah nilai fungsi pada setiap titik (x,y) yang menyatakan besar intensitas citra atau tingkat keabuan atau warna dari *pixel* di titik tersebut. Pada proses digitalisasi (*sampling* dan kuantisasi) diperoleh besar baris M dan kolom N hingga citra membentuk matriks $M \times N$ dan jumlah tingkat keabuan *pixel* (Sutoyo, et al., 2009).

2.1.1 Jenis Citra

2.1.1.1 Jenis Citra Berdasarkan Pergerakannya

Jenis citra berdasarkan pergerakannya terbagi menjadi dua (Munir, 2014) yaitu:

1. Citra diam adalah citra tunggal yang tidak bergerak. Gambar 2.1. adalah dua buah citra diam. Untuk selanjutnya, citra diam akan disebut sebagai citra saja.



(a)

(b)

Gambar 2.1. (a) Citra Lena, (b) Citra Paprika

Sumber: (Munir, 2014)

2. Citra bergerak (*moving images*) adalah rangkaian citra diam yang ditampilkan secara beruntun (sekuensial) sehingga memberi kesan pada mata manusia sebagai gambar yang bergerak. Setiap citra di dalam rangkaian itu disebut *frame*. Gambar-gambar yang tampak pada film layar lebar atau televisi pada hakikatnya terdiri atas ratusan sampai ribuan *frame*.

2.1.1.2 Jenis Citra berdasarkan Sifatnya

Jenis citra berdasarkan sifatnya terbagi menjadi dua (Sutoyo, et al., 2009) yaitu:

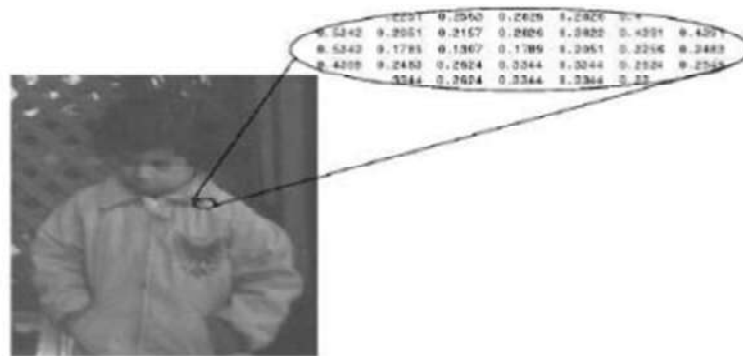
1. Citra Analog

Citra analog adalah citra yang bersifat kontinu, seperti gambar pada monitor televisi, foto sinar-X, foto yang tercetak di kertas foto, lukisan pemandangan alam, hasil *CT scan*, gambar-gambar yang terekam pada pita kaset, dan lain sebagainya. Citra analog tidak dapat direpresentasikan dalam komputer sehingga tidak bisa diproses di komputer secara langsung. Oleh sebab itu, agar citra ini dapat diproses di komputer, proses konversi analog ke *digital* harus dilakukan terlebih dahulu. Citra analog dihasilkan dari alat-alat analog, seperti video kamera analog, kamera foto analog, *webcam*, *CT scan*, sensor *rontgen* untuk foto *throrax*, sensor gelombang pendek pada sistem radar, sensor *ultrasound* pada sistem USG, dan lain-lain.

2. Citra Digital

Citra digital adalah citra yang dapat diolah oleh komputer. Perhatikan Gambar 2.2, sebuah citra *grayscale* ukuran 150 x 150 *pixel* diambil sebagian (kotak kecil)

berukuran 5×7 *pixel*. Maka, monitor akan menampilkan sebuah kotak kecil. Namun, yang disimpan dalam memori komputer hanyalah angka-angka yang menunjukkan besar intensitas pada masing-masing *pixel* tersebut.



Gambar 2.2. Citra *grayscale* ukuran 150×150 *pixel*

Sumber: (Sutoyo, et al., 2009)

2.1.1.3 Jenis citra berdasarkan Nilai *Pixel* nya

Jenis citra berdasarkan nilai *pixelnya* terbagi menjadi lima (Putra, 2010) yaitu:

1. Citra Biner

Citra Biner adalah citra *digital* yang hanya memiliki dua kemungkinan nilai *pixel* yaitu hitam dan putih. Citra biner juga disebut sebagai citra *B* dan *W* (*black* dan *white*) atau citra monokrom. Hanya dibutuhkan 1 *bit* untuk mewakili nilai *pixel* dari citra biner. Gambar 2.3 adalah contoh dari citra biner. Citra biner sering sekali muncul sebagai hasil dari proses pengolahan seperti segmentasi, pengembangan, morfologi, atau *dithering*.



Gambar 2.3. Citra Biner

Sumber: (Putra, 2010)

2. Citra *Grayscale*

Citra *Grayscale* merupakan citra *digital* yang hanya memiliki satu nilai kanal pada setiap *pixel* nya, dengan kata lain bagian *Red = Green = Blue*. Nilai tersebut digunakan untuk menunjukkan tingkat intensitas. Warna yang dimiliki adalah warna dari hitam, keabuan, dan putih. Tingkatkan keabuan disini merupakan warna abu dengan berbagai tingkatan dari hitam hingga mendekati putih. Citra *grayscale* berikut memiliki kedalaman warna 8 *bit* (256 kombinasi warna keabuan). Gambar 2.4 adalah contoh dari citra *grayscale*.



Gambar 2.4. Citra Grayscale

Sumber: (Putra, 2010)

3. Citra Warna (8 bit)

Setiap *pixel* dari citra warna (8 bit) hanya diwakili oleh 8 bit dengan jumlah warna maksimum yang dapat digunakan adalah 256 warna. Gambar 2.5 adalah contoh dari citra warna (8 bit). Ada dua jenis citra warna 8 bit. Pertama, citra warna 8 bit dengan menggunakan palet warna 256 dengan setiap paletnya memiliki pemetaan nilai (*color map*) *RGB* tertentu. Model ini lebih sering digunakan. Kedua, setiap *pixel* memiliki *format 8 bit*. Tabel 2.1 adalah susunan *RGB* pada citra warna (8 bit).

Tabel 2.1. Susunan *RGB* pada citra warna (8 bit)

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
R	R	R	G	G	G	B	B



Gambar 2.5. Citra warna 8 bit dengan palet

Sumber: (Putra, 2010)

4. Citra Warna (16 bit)

Citra warna 16 bit (biasanya disebut sebagai citra *highcolor*) dengan setiap *pixel* nya diwakili dengan 2 *byte memory* (16 bit). Gambar 2.6 adalah contoh dari

citra warna (16 bit). Warna 16 bit memiliki 65.536 warna. Dalam formasi bit nya, 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 sensitif terhadap warna hijau. Tabel 2.2 adalah susunan RGB pada citra warna (16 bit).

Tabel 2.2. Susunan RGB pada citra warna (16 bit)

Bit	Bit	Bit	Bit	Bit	Bit	Bit	Bi	Bi	Bi	Bi	Bi	Bi	Bi	Bi	Bi
15	14	13	12	11	10	9	t	t	t	t	t	t	t	t	t
							8	7	6	5	4	3	2	1	0
R	R	R	R	R	G	G	G	G	G	G	B	B	B	B	B



Gambar 2.6. Citra warna 16 bit

Sumber: (Putra, 2010)

5. Citra warna (24 bit)

Setiap *pixel* dari citra warna 24 bit hanya 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 manusia. Penglihatan manusia dipercaya hanya dapat membedakan hingga 10 juta warna saja. Setiap poin informasi *pixel* (*RGB*) disimpan kedalam 1 *byte* data. 8 *bit* pertama menyimpan nilai biru, kemudian diikuti dengan nilai hijau pada 8 *bit* kedua dan pada 8 *bit* terakhir merupakan warna merah.



Gambar 2.7. Citra warna 24-bit

Sumber: (Putra, 2010)

2.1.2 Digitalisasi Citra

Agar dapat diolah dengan komputer *digital*, maka suatu citra harus direpresentasikan secara numerik dengan nilai-nilai diskrit. Representasi citra dari fungsi malar (kontinu) menjadi nilai-nilai diskrit disebut digitalisasi. Citra yang dihasilkan inilah disebut citra *digital* (*digital image*). Pada umumnya citra *digital* berbentuk empat persegi panjang, dan dimensi ukurannya dinyatakan sebagai tinggi x lebar (atau lebar x panjang). (Munir, 2014)

Citra *digital* yang tingginya N , lebarnya M , dan memiliki L derajat keabuan dapat dianggap sebagai fungsi: (Munir, 2014)

$$f(x, y) \begin{cases} 0 \leq x \leq M \\ 0 \leq y \leq N \\ 0 \leq f \leq L \end{cases} \quad (2)$$

Citra *digital* yang berukuran $N \times M$ lazim dinyatakan dengan matriks yang berukuran N baris dan M kolom sebagai berikut: (Munir, 2014)

$$f(x, y) = \begin{pmatrix} f(0, 0) & f(1, 0) & \dots & f(0, M-1) \\ f(1, 0) & \dots & \dots & f(1, M-1) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ f(N-1, 0) & f(N-1, 0) & \dots & f(N-1, M-1) \end{pmatrix} \quad (3)$$

Indeks baris (i) dan indeks kolom (j) menandakan suatu koordinat titik pada citra, sedangkan $f(i, j)$ merupakan intensitas (derajat keabuan) pada titik (i, j).

Masing-masing elemen pada citra *digital* (berarti elemen matriks) disebut *image element*, *picture element* atau *pixel* atau pel. Jadi, citra yang berukuran $N \times M$ mempunyai NM buah *pixel*. Sebagai contoh, misalkan sebuah citra berukuran 256×256 *pixel* dan direpresentasikan secara numerik dengan matriks yang terdiri dari 256 buah baris (di-indeks dari 0-255) dan 256 buah kolom (di-indeks dari 0-255) seperti contoh berikut: (Munir, 2014)

$$\begin{pmatrix} 0 & 134 & 145 & \dots & \dots & 231 \\ 0 & 167 & 201 & \dots & \dots & 197 \\ 220 & 187 & 189 & \dots & \dots & 120 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 221 & 219 & 210 & \dots & \dots & 156 \end{pmatrix}$$

1. Proses digitalisasi spasial (x, y), sering disebut sebagai pengerokan (*sampling*).
2. Digitalisasi intensitas $f(x, y)$, sering disebut sebagai kuantisasi.

2.1.3 Format File Citra

Ada dua jenis format *file* citra yang sering digunakan dalam pengolahan citra, yaitu citra *bitmap* dan *vector*. Istilah ini biasanya digunakan saat kita melakukan desain grafis. Format *file* citra standar yang digunakan saat ini terdiri dari beberapa jenis. Format-format ini digunakan dalam menyimpan citra dalam sebuah *file*. Setiap format memiliki karakteristik masing-masing. Berikut adalah penjelasan beberapa format umum digunakan saat ini. (Munir, 2014)

a. JPEG (*.jpg)

Joint Photographic Expert Group (JPEG) adalah format gambar yang banyak digunakan untuk menyimpan gambar-gambar dengan ukuran lebih kecil.

Beberapa karakteristik gambar JPEG:

- i. Memiliki ekstensi .jpg atau .jpeg
- ii. Mampu menayangkan warna dengan kedalaman 24 *bit true color*.
- iii. Mengkompresi gambar dengan sifat *lossy*.
- iv. Umumnya digunakan untuk menyimpan gambar-gambar hasil foto.

b. BMP (*.bmp)

Bitmap adalah representasi dari citra grafis yang terdiri dari susunan titik yang tersimpan di memori komputer. Dikembangkan oleh *Microsoft* dan nilai setiap titik diawali oleh satu bit data untuk gambar hitam putih, atau lebih bagi gambar berwarna. Ukuran sebenarnya untuk n -bit (2^n warna) *bitmap* dalam *byte* dapat dihitung: ukuran *file* BMP $\approx 54 + 4 \cdot 2^n + \frac{\text{lebar} \cdot \text{tinggi} \cdot n}{8}$, dimana tinggi dan lebar dalam pixel. Kerapatan titik-titik tersebut dinamakan resolusi, yang menunjukkan seberapa tajam gambar

ini ditampilkan, ditunjukkan dengan jumlah baris dan kolom, contohnya 1024x768. Untuk menampilkan citra *bitmap* pada monitor atau mencetaknya pada printer, komputer menterjemahkan *bitmap* ini menjadi *pixel* (pada layar) atau titik tinta (pada printer). Beberapa format *file bitmap* yang populer adalah BMP, PCX dan TIFF.

c. *Graphics Interchange Format (*.gif)*

Merupakan salah satu format gambar yang banyak digunakan. Format GIF pertama kali diperkenalkan oleh Compu Serve pada tahun 1987. Beberapa karakteristik format gambar GIF:

- i. Mampu membayangkan maksimum sebanyak 256 warna, karena format GIF menggunakan 8 *bit* untuk setiap *pixel*-nya.
- ii. Mengkompresi gambar dengan sifat *lossless*.
- iii. Mendukung warna transparan dan animasi sederhana.

d. *Tagged Image Format (*.tif, *.tiff)*

Format untuk menyimpan gambar, termasuk foto dan gambar *vector*. Pada tahun 2009, format ini telah di bawah lisensi Adobe *system*. Awalnya format ini diciptakan untuk digunakan oleh perusahaan Aldus, format TIFF ini secara luas telah didukung oleh manipulasi gambar, *scanning*, dan *faxing*.

e. PCX (*Personal Computer eXchange*)

Format gambar yang dikembangkan oleh Zsoft Corporation yang berasal dari Marieta, Georgia, Amerika Serikat. PCX adalah format gambar yang aslinya diciptakan untuk *PC Paintbrush* (PCX = "*Personal Computer eXchange*") dan telah menjadi salah satu format gambar DOS yang paling diterima, meskipun

keberadaannya sejak DOS telah digantikan oleh format yang lebih canggih misalnya GIF, JPG dan PNG. Sebuah file PCX adalah format *file* berbentuk raster: kepala filenya menyimpan informasi tentang perangkat keras monitor (resolusi layar, kedalaman warna, informasi palet, jumlah *bit* dan seterusnya), secara terpisah dari gambarnya. Hal ini membuat sebuah *file* PCX dapat dipindahkan dan dibuka di perangkat komputer lain dengan perangkat keras yang berbeda. Sebuah file PCX biasanya dapat menyimpan gambar-gambar dengan indeks palet 2 hingga 4 *bit* dan 16 hingga 256 warna, namun sekarang telah ditambah untuk menyimpan gambar-gambar *true color* (24 *bit*).

f. *Portable Network Graphics* (*.png)

Salah satu format penyimpanan citra yang menggunakan metode pemadatan yang tidak menghilangkan bagian dari citra tersebut (*lossless compression*). PNG dibaca “ping”, namun biasanya dieja apa adanya untuk menghindari kerancuan dengan istilah “ping” pada jaringan komputer. Format PNG ini diperkenalkan untuk menggantikan format penyimpanan citra GIF. Secara umum PNG dipakai untuk Citra Web.

g. MPEG (Moving Picture Expert Group)

Format ini digunakan di dunia internet dan diperuntukkan sebagai format penyimpanan citra bergerak (video).

h. RAS (*.ras)

Format ras digunakan untuk menyimpan citra dengan format *RGB* tanpa kompresi.

i. *Postscript* (*.ps, *.eps, *.epfs)

Format ini diperkenalkan sebagai format untuk menyimpan citra buku elektronik. Dalam format ini, citra direpresentasikan kedalam deret nilai *decimal* atau *hexadecimal* yang dikodekan ke dalam ASCII.

j. *Portable Image Format*

Format ini memiliki bagian diantaranya adalah *portable bitmap*, *portable graymap*, *portable pixmap*, dan *portable network map* dengan format berturut-turut adalah .pbm, .pgm, .ppm, dan .pnm. format ini baik digunakan untuk menyimpan dan membaca kembali data citra.

k. PPM (*Portable Pixmap Format*)

PPM terdiri dari dua bagian umum yaitu bagian pendahuluan dan bagian data citra. Bagian pendahuluan memiliki tiga bagian kecil, yang pertama adalah pengenalan PPM berupa p3 (untuk citra ASCII) dan p6 (untuk citra *binary*) bagian pendahuluan yang kedua adalah ukuran panjang dan lebar citra. Bagian ketiga dari pendahuluan adalah nilai maksimum dari komponen warna. Keistimewaannya adalah dalam data citra dapat disimpan komentar dengan memberikan tanda '#' sebelum komentar.

l. PGM (*Portable Graymap Format*)

Format ini hampir sama dengan format PPM hanya saja format ini menyimpan informasi *grayscale* (1 nilai per *pixel*).

m. PBM (*Portable Bitmap Format*)

PBM digunakan untuk menyimpan citra biner yang hampir sama dengan PPM dan PGM, format PBM ini memiliki pendahuluan, hanya saja pendahuluan tidak memiliki bagian ketiga (penjelasan nilai maksimum *pixel*).

n. RAW

RAW ditunjukkan untuk format citra RAW yang tersedia secara opsional di beberapa kamera *digital*. Format ini biasanya kompresi *lossless* atau *nearly lossless*, dan menghasilkan *file* yang lebih kecil dari format TIFF dari proses penuh sebuah kamera *digital*. Format RAW tidak terstandarisasi atau didokumentasi, dan berbeda-beda diantara berbagai perusahaan pembuat kamera. Banyak program grafik dan editor citra mungkin tidak menerima sebagian dari format ini, dan format-format lama telah dihentikan penggunaannya. Spesifikasi *Adobe's Digital Negative* adalah percobaan untuk standarisasi format citra RAW yang digunakan kamera, atau untuk menyimpan data citra yang dikonversi dari format citra RAW *proprietary*.

o. CGM

CGM (*Computer Graphics Metafile*) adalah format *file* untuk grafik *vector* 2D, grafik *raster*, *text*, dan didefinisikan oleh ISO /IEC 8632. Semua elemen grafis bisa dispesifikasikan di *source file* tekstual yang bisa *dcompile* menjadi *file binary* atau diantara dua representasi. CGM menyediakan fungsi pertukaran data grafis untuk representasi komputer dari informasi grafis 2D yang tidak bergantung aplikasi apapun, sistem, *platform*, atau peralatan.

Standar ini telah diadopsi di area ilustrasi teknis dan desain profesional, tetapi telah diambil alih oleh format SVG dan DXF.

2.1.4 Elemen-elemen Citra Digital

Citra *digital* mengandung sejumlah elemen-elemen dasar. Elemen-elemen dasar tersebut dimanipulasi dalam pengolahan citra dan dieksploitasi lebih lanjut dalam *computer vision*. Elemen-elemen dasar yang penting diantaranya adalah: (Munir, 2014)

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 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 mata manusia mampu mendeteksi tepi-tepi (*edge*) obyek di dalam citra.

4. Warna (*Color*)

Warna adalah persepsi yang dirasakan oleh sistem visual manusia terhadap gelombang cahaya yang dipantulkan oleh obyek. Setiap warna mempunyai panjang gelombang (λ) yang berbeda. Warna merah mempunyai panjang gelombang paling tinggi, sedangkan warna ungu (*violet*) mempunyai panjang gelombang paling rendah. Warna-warna yang diterima oleh mata (sistem visual manusia) merupakan hasil kombinasi cahaya dengan panjang gelombang berbeda. Peneliti memperhatikan 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 relatif 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 properti intrinsik dari obyek tiga dimensi, dengan pengertian bahwa *shape* intrinsik utama untuk sistem visual manusia. Pada umumnya,

citra yang dibentuk oleh mata merupakan citra dwimatra (2 dimensi), sedangkan obyek yang dilihat umumnya berbentuk trimatra (3 dimensi). Informasi bentuk obyek dapat diekstraksi dari citra pada permulaan pra-pengolahan dan segmentasi citra. Salah satu tantangan utama pada *computer vision* adalah merepresentasikan bentuk, atau aspek-aspek penting dari bentuk.

6. Tekstur (*Texture*)

Tekstur dicirikan sebagai distribusi spasial dari derajat keabuan di dalam sekumpulan *pixel-pixel* yang bertetangga. Jadi, tekstur tidak dapat didefinisikan untuk sebuah *pixel*. 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 tekstur tersebut. Sebagai contoh, jika mengamati citra lantai berubin dari jarak jauh, maka akan diamati bahwa tekstur terbentuk oleh penempatan ubin-ubin secara keseluruhan, bukan dari persepsi pola di dalam ubin itu sendiri. Tetapi, jika mengamati citra yang sama dari jarak yang dekat, maka hanya beberapa ubin yang tampak bidang pengamatan, sehingga yang dipersepsi adalah tekstur yang terbentuk oleh penempatan pola-pola rinci yang menyusun tiap ubin.

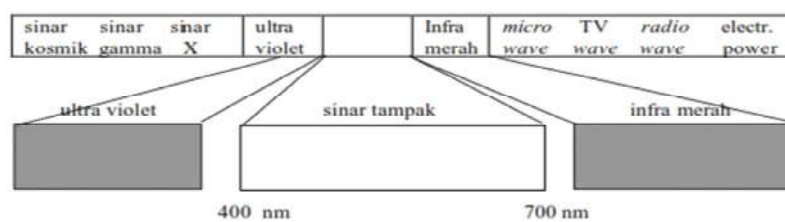
2.2 Warna Citra

2.2.1 Konsep Warna

Warna yang diterima mata dari sebuah obyek ditentukan oleh warna sinar yang dipantulkan oleh banyak obyek tersebut. Sebagai contoh, suatu obyek berwarna

hijau karena obyek tersebut memantulkan sinar biru dengan panjang gelombang 450 sampai 490 nanometer (nm). (Munir, 2014)

Warna sinar yang direspon oleh mata adalah sinar tampak (*visible spectrum*) dengan panjang gelombang berkisar dari 400 (biru) sampai 700 nm (merah). Lihat gambar



Gambar 2.8 Spectrum cahaya

Sumber : (Munir, 2014)

Warna-warna yang diterima oleh mata 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*). Ketiga warna tersebut dinamakan warna pokok (*primaries*), dan sering sering disingkat dengan warna dasar *RGB*. Warna-warna lain dapat diperoleh dengan mencampurkan ketiga warna pokok tersebut dengan perbandingan tertentu (meskipun tidak sepenuhnya benar, karena tidak semua kemungkinan warna dapat dihasilkan dengan kombinasi *RGB* saja). Sesuai dengan teori Young (1802) yang menyatakan bahwa sembarang warna dapat dihasilkan dari percampuran warna-warna pokok C_1, C_2 , dan C_3 , dengan persentase tertentu: (Munir, 2014)

$$C = aC_1 + bC_2 + cC_3 \quad (4)$$

Bila citra warna didigitasi, warna tiga buah *filter* digunakan untuk melaksanakan intensitas warna merah, hijau dan biru, dan bila ketiganya dikombinasikan kita memperoleh persepsi warna. (Munir, 2014)

2.2.2 Warna *Binary*

Dalam warna *binary* setiap piksel hanya terdiri dari warna hitam atau putih, karena hanya ada dua warna untuk setiap piksel, maka hanya perlu 1 bit per piksel (0 dan 1) atau apabila dalam 8 bit (0 dan 255), sehingga sangat efisien dalam hal penyimpanan. Gambar yang direpresentasikan dengan biner sangat cocok untuk teks (dicetak atau tulisan tangan), sidik jari (*finger print*), atau gambar arsitektur (Kusumanto, et al., 2011).

2.2.3 Warna *Grayscale*

Pada warna *grayscale* setiap pikselnya mempunyai warna gradasi mulai dari putih sampai hitam. Rentang tersebut berarti bahwa setiap piksel dapat diwakili oleh 8 *bit*, atau 1 *byte*. Rentang warna pada *black and white* sangat cocok digunakan untuk pengolahan file gambar. Salah satu bentuk fungsinya digunakan dalam kedokteran (*X-ray*). (Kusumanto, et al., 2011)

2.2.4 Warna *RGB*

Pengolahan warna menggunakan model *RGB* sangat mudah dan sederhana, karena informasi warna dalam komputer sudah dikemas dalam model yang sama. Hal yang perlu dilakukan adalah bagaimana melakukan pembacaan nilai-nilai *R*,

G , dan B pada suatu *pixel*, menampilkan dan menafsirkan warna hasil perhitungan, sehingga mempunyai arti sesuai dengan warna dan menafsirkan. (Munir, 2014)

Salah satu cara yang mudah untuk menghitung nilai warna dan menafsirkan hasilnya dalam model warna RGB adalah dengan melakukan normalisasi terhadap ketiga komponen warna tersebut. Normalisasi penting dilakukan terutama bila sejumlah citra ditangkap dengan penerangan yang berbeda-beda. Hasil perhitungan tiap komponen warna pokok yang telah dinormalisasi akan menghilangkan pengaruh peregangan, sehingga nilai untuk setiap komponen warna dapat dibandingkan satu sama lainnya walaupun berasal dari citra dengan kondisi penerangan yang tidak sama, asalkan tidak ekstrim perbedaannya. Cara melakukan normalisasi adalah sebagai berikut: (Munir, 2014)

$$\begin{aligned} r &= \frac{R}{R+G+B} \\ g &= \frac{G}{R+G+B} \\ b &= \frac{B}{R+G+B} \end{aligned} \quad (5)$$

Nilai warna hasil dari normalisasi ini kemudian ditafsirkan dengan melihat besarnya. Bila ketiga komponen warna yang telah dinormalkan ini, katakanlah masing-masing menjadi indeks warna merah (r), indeks warna hijau (g) dan indeks warna biru (b), mempunyai nilai yang sama ($1/3$), maka obyek tidak berwarna. Bila r lebih besar daripada g dan b , maka berarti berwarna merah dan seterusnya. Dengan kata lain dominasi warna dapat dilihat dari besarnya nilai tiap

indeks. Warna merah murni akan mempunyai nilai r sama dengan satu, sementara dua indeks lainnya bernilai nol dan seterusnya. (Munir, 2014)

2.2.5 Ruang Warna $YCbCr$

$YCbCr$ yaitu warna yang tersusun dari 3 buah matriks 2 dimensi, yakni matriks Y (*Grayscale / Intensity*), matriks Cb (*Chrome blue*), dan matriks Cr (*Chrome red*). Ruang warna $YCbCr$ disebut juga ruang warna *CCIR 601 (International Radio Consultive Committee)*. Model warna ini dikembangkan untuk mengantisipasi perkembangan informasi berbasis video, sehingga model ini banyak digunakan pada video digital. Secara umum dapat dikatakan bahwa model warna ini merupakan bagian dari ruang warna transmisi video dan televisi. Model warna lain yang mirip dengan $YCbCr$ adalah YUV dan YIQ , perbedaannya terletak pada bahwa $YCbCr$ adalah sistem warna digital sedangkan yang lainnya adalah sistem warna analog. Model warna $YCbCr$ memisahkan nilai RGB menjadi informasi *luminance* dan *chrominance*. (Indra & Murinto, 2015)

Transformasi RGB ke $YCbCr$ dilakukan dengan formulasi operasi matriks pada persamaan sebagai berikut: (Indra & Murinto, 2015)

$$\begin{aligned} Y &= 0.299900R + 0.58700G + 0.11400B \\ Cb &= -0.16874R - 0.33126G + 0.50000B \\ Cr &= 0.50000R - 0.41869G - 0.08131B \end{aligned} \quad (6)$$

2.2.6 IHS (*Intensity, Hue, Saturation*)

Intensity merupakan atribut yang menyatakan banyaknya cahaya yang diterima oleh mata tanpa memperdulikan warna. Kisaran nilainya adalah antara gelap (hitam) dan terang (putih). (Munir, 2014)

Hue menyatakan warna sebenarnya, seperti merah, violet, dan kuning. *Hue* digunakan untuk membedakan warna-warna dan menentukan kemerahan (*redness*), kehijauan (*greenness*), dan sebagainya dari cahaya. (Munir, 2014)

Saturation menyatakan tingkat kemurnian warna cahaya, yaitu mengidentifikasi seberapa banyak warna putih diberikan pada warna. Sebagai contoh, warna merah adalah 100% warna jenuh (*saturated color*), sedangkan warna *pink* adalah warna merah dengan tingkat kejenuhan sangat rendah (karena ada warna putih di dalamnya). *Saturation* menyatakan seberapa dalam warna tersebut. (Munir, 2014)

2.3 Pengolahan Citra

2.3.1 Dasar Pengolahan Citra

Pengolahan citra pada dasarnya adalah memproses suatu gambar sehingga menghasilkan gambar lain yang lebih sesuai dengan keinginan kita. Pengolahan citra dapat diterapkan diberbagai bidang antara lain adalah dalam fotografi dan perfilman, dalam kedokteran, dalam teknologi dan komunikasi, serta dalam dunia *game*.

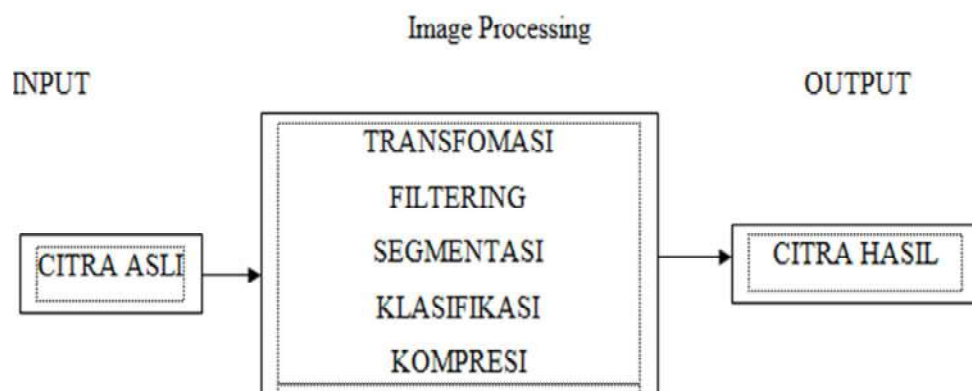
Adapun tujuan pengolahan citra adalah sebagai berikut: (Putra, 2010)

1. Untuk meningkatkan tampilan visual dari suatu citra.

2. Untuk mempersiapkan citra agar dapat digunakan dalam analisis citra. Beberapa aplikasi dari pengolahan citra yang digunakan antara lain:
 - a. Dalam ilmu kedokteran, pengolahan citra dapat memperjelas gambar hasil x-ray yang dihasilkan, sehingga memudahkan para dokter untuk menganalisis kelainan-kelainan yang terdapat pada organ tubuh tersebut.
 - b. Dalam ilmu geografi, ahli geografi menggunakan teknik ini untuk pemetaan atau penggunaan penutup lahan, pemetaan dan monitoring lahan pertanian, manajemen sumber daya pantai dan kelautan, mempelajari pola-pola polusi udara, perencanaan pemukiman dan perubahannya, perencanaan bidang telekomunikasi, oseanografi fisik, pemetaan geologi dan topografi, pemetaan dan deteksi laut-laut es.
 - c. Dalam ilmu komunikasi, data gambar yang biasanya didapat dari satelit seperti satelit cuaca yang memfoto planet-planet pada umumnya hampir tidak dapat dilihat. Hal ini disebabkan pada saat foto tersebut dikirim ke stasiun bumi melalui gelombang, terjadi gangguan di dalam perjalanan. Gangguan ini disebabkan oleh gelombang-gelombang lain seperti gelombang radio, televisi dan lain-lain yang bercampur dengan gelombang data tersebut. Pemrosesan dilakukan dengan foto yang diterima distasiun bumi untuk menghilangkan gangguan atau *noise* tersebut, sehingga gambar tersebut dapat dilihat dengan jelas.
 - d. Dalam ilmu fisika, dan bidang yang berkaitan dengannya, teknik komputer secara rutin meningkatkan citra dari eksperimen pada bidang seperti plasma berenergi tinggi dan mikroskop elektron.

- e. Dalam penelitian biologi dan laboratorium, digunakan teknik digital untuk menganalisa komponen dari contoh biologi secara visual. Dalam beberapa kasus, teknik pengolahan citra menyediakan sistem otomatis dari contoh analisa secara keseluruhan.
- f. Dalam bidang fotografi, teknik pengolahan citra paling banyak digunakan dan dalam beberapa kasus teknik pengolahan citra ini menggantikan metoda-metoda yang biasa digunakan oleh fotografer untuk komposisi citra dan pemrosesan dalam ruangan gelap.
- g. Dalam dunia game, pemrosesan citra digunakan untuk menciptakan efek-efek khusus seperti bayangan diatas permukaan air, tampilan yang kabur karena terkena angin, transparansi, pencahayaan dan lain-lain.

Pengolahan citra juga merupakan proses pengolahan dan analisis citra yang banyak melibatkan persepsi visual. Proses ini mempunyai ciri data masukan, informasi masukan dan informasi keluaran yang berbentuk citra. Berikut merupakan diagram proses pengolahan citra:



Gambar 2.8. Proses Pengolahan Citra

Sumber: (Munir, 2014)

2.3.2 Jenis Pengolahan Citra

Jenis-jenis proses pengolahan citra, yaitu: (Munir, 2014)

1. Transformasi citra (*image transformation*)

Transformasi dapat diartikan merubah bentuk atau penampilan luar. Dengan demikian kata transformasi dapat diartikan sebagai suatu proses perubahan atau perpindahan bentuk dan susunan suatu benda. Pada matematika transformasi sering digunakan dalam operasi manipulasi matriks. Metode transformasi tersebut dapat juga diterapkan dalam aplikasi pengolahan citra. Dimana citra yang akan diolah terlebih dahulu direpresentasikan ke bentuk matriks dan kemudian dapat diproses dalam transformasi. Citra secara harfiah berarti gambar. Elemen terpenting dari suatu citra adalah *pixel*. *Pixel* merupakan sel-sel kecil dan diskrit dengan kandungan nilai tertentu yang membentuk citra. Jadi dapat disimpulkan bahwa transformasi citra merupakan perubahan penampakan suatu citra dengan melakukan pemetaan satu-satu pada himpunan *pixel*nya. Dalam transformasi citra dibagi menjadi dua bagian yaitu transformasi dasar terdiri dari pencerminan (*reflection*), penskalaan (*scalling*), rotasi (*rotation*), gusuran (*shearing*), dan transformasi lanjut terdiri dari transformasi *fourier* dan transformasi *wavelet*.

2. Restorasi Citra (*Image Restoration*)

Merupakan suatu operasi untuk merestorasi citra yang sudah rusak ataupun terkontaminasi oleh *noise*, sehingga citra tersebut menjadi hampir mirip dengan citra aslinya (citra sebelum mengalami kerusakan).

3. Peningkatan Mutu Citra (*Image enhancement*)

Merupakan pengolahan citra dengan menggunakan proses filtering dengan efek *sharpen*, *invert*, *strange* dan sebagainya. Proses pengolahan citra yang lain menggunakan proses *filtering* adalah perbaikan citra (*image restoration*), merupakan suatu proses dimana citra yang telah mengalami penurunan atau degradasi dikembalikan ke bentuk semula atau aslinya (*original image*). Penurunan tingkat atau mutu citra yang disebabkan oleh beberapa hal seperti penurunan tingkat kontras suatu citra yang menyebabkan citra tersebut sulit untuk dibedakan, citra yang mengalami tingkat ketajaman sehingga menjadi lebih kabur dari citra aslinya, maupun citra yang mengalami kerusakan seperti rusak karena robekan, lipatan, timbulnya bintik-bintik (*noise*) dan lain sebagainya. Secara garis besar, terdapat beberapa pendekatan yang digunakan pada teknik perbaikan kualitas citra (*enhancement*), yaitu:

a. *Spatial domain method*

Merupakan suatu metode pengolahan citra yang pendekatannya didasarkan pada latar (bidang) citra yang berbasis pada manipulasi langsung terhadap *pixel* suatu citra.

b. *Frequency domain method*

Merupakan suatu metode pengolahan citra yang berbasis pada modifikasi transformasi *fourier* suatu citra.

c. *Interpolation method*

Suatu proses untuk menentukan harga suatu fungsi pada titik-titik posisi antara suatu sampel dengan sampel tetangganya.

d. Segmentasi Citra (*Image Segmentation*)

Suatu cara untuk menganalisa citra, dimana masing-masing *pixel* dalam citra tersebut diidentifikasi dan dikelompokkan ke dalam kelas-kelas tertentu sesuai dengan intensitas warna *pixel*.

e. Klasifikasi Citra (*Image Classification*)

Teknik ekstraksi dari kelas-kelas yang berbeda seperti pengelompokan daratan, atau perairan yang diperoleh dari satelit dan satu unit klasifikasi dapat berupa satu *pixel*, kumpulan *pixel* atau satu citra secara keseluruhan. Tujuan dari proses klasifikasi citra adalah untuk mendapatkan gambar atau peta tematik. Gambar tematik adalah suatu gambar yang terdiri dari bagian-bagian yang menyatakan suatu objek atau tema yang mempunyai simbol yang unik dengan warna atau pola tertentu, contohnya seperti peta tata guna tanah dan foto instrumen biomedis.

f. Kompresi Citra (*image compression*)

Kompresi citra bertujuan untuk meminimalkan jumlah *bit* yang diperlukan untuk merepresentasikan citra. Apabila sebuah foto berwarna berukuran 3 x 4 inci diubah ke bentuk *digital* dengan tingkat resolusi sebesar 500 *dot per inch* (*dpi*), maka diperlukan $3 \times 4 \times 500 \times 500 = 3.000.000$ dot (*pixel*). Setiap *pixel* terdiri dari 3 *byte* dimana masing-masing *byte* merepresentasikan warna merah, hijau, dan biru. Sehingga citra *digital* tersebut memerlukan *volume* penyimpanan sebesar $3.000.000 \times 3 \text{ byte} + 1080 = 9.001.080 \text{ byte}$ setelah ditambahkan jumlah *byte* yang diperlukan untuk menyimpan *format* (*header*) citra. Citra tersebut tidak bisa disimpan ke dalam disket yang berukuran 1.4

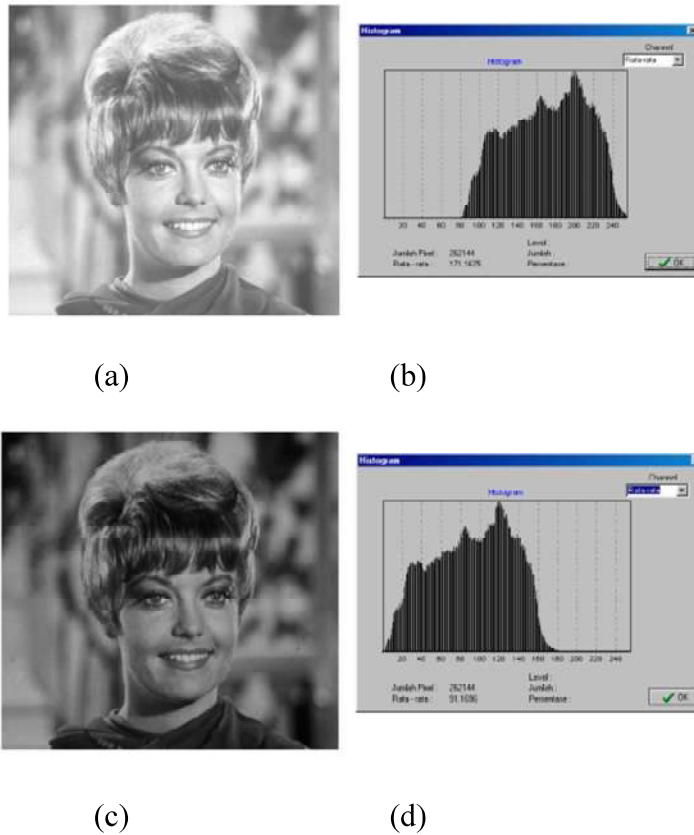
MB. Selain itu, pengiriman citra berukuran 9 *MB* memerlukan waktu lebih lama. Untuk koneksi internet *dial-up* (56 *kbbps*) , pengiriman citra berukuran 9 *MB* memerlukan waktu 21 menit dimana $9 \times 1024 \times 8 = 73728 / 60 = 1228.8 / 56 = 21.94$ menit. Untuk itulah diperlukan kompresi citra sehingga ukuran citra tersebut menjadi lebih kecil dan waktu pengiriman semakin cepat. Citra yang belum dikompres disebut citra mentah (*raw image*). Sementara citra hasil kompresi disebut cira terkompresi (*compressed image*).

2.4 Perbaikan Citra (*Image Enhancement*)

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 oleh komputer. (Putra, 2010)

2.4.1 Penyesuaian Kecerahan (*brightness adjustment*)

Penyesuaian kecerahan (*brightness*) intensitas *pixel* merupakan operasi *pixel* yang paling sederhana. Tingkat kecerahan suatu citra dapat dilihat dari histogramnya. Semua *pixel* biasanya terkonsentrasi pada salah satu sisi histogramnya dengan rentangan *gray level* tertentu. Semakin dinaikkan tingkat *brighness* suatu citra maka konsentrasi nilai *pixel* pada histogram akan bergeser ke sisi kanan, demikian juga sebaliknya, semakin diturunkan maka konsentrasi nilai *pixel* pada histogram akan bergeser ke sisi kiri (Gambar 2.9.). (Putra, 2010)



Gambar 2.9. dua buah citra Ziella sebelum dan sesudah dicerahkan

Sumber : (Munir, 2014)

Keterangan :

- (a) Citra Ziella sebelum dicerahkan
- (b) Histogram Ziella sebelum dicerahkan
- (c) Citra Ziella sesudah dicerahkan
- (d) Histogram Ziella sesudah dicerahkan

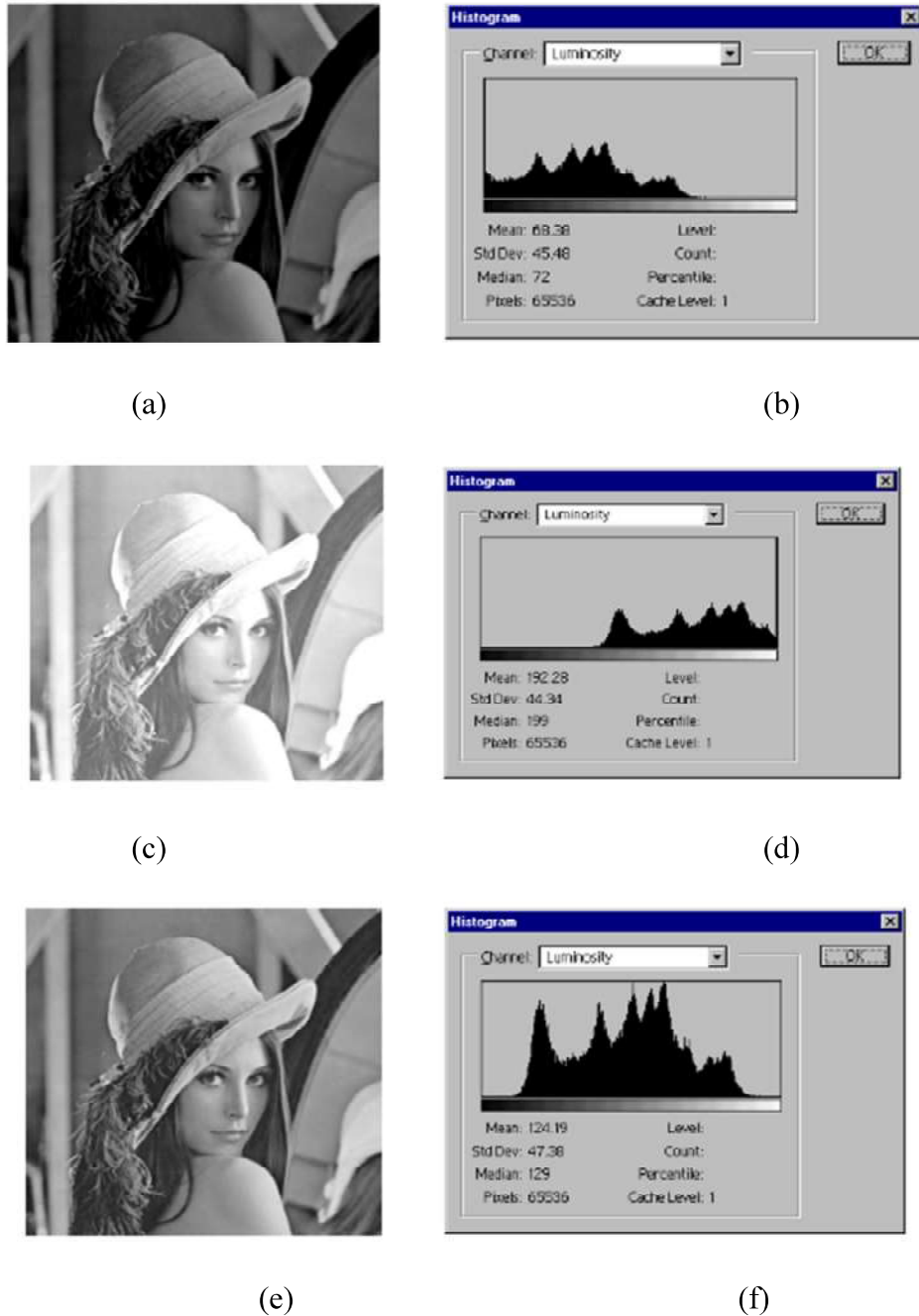
2.4.2 Peregangan Kontras (Contrast Stertching)

Kontras menyatakan sebaran terang (*lightness*) dan gelap (*darkness*) di dalam sebuah gambar. citra dapat dikelompokkan ke dalam tiga kategori, 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, 2014)

Citra kontras rendah dicirikan dengan sebagian besar komposisi citranya adalah terang atau sebagian besar gelap. Dari histogramnya terlihat sebagian besar derajat keabuannya terkelompok (*clustered*) bersama atau hanya menempati sebagian kecil dari rentang nilai-nilai keabuan yang mungkin. Jika pengelompokkan nilai-nilai *pixel* berada di bagian kiri (yang berisi nilai keabuan yang rendah), citranya cenderung gelap. Jika pengelompokkan nilai-nilai *pixel* berada di bagian kanan (yang berisi nilai keabuan yang tinggi), citranya cenderung terang. Tetapi, mungkin saja suatu citra tergolong kontras rendah meskipun tidak terlalu terang atau tidak terlalu gelap bila semua pengelompokkan nilai keabuan berada di tengah histogram. Citra kontras bagus memperlihatkan jangkauan nilai keabuan yang lebar tanpa ada suatu nilai keabuan yang mendominasi. Histogram citranya hanya memperlihatkan sebaran nilai keabuan yang relatif seragam. Citra kontras tinggi, seperti halnya citra yang kontras bagus, memiliki jangkauan nilai keabuan lebar, tetapi terdapat area yang lebar yang didominasi oleh warna gelap dan area yang lebar yang didominasi oleh warna terang. Gambar dengan langit terang dengan latar depan yang gelap adalah contoh citra kontras tinggi. Pada histogramnya terlihat dua puncak, satu pada area nilai keabuan yang rendah dan satu lagi pada area keabuan yang tinggi. Citra dengan kualitas yang rendah dapat diperbaiki kualitasnya dengan operasi peregangan kontras. Melalui operasi ini, nilai-nilai keabuan *pixel* akan merentang dari 0-255

(pada citra 8 bit), dengan kata lain seluruh nilai keabuan *pixel* terpakai secara merata. Gambar 2.2 memperlihatkan tiga buah citra lena yang masing-masing memiliki kontras rendah, kontras tinggi dan kontras bagus. (Munir, 2014)



Gambar 2.10. Tiga buah citra lena dengan tiga macam kontras

Sumber : (Munir, 2014)

Keterangan :

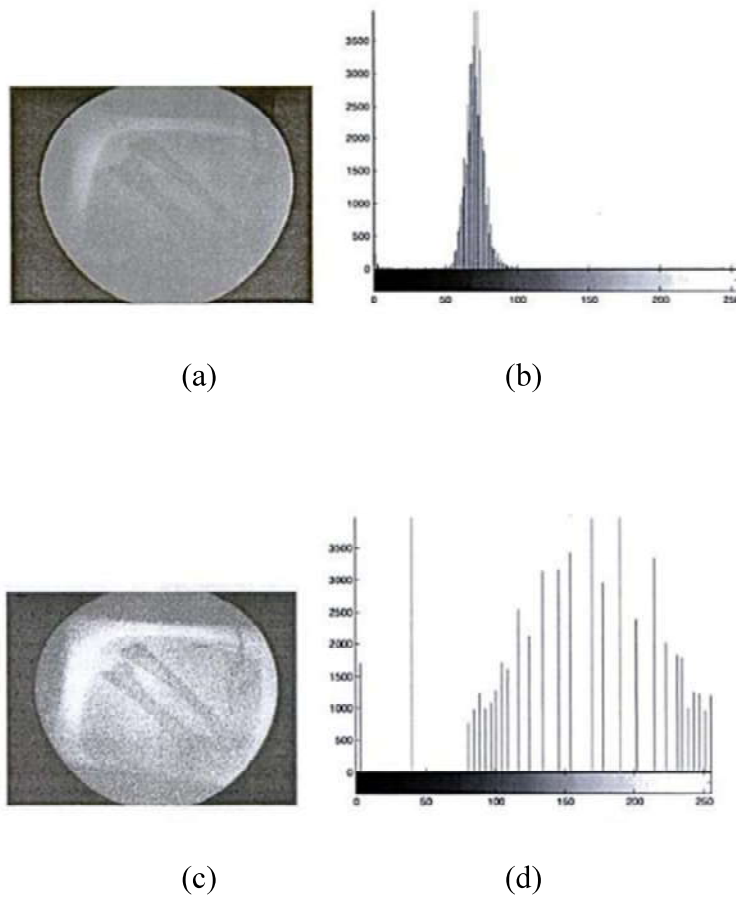
- (a) Citra Lena kontras rendah
- (b) Histogram citra Lena kontras rendah
- (c) Citra Lena kontras tinggi
- (d) Histogram Lena kontras tinggi
- (e) Citra Lena kontras bagus
- (f) Histogram Lena kontras bagus

2.4.3 Pengubahan Histogram Citra

Untuk memperoleh histogram citra sesuai dengan keinginan kita, maka penyebaran nilai-nilai intensitas pada citra harus diubah. Terdapat dua cara pengubahan citra berdasarkan histogram: (Putra, 2010)

1. Perataan histogram (*histogram equalization*)

Perataan histogram merupakan salah satu bagian penting dari beberapa aplikasi pengolahan citra. Tujuan dari teknik ini adalah untuk menghasilkan histogram citra yang seragam. Teknik ini dapat dilakukan pada keseluruhan citra atau pada beberapa bagian citra saja. Histogram hasil proses perataan tidak akan seragam sama untuk semua intensitas. Teknik ini hanya melakukan distribusi ulang terhadap distribusi intensitas dari histogram awal. Jika histogram awal memiliki beberapa puncak dan lembah maka histogram hasil perataan akan tetap mengalami puncak dan lembah tersebut akan digeser. Histogram hasil perataan akan lebih disebar (gambar 2.11).



Gambar 2.11 (b) histogram awal (d) histogram hasil perataan dari (b)

Sumber: (Putra, 2010)

Keterangan :

- (a) Citra asli
 - (b) histogram citra asli
 - (c) citra telah mengalami perataan histogram
 - (d) histogram hasil perataan
2. Pembentukan histogram (*histogram specification*)

Nilai-nilai intensitas di dalam citra diubah agar diperoleh histogram dengan bentuk yang dispesifikasikan oleh pengguna.

2.4.4 Pelembutan citra (*image smoothing*)

Pelembutan citra (*image smoothing*) bertujuan untuk menekan gangguan (*noise*) pada citra. Gangguan tersebut biasanya muncul sebagai akibat dari hasil penerokan yang tidak bagus (*sensor noise, photographic grain noise*) atau akibat saluran transmisi (pada pengiriman data). Gangguan pada citra umumnya berupa variasi intensitas suatu *pixel* yang tidak berkorelasi dengan *pixel-pixel* tetangganya. Secara visual, gangguan mudah dilihat oleh mata karena tampak berbeda dengan *pixel* tetangganya. Gambar 2.12 adalah citra Lena yang mengalami gangguan berupa *spike* atau *speckle* yang tampil pada gambar dalam bentuk bercak putih atau hitam seperti beras. *Pixel* yang mengalami gangguan umumnya memiliki frekuensi tinggi (berdasarkan analisis frekuensi dengan transformasi Fourier). Komponen citra yang berfrekuensi rendah umumnya mempunyai nilai *pixel* konstan atau berubah sangat lambat. Operasi pelembutan citra dilakukan untuk menekan komponen yang berfrekuensi tinggi dan meloloskan komponen yang berfrekuensi rendah. (Munir, 2014)



(a)

(b)

Gambar 2.12 (a) Citra Lena yang mengalami gangguan berupa *spike*,
(b) Citra Lena yang sudah dilembutkan dengan penapis median

Sumber : (Munir, 2014)

2.4.5 Penajaman tepi (*edge sharpening*)

Operasi penajaman citra bertujuan memperjelas tepi pada objek di dalam citra. Penajaman citra merupakan kebalikan dari operasi pelembutan citra karena operasi ini menghilangkan bagian citra yang lembut. Operasi penajaman dilakukan dengan melewati citra pada penapis lolos-tinggi (*high-pass filter*). Penapis lolos-tinggi akan meloloskan (atau memperkuat) komponen yang berfrekuensi tinggi (misalnya tepi atau pinggiran objek) dan akan menurunkan komponen berfrekuensi rendah. Akibatnya, pinggiran objek terlihat lebih tajam dibandingkan sekitarnya. Karena penajaman citra lebih berpengaruh pada tepi (*edge*) objek, maka penajaman citra sering disebut juga penajaman tepi (*edge sharpening*) atau peningkatan kualitas tepi (*edge enhancement*). Gambar 2.13 adalah citra Lena setelah ditajamkan gambarnya. (Munir, 2014)



Gambar 2.13 (a) Citra Lena semula, (b) Citra Lena setelah penajaman

Sumber : (Munir, 2014)

Selain untuk mempertajam gambar, penapis lolos-tinggi juga digunakan untuk mendeteksi keberadaan tepi (*edge detection*). Dalam hal ini, *pixel-pixel* tepi ditampilkan lebih terang (*highlight*) sedangkan *pixel-pixel* bukan tepi dibuat gelap

(hitam). Masalah pendeteksian tepi akan dibahas dalam pokok bahasan tersendiri. (Munir, 2014)

2.4.6 Pewarnaan Semu (*pseudocolouring*)

Pewarnaan semu adalah proses memberi warna tertentu pada nilai-nilai pixel suatu citra skala abu pada suatu citra berdasarkan kriteria tertentu, misalnya suatu warna tertentu untuk suatu interval derajat keabuan tertentu. Hal ini dilakukan karena mata manusia mudah membedakan banyak jenis warna. (Munir, 2014)

2.4.7 *Gradient Based Low Light Image Enhancement*

Proses kerja dari algoritma *Gradient Based Low Light Image Enhancement* dapat dirincikan sebagai berikut, untuk gambar warna RGB, gambar warna pertamanya diubah menjadi ruang warna luminance-chrominance. Lalu, setelah *luminance* komponen diproses, komponen *chrominance* ditambahkan untuk menghasilkan gambar RGB yang diproses. (Tanaka, et al., 2018)

Keseluruhan pipeline pemrosesan gambar peningkatan gambar cahaya rendah berbasis gradien yang diusulkan. Pertama, perbedaan intensitas piksel horizontal dan piksel berdekatan vertikal dari gambar input dihitung sebagai perkiraan gradien. Gradien yang dihitung dari wilayah gelap ditingkatkan sebagai berikut : (Tanaka, et al., 2018)

$$\begin{aligned} q_h(x) &= f_h(x).L(f(x); \beta, \tau) \\ q_v(x) &= f_v(x).L(f(x); \beta, \tau) \end{aligned} \tag{7}$$

di mana:

x adalah posisi piksel,

$f(x)$ adalah nilai intensitas dari citra input,

$f_h(x)$ dan $f_v(x)$ adalah nilai gradien horizontal dan vertikal dari citra input,

$q_h(x)$ dan $q_v(x)$ adalah nilai gradien horizontal dan vertikal yang akan ditingkatkan,

$L(f(x); \beta; \tau)$ adalah fungsi peningkatan.

Dalam penelitian ini, fungsi peningkatan dirancang dengan menggunakan dua buah parameter β dan τ seperti terlihat pada rumusan berikut : (Tanaka, et al., 2018)

$$L(\xi; \beta, \tau) = \begin{cases} \frac{\beta-1}{2\tau^2}\xi^2 - \frac{\beta-1}{\tau}\xi + \beta & (\xi \leq \tau) \\ 1 & (\xi > \tau) \end{cases}$$

(8)

di mana ξ adalah intensitas piksel.

Fungsi peningkatan ini memperkuat gradien sebanyak β kali jika intensitas piksel terkait adalah nol. Rasio amplifikasi apabila nilai intensitas lebih besar dari nilai τ adalah satu. Fungsi perangkat tambahan ini dirancang, sehingga rasio amplifikasi menurun dengan halus dari nilai intensitas nol hingga τ . Dalam penelitian ini, parameter β dan τ akan diatur secara manual. (Tanaka, et al., 2018)

2.5 Metode Pengujian

Secara tradisional, kualitas citra telah dievaluasi oleh manusia dengan metode subyektif. Sejumlah pengamat dipilih dengan menguji kemampuan visual mereka, kemudian ditunjukkan serangkaian tes citra pada layar dan diminta menilai

kualitas citra tersebut. Evaluasi subyektif ini dapat diandalkan namun biasanya sangat merepotkan, membutuhkan waktu yang lama dan mahal, sehingga terdapat model komputasi yang secara otomatis dapat memprediksi kualitas citra (Youssif, et al., 2010).

Yang paling sederhana dan banyak digunakan dalam mengukur kualitas citra adalah metric mean squared error (MSE), dihitung dengan rata-rata perbedaan intensitas kuadrat piksel gambar terdistorsi dan referensi, dengan kuantitas terkait peak signal to noise ratio (PSNR). Metrik tersebut menarik karena sederhana untuk menghitung, memiliki arti fisik yang jelas dan matematis dalam konteks optimasi. Tapi kedua metric tersebut sangat tidak cocok untuk dirasakan kualitas secara visual.

2.7.1 Mean Square Error

Pengukuran yang paling sederhana dalam pengukuran kualitas gambar adalah Mean Square Error (MSE). Nilai besar MSE berarti bahwa gambar berkualitas buruk. MSE didefinisikan sebagai berikut (Youssif, et al., 2010):

$$\text{MSE} = \frac{1}{MN} \sum_{m=1}^M \sum_{n=2}^N (x(m, n) - \hat{x}(m, n))^2 \quad \dots\dots\dots (13)$$

Keterangan :

MSE : nilai *Mean Square Error*

$f(x,y)$: intensitas citra asli

$\hat{f}(x,y)$: intensitas citra hasil filter

2.7.2 Peak Signal to Noise Ratio (PSNR)

Sebuah gambar berkualitas tinggi memiliki nilai kecil Peak Signal Noise Ratio (PSNR). PSNR didefinisikan sebagai berikut (Youssif, et al., 2010) :

$$PSNR = \left[10 \log \frac{255^2}{MSE} \right]. \quad \dots\dots\dots (14)$$

Keterangan :

PSNR: nilai *Peak Signal to Noise Ratio*

MSE : nilai *Mean Squared Error*

255 nilai skala keabuan citra

2.7.3 Sum Square Error (SSE)

SSE (Sum Square Error) adalah salah satu metode statistik yang dipergunakan untuk mengukur selisih total dari nilai sebenarnya terhadap nilai yang tercapai. Istilah SSE disebut juga sebagai Summed Square of Residuals. Di aplikasi ini kami menggunakan metode SSE sebagai pengujian antara citra asli dan citra hasil metode yang digunakan. Berikut definisinya (Youssif, et al., 2010):

$$SSE = \sum_{i=1}^n \sqrt{(X_i - Y_i)^2} \quad \dots\dots\dots (15)$$

dengan X = nilai pixel pada citra asli yang akan di bandingkan

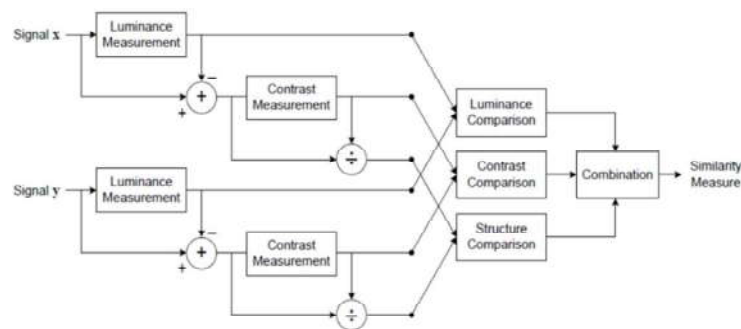
Y = nilai pixel pada citra hasil yang akan di bandingkan

Nilai X dalam penelitian ini adalah komponen data latih sedangkan nilai Y adalah komponen data uji. Nilai SSE yang mendekati 0 menandakan bahwa model

tersebut mempunyai komponen kesalahan acak terkecil dan nilai tersebut akan lebih berguna untuk peramalan terhadap suatu model yang diamati. Sebagai catatan bahwa sebelumnya SSE didefinisikan dalam metode kelayakan kuadrat minimum.

2.7.4 Pengukuran SSIM (*Structural Similarity Index Metrics*)

SSIM dikenal sebagai kualitas *metric* yang digunakan untuk mengukur kemiripan diantara 2 buah citra dan dipercaya berkorelasi dengan kualitas persepsi *Human Visual System* (HVS). Model SSIM dibuat dengan memperhatikan 3 buah faktor yaitu *loss of correlation*, *luminance distortion* dan *contrast distortion*.



Gambar 2.15. Diagram Sistem Pengukuran SSIM

Sumber : (Wulandari, 2017)

Persamaan SSIM dapat dilihat pada

$$SSIM(f, g) = l(f, g)c(f, g)s(f, g) \quad (16)$$

Dengan

$$\begin{cases} l(f, g) = \frac{2\mu_f\mu_g + C_1}{\mu_f^2 + \mu_g^2 + C_1} \\ c(f, g) = \frac{2\sigma_f\sigma_g + C_2}{\sigma_f^2 + \sigma_g^2 + C_2} \\ s(f, g) = \frac{2\sigma_{fg} + C_3}{\sigma_f^2 + \sigma_g^2 + C_3} \end{cases} \quad (17)$$

$l(f, g)$ adalah perbandingan luminansi yang mengukur kemiripan nilai luminansi rerata 2 citra (μ_f dan μ_g). Nilai maksimal dari nilai $l(f, g)$ sama dengan 1. Nilai maksimal akan tercapai bila $\mu_f = \mu_g$.

$c(f, g)$ adalah perbandingan nilai kontras yang mengukur kemiripan nilai standar *deviation* 2 citra yaitu σ_f dan σ_g . Nilai maksimal dari nilai $c(f, g)$ sama dengan 1. Nilai maksimal akan tercapai bila $\sigma_f = \sigma_g$.

$s(f, g)$ adalah perbandingan struktur yang mengukur koefisien korelasi diantara 2 citra (f, g). σ_{fg} adalah nilai kovarian antara f dan g .

Jangkauan nilai SSIM adalah 0 sampai dengan 1. Nilai “0” menunjukkan kedua citra yang dibandingkan tidak berkorelasi sedangkan nilai “1” menunjukkan kedua citra yang dibandingkan sama persis $f = g$.

C_1 , C_2 , dan C_3 adalah suatu konstanta agar penyebut tidak sama dengan nol.

(Wulandari, 2017)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Metode pengembangan sistem yang akan dipakai dalam sistem ini adalah *Waterfall*. Langkah - langkah dalam pembuatan *Waterfall* adalah sebagai berikut:

1. Studi Pustaka

Pada tahap ini, penulis akan mempelajari algoritma-algoritma yang berhubungan dengan peningkatan kualitas citra dan pembesaran citra serta cara mengimplementasikannya ke dalam sistem.

2. Pengembangan sistem dengan menerapkan metode *Waterfall* :

- a. Analisis Sistem

Tahapan ini mencakup analisis masalah dan kebutuhan sistem secara fungsional dan non-fungsional. Setelah itu, akan dilakukan analisa atau penjelasan tentang cara kerja algoritma yang digunakan. Terakhir, akan dilakukan pemodelan terhadap sistem yang akan dirancang dengan *Use Case Diagram*.

- b. Perancangan Sistem

Pada tahap ini dilakukan perancangan tampilan antarmuka pada sistem (*user interface*) dengan aplikasi *Balsamiq Mockup*. Perancangan alur kerja sistem (*flow chart*) akan dilakukan dengan bantuan perangkat lunak seperti Microsoft Visio 2007.

c. Pembuatan Sistem

Pada tahap ini dilakukan proses pengkodean (*coding*) sistem dengan Algoritma *Gradient Based Low Light Image Enhancement* menggunakan bahasa pemrograman C#.

d. Pengujian Sistem

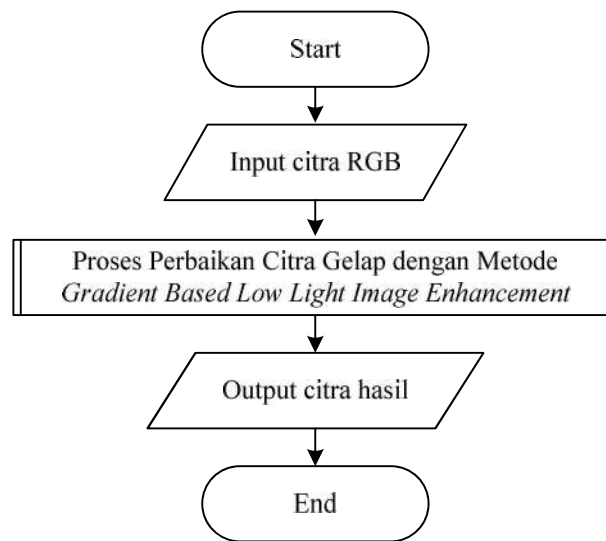
Sistem yang telah selesai dibuat akan diuji dengan tujuan untuk mengetahui bagaimana cara kerja algoritma *Gradient Based Low Light Image Enhancement* yang telah diimplementasikan pada sistem. Proses pengujian akan dilakukan dengan membandingkan citra hasil pemrosesan dan citra *raw* menggunakan metode *Structural Similarity Index Metrics* (SSIM).

3.2 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kepustakaan dimana data yang diperlukan akan diambil dari berbagai sumber di *internet*, seperti jurnal ilmiah dan buku elektronik.

3.3 Analisa Sistem yang Berjalan

Aplikasi Perbaikan Citra Gelap dan Pembesaran Citra Menggunakan *Gradient Based Low Light Image Enhancement* dan *Rational Ball Cubic B-Spline with Genetic Algorithm* memiliki proses kerja yang dapat digambarkan sebagai gambar 3.1.



Gambar 3.1 *Flowchart* dari Aplikasi Perbaikan Citra Gelap dan Pembesaran Citra Menggunakan *Gradient Based Low Light Image Enhancement*

3.3.1 Input Citra RGB

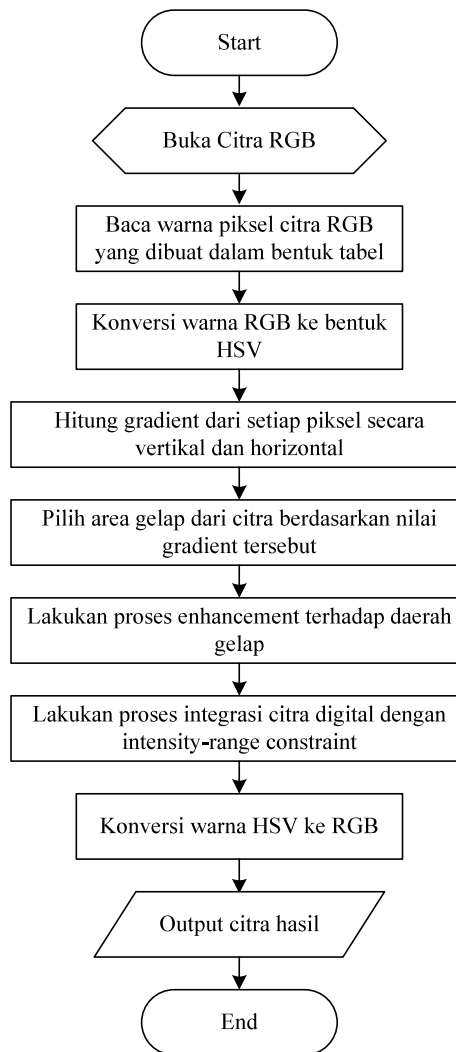
Citra *input* yang digunakan dalam aplikasi perbaikan citra gelap dan pembesaran citra ini adalah citra berwarna RGB, seperti terlihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 *Input Citra RGB*

3.3.2 Proses Perbaikan Citra Gelap dengan Metode *Gradient Based Low Light Image Enhancement*

Proses *image enhancement* dengan metode *Gradient Based Low Light Image Enhancement*, yang dapat digambarkan dalam bentuk *flowchart* seperti terlihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 *Flowchart* Proses *Image Enhancement* dengan Metode *Gradient Based Low Light Image Enhancement*

Proses kerja dari *Image Enhancement* dengan Metode *Gradient Based Low Light*

Image Enhancement dapat dirincikan sebagai berikut:

1. Ambil Citra RGB yang akan diproses pada gambar 3.2.
2. Baca warna piksel citra RGB dari posisi (0,0) sampai (9,9) yang mempunyai nilai RGB.

Nilai RGB akan dibuat dalam bentuk tabel 3.1.

Tabel 3.1 Nilai RGB dari Piksel Citra

52,	54,	56,	22,	21,	23,	19,	15,	8,	6,
31,	48,	54,	16,	19,	19,	14,	10,	6,	4,
26	58	75	26	24	20	18	16	9	5
16,	31,	25,	13,	15,	18,	13,	12,	8,	7,
54,	16,	19,	12,	14,	16,	13,	10,	6,	5,
63	21	29	20	19	21	15	15	9	8
25,	30,	42,	19,	10,	6,	11,	9,	8,	8,
62,	30,	30,	14,	11,	9,	9,	7,	6,	6,
45	38	30	18	16	18	14	10	9	9
63,	40,	47,	2,	9,	7,	7,	6,	7,	6,
63,	31,	29,	7,	10,	8,	8,	7,	7,	6,
63	34	25	11	15	10	12	12	9	8
61,	46,	14,	5,	8,	10,	5,	7,	6,	9,
60,	36,	12,	4,	8,	9,	6,	5,	6,	9,
67	35	13	9	10	15	10	10	8	11
21,	56,	14,	3,	9,	9,	7,	4,	5,	5,
12,	46,	13,	4,	7,	7,	8,	5,	5,	5,
15	44	18	8	10	12	13	7	7	5

Lanjutan Tabel 3.1.

34,	31,	8,	8,	15,	9,	5,	6,	6,	5,
26,	29,	8,	9,	12,	7,	5,	5,	6,	5,
24	32	10	11	19	10	7	10	8	7
38,	30,	10,	14,	10,	7,	5,	5,	5,	5,
30,	25,	13,	12,	8,	7,	6,	4,	5,	5,
27	29	20	17	11	9	8	9	7	7
39,	25,	19,	12,	9,	6,	9,	8,	5,	4,
37,	23,	13,	10,	7,	6,	7,	6,	5,	4,
38	26	15	15	12	8	10	9	7	4
36,	31,	12,	9,	7,	5,	11,	5,	4,	4,
32,	25,	13,	7,	7,	3,	7,	5,	4,	4,
33	25	15	10	9	6	8	7	4	6

3. Konversi warna RGB ke bentuk HSV

Proses konversi dari bentuk RGB ke bentuk HSV dapat dirincikan sebagai berikut.

A. *Hue*

Matriks baris ke-1 dan kolom ke-1 sampai baris ke-10 dan kolom ke-10 diperoleh dengan menggunakan rumus (8):

$$H(0,0): \quad \text{MAX}(R, G, B) = \text{MAX}(52, 31, 26) = 52$$

$$\text{MIN}(R, G, B) = \text{MIN}(52, 31, 26) = 26$$

$$\text{MAX}(R, G, B) = R$$

$$\begin{aligned}
&= 60^\circ \times \frac{(G-B)}{(MAX-MIN)} + 0^\circ \\
&= 60^\circ \times \frac{(31-26)}{(52-26)} + 0^\circ \\
&= 60^\circ \times \frac{5}{26} + 0^\circ \\
&= \mathbf{18,75^\circ}
\end{aligned}$$

$$H(0,1): \quad MAX(R, G, B) = MAX(54, 48, 58) = 58$$

$$MIN(R, G, B) = MIN(54, 48, 58) = 48$$

$$MAX(R, G, B) = B$$

$$\begin{aligned}
&= 60^\circ \times \frac{(R-G)}{(MAX-MIN)} + 240^\circ \\
&= 60^\circ \times \frac{(54-48)}{(58-48)} + 240^\circ \\
&= 60^\circ \times \frac{6}{10} + 240^\circ \\
&= \mathbf{276^\circ}
\end{aligned}$$

$$H(0,2): \quad MAX(R, G, B) = MAX(56, 54, 75) = 75$$

$$MIN(R, G, B) = MIN(56, 54, 75) = 54$$

$$MAX(R, G, B) = B$$

$$\begin{aligned}
&= 60^\circ \times \frac{(R-G)}{(MAX-MIN)} + 240^\circ \\
&= 60^\circ \times \frac{(56-54)}{(75-54)} + 240^\circ \\
&= 60^\circ \times \frac{2}{21} + 240^\circ
\end{aligned}$$

$$= 245.71^\circ$$

$$H(0,3): \quad MAX(R, G, B) = MAX(22,16, 26) = 26$$

$$MIN(R, G, B) = MIN(22,16, 26) = 16$$

$$MAX(R, G, B) = B$$

$$= 60^\circ \times \frac{(R-G)}{(MAX-MIN)} + 240^\circ$$

$$= 60^\circ \times \frac{(22-16)}{(26-16)} + 240^\circ$$

$$= 60^\circ \times \frac{6}{10} + 240^\circ$$

$$= 276^\circ$$

$$H(0,4): \quad MAX(R, G, B) = MAX(21,19, 24) = 24$$

$$MIN(R, G, B) = MIN(21,19, 24) = 19$$

$$MAX(R, G, B) = B$$

$$= 60^\circ \times \frac{(R-G)}{(MAX-MIN)} + 240^\circ$$

$$= 60^\circ \times \frac{(21-19)}{(24-19)} + 240^\circ$$

$$= 60^\circ \times \frac{2}{5} + 240^\circ$$

$$= 264^\circ$$

Proses akan dilanjutkan sampai dengan piksel (9,9).

Hasil konversi nilai *hue* untuk citra 10 x 10 piksel tersebut dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Nilai *Hue* citra 10 x 10 piksel

18,75	276	245,71	276	264	45	12	90	280	330
191,45	340	276	247,5	252	64	40	64	80	80
152,4	240	0	312	230	25	64	80	80	80
0	340	10,9	206,67	230	20	28	30	40	40
248,57	5,45	30	52	240	50	28	64	40	40
340	0	52	28	280	64	30	20	40	0
12	80	40	20	265,7	80	40	52	40	240
16,36	312	222	264	280	240	220	252	240	240
330	280	340	264	264	240	280	280	240	0
345	0	220	280	240	280	345	240	0	240

B. *Saturation*

Matriks baris ke-1 dan kolom ke-1 sampai baris ke-10 dan kolom ke-10

dengan menggunakan rumus (9):

$$S(0, 0) : \quad \text{MAX} = 52$$

$$\text{MIN} = 26$$

$$S(0, 0) = 1 - \frac{\text{MIN}}{\text{MAX}}$$

$$S(0, 0) = 1 - \frac{26}{52}$$

$$S(0, 0) = \mathbf{0.5}$$

$$\begin{aligned}
 S(0, 1) : \quad & MAX = 58 \\
 & MIN = 48 \\
 & 1 - \frac{MIN}{MAX} = 1 - \frac{48}{58} \\
 & = \mathbf{0.172}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S(0, 2) : \quad & MAX = 75 \\
 & MIN = 54 \\
 & 1 - \frac{MIN}{MAX} = 1 - \frac{54}{75} \\
 & = \mathbf{0.28}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S(0, 3) : \quad & MAX = 26 \\
 & MIN = 16 \\
 & 1 - \frac{MIN}{MAX} = 1 - \frac{16}{26} \\
 & = \mathbf{0.385}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S(0, 4) : \quad & MAX = 24 \\
 & MIN = 19 \\
 & 1 - \frac{MIN}{MAX} = 1 - \frac{19}{24} \\
 & = \mathbf{0.208}
 \end{aligned}$$

Proses akan dilanjutkan sampai dengan piksel (10,10).

Hasil konversi nilai *saturation* untuk citra 10 x 10 piksel tersebut dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 Nilai *Saturation* Citra 10 x 10 piksel

0,381	0,172	0,280	0,385	0,208	0,174	0,263	0,375	0,333	0,333
0,746	0,484	0,345	0,400	0,263	0,238	0,133	0,333	0,333	0,375
0,597	0,211	0,286	0,263	0,375	0,667	0,357	0,300	0,333	0,333
0,000	0,225	0,468	0,818	0,400	0,300	0,417	0,500	0,222	0,250
0,104	0,239	0,143	0,556	0,200	0,400	0,500	0,500	0,250	0,182
0,429	0,214	0,278	0,625	0,300	0,417	0,462	0,429	0,286	0,000
0,294	0,094	0,200	0,273	0,368	0,300	0,286	0,500	0,250	0,286
0,289	0,167	0,500	0,294	0,273	0,222	0,375	0,556	0,286	0,286
0,051	0,115	0,316	0,333	0,417	0,250	0,300	0,333	0,286	0,000
0,111	0,194	0,200	0,300	0,222	0,500	0,364	0,286	0,000	0,333

C. *Value*

Hasil konversi nilai *value* dengan rumus (10) untuk citra 10 x 10 piksel tersebut dapat dilihat pada tabel 3.4.

Tabel 3.4 Nilai *Value* Citra 10 x 10 piksel

42	58	75	26	24	23	19	16	9	6
63	31	29	20	19	21	15	15	9	8
62	38	42	19	16	18	14	10	9	9
63	40	47	11	15	10	12	12	9	8
61	46	14	9	10	15	10	10	8	11
21	56	18	8	10	12	13	7	7	5

Lanjutan Tabel 3.4.

34	32	10	11	19	10	7	10	8	7
38	30	20	17	11	9	8	9	7	7
39	26	19	15	12	8	10	9	7	4
36	31	15	10	9	6	11	7	4	6

Proses perbaikan kualitas citra hanya akan dilakukan terhadap nilai V dari bentuk warna HSV saja, sehingga hanya nilai V yang diambil untuk perhitungan berikutnya.

4. Hitung nilai *gradient* dari setiap piksel secara horizontal dan vertikal dengan menggunakan rumus (14) dimana:

x = posisi x dari piksel.

y = posisi y dari piksel.

G_x = nilai *gradient* dari piksel x secara horizontal.

G_y = nilai *gradient* dari piksel x secara vertikal.

$f(x+1, y)$ = nilai intensitas piksel pada posisi (x+1, y).

$f(x, y+1)$ = nilai intensitas piksel pada posisi (x, y+1).

Proses perhitungan nilai *gradient* dari setiap piksel secara horizontal dan vertikal adalah sebagai berikut:

Piksel (0, 0):

$$G_x = 58 - 52 = 6$$

$$G_y = 63 - 52 = 11$$

Piksel (0, 1):

$$G_x = 75 - 58 = 17$$

$$G_y = 31 - 58 = -27$$

Piksel (0, 2):

$$G_x = 26 - 75 = -49$$

$$G_y = 29 - 75 = -46$$

Piksel (0, 3):

$$G_x = 24 - 26 = -2$$

$$G_y = 20 - 26 = -6$$

Piksel (0, 4):

$$G_x = 23 - 24 = -1$$

$$G_y = 19 - 24 = -5$$

Proses akan dilanjutkan sampai dengan piksel (9,9).

Hasil *gradient* horizontal yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 3.5.

Tabel 3.5 Nilai *Gradient* Horizontal Citra 10 x 10 piksel

6	17	-49	-2	-1	-4	-3	-7	-3	-6
-32	-2	-9	-1	2	-6	0	-6	-1	-8
-24	4	-23	-3	2	-4	-4	-1	0	-9
-23	7	-36	4	-5	2	0	-3	-1	-8
-15	-32	-5	1	5	-5	0	-2	3	-11
35	-38	-10	2	2	1	-6	0	-2	-5

Lanjutan Tabel 3.5.

-2	-22	1	8	-9	-3	3	-2	-1	-7
-8	-10	-3	-6	-2	-1	1	-2	0	-7
-13	-7	-4	-3	-4	2	-1	-2	-3	-4
-5	-16	-5	-1	-3	5	-4	-3	2	-6

Hasil *gradient* vertikal yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 3.6.

Tabel 3.6 Nilai *Gradient* Vertikal Citra 10 x 10 piksel

11	-27	-46	-6	-5	-2	-4	-1	0	2
-1	7	13	-1	-3	-3	-1	-5	0	1
1	2	5	-8	-1	-8	-2	2	0	-1
-2	6	-33	-2	-5	5	-2	-2	-1	3
-40	10	4	-1	0	-3	3	-3	-1	-6
13	-24	-8	3	9	-2	-6	3	1	2
4	-2	10	6	-8	-1	1	-1	-1	0
1	-4	-1	-2	1	-1	2	0	0	-3
-3	5	-4	-5	-3	-2	1	-2	-3	2
-36	-31	-15	-10	-9	-6	-11	-7	-4	-6

Gabungan nilai *gradient* horizontal dan vertikal dengan rumus (13):

Piksel (0, 0):

$$= \sqrt{6^2 + 11^2}$$

$$= \sqrt{157}$$

$$= 12.52996$$

Piksel (0, 1):

$$= \sqrt{17^2 + (-27)^2}$$

$$= \sqrt{1018}$$

$$= 31.9$$

Piksel (0, 2):

$$= \sqrt{(-49)^2 + (-46)^2}$$

$$= \sqrt{4517}$$

$$= 67.2$$

Piksel (0, 3):

$$= \sqrt{(-2)^2 + (-6)^2}$$

$$= \sqrt{40}$$

$$= 6.32$$

Piksel (0, 4):

$$= \sqrt{(-1)^2 + (-5)^2}$$

$$= \sqrt{26}$$

$$= 5.1$$

Proses akan dilanjutkan sampai dengan piksel (9,9).

Tabel 3.7 Nilai *Gradient* Citra 10 x 10 piksel

26.4007	31.9061	67.2086	6.32455		4.47213		7.07106		6.32455
6	1	3	5	5.09902	6	5	8	3	5
32.0156		15.8113	1.41421	3.60555	6.70820				8.06225
2	7.28011	9	4	1	4	1	7.81025	1	8

Lanjutan Tabel 3.7.

24.0208 2	4.47213 6	23.5372	8.54400 4	2.23606 8	8.94427 2	4.47213 6	2.23606 8	0	9.05538 5
23.0867 9	9.21954 4	48.8364 6	4.47213 6	7.07106 8	5.38516 5	2	3.60555 1	1.41421 4	8.54400 4
42.7200 2	33.5261 1	6.40312 4	1.41421 4	5	5.83095 2	3	3.60555 1	3.16227 8	12.5299 6
37.3363 1	44.9444 1	12.8062 5	3.60555 1	9.21954 4	2.23606 8	8.48528 1	3	2.23606 8	5.38516 5
4.47213 6	22.0907 2	10.0498 8	10	12.0415 9	3.16227 8	3.16227 8	2.23606 8	1.41421 4	7
8.06225 8	10.7703 3	3.16227 8	6.32455 5	2.23606 8	1.41421 4	2.23606 8	2	0	7.61577 3
13.3416 6	8.60232 5	5.65685 4	5.83095 2	5	2.82842 7	1.41421 4	2.82842 7	4.24264 1	4.47213 6
36.3455 6	34.8855 3	15.8113 9	10.0498 8	9.48683 3	7.81025	11.7047	7.61577 3	4.47213 6	8.48528 1

5. Pilih area gelap dari citra berdasarkan nilai *gradient* yang dihasilkan.

Tentukan *threshold* kelompok *gradient* gelap dengan rumus (16):

$$\begin{aligned}
 T(i,j) &= m(i,j) + k * s(i,j) \\
 &= 10.1545 + (-0.2) * 11,999 \\
 &= \mathbf{7.77547}
 \end{aligned}$$

Seleksi nilai *gradient* yang lebih besar dari $T(i,j)$ seperti terlihat pada tabel 3.8.

Tabel 3.8 Area Gelap Citra 10 x 10 piksel

12.5299	31.9061	67.2086	6.32455		4.47213		7.07106		6.32455
6	1	3	5	5.09902	6	5	8	3	5
32.0156		15.8113	1.41421	3.60555	6.70820				8.06225
2	7.28011	9	4	1	4	1	7.81025	1	8
24.0208	4.47213		8.54400	2.23606	8.94427	4.47213	2.23606		9.05538
2	6	23.5372	4	8	2	6	8	0	5
23.0867	9.21954	48.8364	4.47213	7.07106	5.38516		3.60555	1.41421	8.54400
9	4	6	6	8	5	2	1	4	4
42.7200	33.5261	6.40312	1.41421		5.83095		3.60555	3.16227	12.5299
2	1	4	4	5	2	3	1	8	6
37.3363	44.9444	12.8062	3.60555	9.21954	2.23606	8.48528		2.23606	5.38516
1	1	5	1	4	8	1	3	8	5
4.47213	22.0907	10.0498		12.0415	3.16227	3.16227	2.23606	1.41421	
6	2	8	10	9	8	8	8	4	7
8.06225	10.7703	3.16227	6.32455	2.23606	1.41421	2.23606			7.61577
8	3	8	5	8	4	8	2	0	3
13.3416	8.60232	5.65685	5.83095		2.82842	1.41421	2.82842	4.24264	4.47213
6	5	4	2	5	7	4	7	1	6
36.3455	34.8855	15.8113	10.0498	9.48683			7.61577	4.47213	8.48528
6	3	9	8	3	7.81025	11.7047	3	6	1

Area gelap yang terdeteksi adalah:

piksel (1,2) = 15.81139

piksel (1,7) = 7.81025

piksel (2,2) = 23.5372

piksel (2,3) = 8.544004

piksel (2,5) = 8.944272

$$\text{piksel (3,1)} = 9.219.544$$

$$\text{piksel (3,2)} = 48.83646$$

$$\text{piksel (4,1)} = 33.52611$$

$$\text{piksel (5,1)} = 44.94441$$

$$\text{piksel (5,2)} = 12.80625$$

$$\text{piksel (5,4)} = 9.219544$$

$$\text{piksel (5,6)} = 8.485281$$

$$\text{piksel (6,1)} = 22.09072$$

$$\text{piksel (6,2)} = 10.04988$$

$$\text{piksel (6,3)} = 10$$

$$\text{piksel (6,4)} = 12.04159$$

$$\text{piksel (7,1)} = 10.77033$$

$$\text{piksel (8,1)} = 8.602325$$

6. Lakukan proses *enhancement* terhadap daerah gelap dengan menggunakan rumus (17) :

dimana:

x = posisi piksel.

$f(x)$ = nilai *value* dari citra *input*.

$f_h(x)$ = nilai *gradient* horizontal dari citra *input*.

$f_v(x)$ = nilai *gradient* vertikal dari citra *input*.

$q_h(x)$ = nilai *gradient* horizontal dari citra hasil *enhancement*.

$q_v(x)$ = nilai *gradient* vertikal dari citra hasil *enhancement*.

$L(f(x), \beta, \tau)$ = fungsi *enhancement*. Pada penelitian ini, digunakan nilai konstanta

$$\beta = 15 \text{ dan } \tau = 50.$$

Perhitungan untuk piksel (3, 2):

$L(\text{nilai } value \text{ dari piksel, nilai } \beta, \text{ nilai } \tau)$, dimana dalam penelitian ini digunakan nilai konstanta $\beta = 15$ dan $\tau = 50$.

$$L(47, 15, 50) = \frac{15-1}{2 \cdot 50^2} 47^2 - \frac{15-1}{50} 47 + 15 = 8.0252$$

Perhitungan nilai *gradient* horizontal dan vertikal baru menggunakan rumus (15) :

Nilai *gradient* horizontal baru menjadi:

$$q_h(x) = f_h(x) \cdot L(f(x); \beta, \tau)$$

$$q_h(x) = -36 * 8.0252 = -288.91$$

Nilai *gradient* vertikal baru menjadi:

$$q_v(x) = f_v(x) \cdot L(f(x); \beta, \tau)$$

$$q_v(x) = -33 * 8.0252 = -264.83$$

Perhitungan untuk piksel (5, 1):

Karena nilai intensitas piksel yaitu sebesar 56 lebih besar daripada 50, maka nilai hasil dari fungsi $L = 1$.

$L(\text{nilai } value \text{ dari piksel, nilai } \beta, \text{ nilai } \tau)$, dimana dalam penelitian ini digunakan nilai konstanta $\beta = 15$ dan $\tau = 50$.

$$L(56, 15, 50) = 1$$

Nilai gradient horizontal baru menjadi:

$$q_h(x) = f_h(x) \cdot L(f(x); \beta, \tau)$$

$$q_h(x) = -38 \cdot 1 = -38$$

Nilai gradient vertikal baru menjadi:

$$q_v(x) = f_v(x) \cdot L(f(x); \beta, \tau)$$

$$q_v(x) = -56 \cdot 1 = -56$$

Nilai *gradient* horizontal yang diperoleh:

6	17	-49	-2	-1	-4	-3	-7	-3	-6
-32	-2	-83,1132	-1	2	-6	0	-68,58	-1	-8
-24	4	-188,122	32,0724	2	-43,4688	-4	-1	0	-9
-23	57,96	-288,907	4	-5	2	0	-3	-1	-8
-15	-257,434	-5	1	5	-5	0	-2	3	-11
35	-38	-108,672	2	24,96	1	-70,9992	0	-2	-5
-2	-195,958	12,48	98,0704	-96,2172	-3	3	-2	-1	-7
-8	-91,2	-3	-6	-2	-1	1	-2	0	-7
-13	-67,2896	-4	-3	-4	2	-1	-2	-3	-4
-5	-16	-5	-1	-3	5	-4	-3	2	-6

Nilai gradient vertikal yang diperoleh:

11	-27	-46	-6	-5	-2	-4	-1	0	2
-1	7	120,05	-1	-3	-3	-1	-57,15	0	1
1	2	40,896	-85,5264	-1	-86,9376	-2	2	0	-1
-2	49,68	-264,8	-2	-5	5	-2	-2	-1	3
-40	80,448	4	-1	0	-3	3	-3	-1	-6
13	-24	-86,94	3	112,32	-2	-70,1	3	1	2
4	-17,8144	124,8	73,55	-85,52	-1	1	-1	-1	0
1	-36,48	-1	-2	1	-1	2	0	0	-3
-3	48,064	-4	-5	-3	-2	1	-2	-3	2
-36	-31	-15	-10	-9	-6	-11	-7	-4	-6

7. Lakukan proses integrasi citra digital dengan *intensity-range constraint*

dengan menggunakan rumus (18) :

dimana ;

G_R = Nilai *value*

g_{RH} = Nilai *gradient* horizontal

g_{RV} = Nilai *gradient* vertikal

Untuk menghitung nilai piksel (1, 1), maka:

Secara horizontal:

$$G_R = 63 + g_{RH} = 63 + (-32) = 31$$

Secara vertikal:

$$G_R = 58 + g_{RV} = 58 + (-27) = 31$$

$$\text{Nilai piksel: } (31 + 31) / 2 = 31$$

Jadi, nilai piksel (1, 1) adalah 31.

Proses akan dilanjutkan sampai dengan piksel (9,9).

Nilai *Value* setelah perbaikan :

42	58	75	26	24	23	19	16	9	6
63	31	29	17,0566	19	21	15	15	2,29	8
62	38	95,525	63,561	33,5362	18	5,7344	16,075	9	9
63	40	90,428	154,217	15	29,4688	12	12	9	8
61	67,84	214,617	9	10	15	10	10	8	11
21	91,224	18	41,336	10	23,48	13	25,4996	7	5
34	32	116,449	16,74	115,695	33,6086	25,05	10	8	7
38	22,0928	36,8	50,775	27,76	9	8	9	7	7
39	9,76	11,1448	15	12	8	10	9	7	4
36	31	15	10	9	6	11	7	4	6

8. Konversikan nilai HSV yang diperoleh ke bentuk RGB.

Setelah semua piksel diproses, maka langkah terakhir adalah mengembalikan

nilai HSV ke bentuk warna RGB dengan rumus (11) :

$$C = H * S$$

$$X = C * (1 - |(H/60) \bmod 2 - 1|)$$

$$m = V - C$$

$$(0,0,0) \text{ jika } H = 0$$

$$(C+m, X+m, m) \text{ jika } 0^\circ \leq H \leq 60^\circ$$

$$(X+m, C+m, m) \text{ jika } 60^\circ \leq H \leq 120^\circ$$

$$\begin{aligned}
 (R, G, B) = & \quad (m, C+m, X+m) \quad \text{jika } 120^\circ \leq H \leq 180^\circ \\
 & \quad (m, X+m, C+m) \quad \text{jika } 180^\circ \leq H \leq 240^\circ \\
 & \quad (X+m, m, C+m) \quad \text{jika } 240^\circ \leq H \leq 300^\circ \\
 & \quad (C+m, m, X+m) \quad \text{jika } 300^\circ \leq H \leq 360^\circ
 \end{aligned}$$

Proses perhitungan HSV ke RGB dengan perincian sebagai berikut :

Piksel (0, 0):

$$C = H * S = 11.54 * 0.5 = 5.77$$

$$X = C * (1 - |(H/60) \bmod 2 - 1|)$$

$$X = 5.77 * (1 - |(11.54/60) \bmod 2 - 1|)$$

$$X = 1.109763$$

$$m = V - C = 52 - 5.77 = 46.23$$

Karena $0^\circ \leq H \leq 60^\circ$, maka:

$$R = C + m = 5.77 + 46.23 = 52$$

$$G = X + m = 1.109763 + 46.23 = 47.309763 = 47$$

$$B = m = 46.23 = 46$$

Hasil konversi dari HSV ke RGB seperti terlihat pada tabel 3.9.

Tabel 3.9 Hasil Konversi Nilai RGB

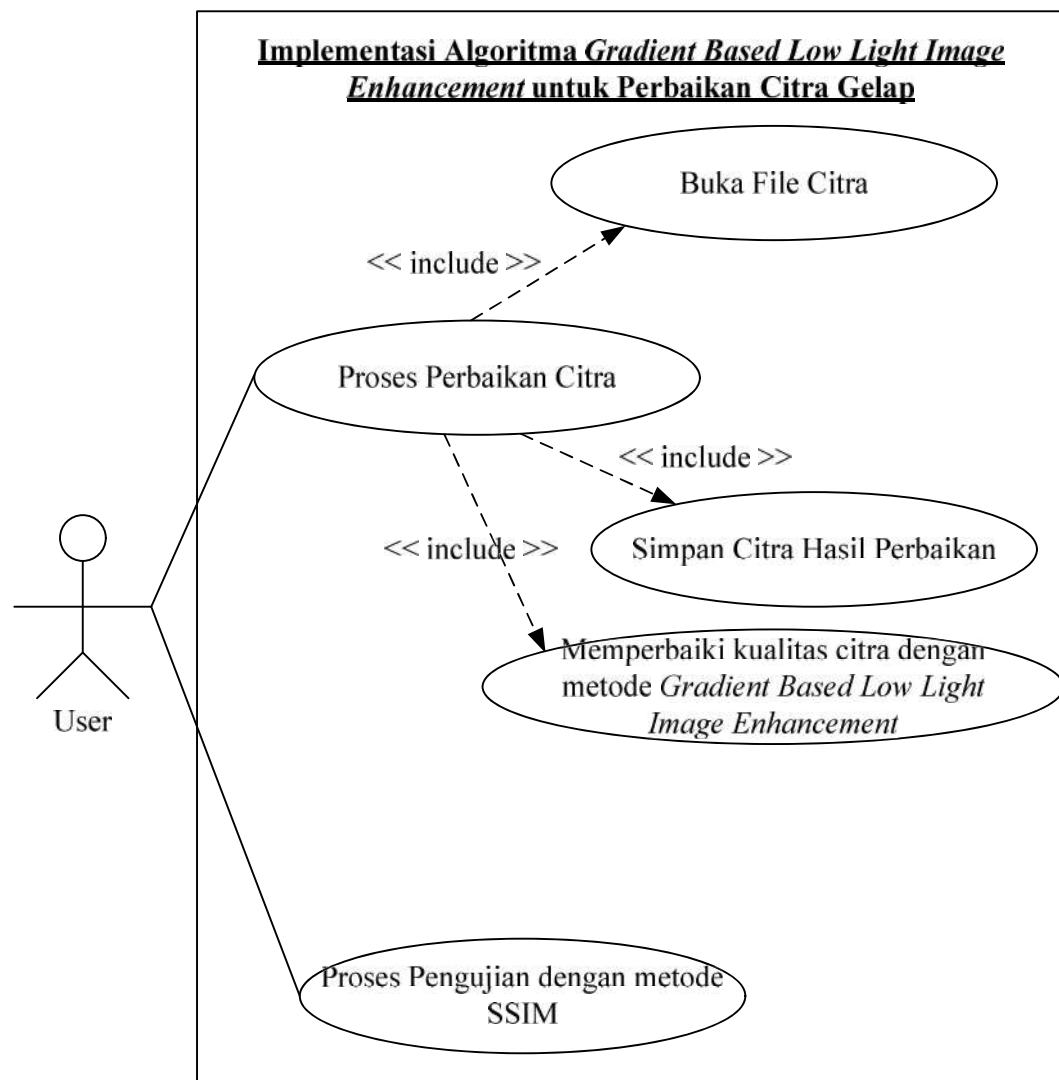
42,	54,	56,	22,	21,	23,	19,	15,	8,	6,
31,	48,	54,	16,	19,	19,	14,	10,	6,	4,
26	58	75	26	24	20	18	16	9	5
16,	31,	25,	13,	15,	18,	13,	12,	8,	7,
54,	16,	19,	12,	14,	16,	13,	10,	6,	5,
63	43	59	76	27	25	24	20	17	8
25,	30,	42,	19,	10,	6,	11,	9,	8,	8,
62,	30,	30,	14,	11,	9,	9,	7,	6,	6,
45	92	74	57	60	34	32	27	22	9

Lanjutan Tabel 3.9.

63,	40,	43,	2,	9,	7,	7,	6,	7,	6,
63,	31,	25,	7,	10,	8,	8,	7,	7,	6,
63	78	80	68	47	48	34	31	23	8
61,	45,	14,	5,	8,	10,	5,	7,	6,	9,
60,	35,	12	4,	8,	9,	6,	5,	6,	9,
61	82	, 80	73	48	40	36	28	26	11
21,	54,	14,	3,	9,	9,	7,	4,	5,	5,
12,	44,	13,	4,	7,	7,	8,	5,	5,	5,
15	81	88	52	48	34	34	29	23	5
34,	31,	8,	8,	15,	9,	5,	6	6,	5,
26,	29,	8,	9,	12,	7,	5,	, 5,	6,	5,
24	44	76	57	35	37	28	28	22	7
38,	30,	10,	14,	10,	7,	5,	5,	5,	5,
30,	25,	13,	12,	8,	7,	6,	4,	5,	5,
27	62	47	47	39	33	30	21	23	7
39,	25,	19,	12,	9,	6,	9,	8,	5,	4,
37,	23,	13,	10,	7,	6,	7,	6,	5,	4
38	54	51	39	41	30	25	24	19	,4
36,	31,	12,	9,	7,	5,	11,	5,	4,	4,
32,	25,	13,	7,	7,	3,	7,	5,	4,	4,
33	25	15	10	9	6	8	7	4	6

3.3.3 Pemodelan Sistem

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



Gambar 3.2 *Use Case* sistem

Pada gambar 3.2 diatas, terlihat *use case* aplikasi perbaikan kualitas citra dengan metode gradient based low light image enhancement, berikut ini merupakan narasi dari *use case* tersebut:

Table 3.10. Narasi *Use Case* Proses Perbaikan Citra

Nama <i>use case</i>	Proses Perbaikan Citra	
Aktor	<i>User</i>	
Deskripsi	<i>Use case</i> ini berfungsi untuk melakukan proses perbaikan 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 perbaikan kontras terhadap citra digital.
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 3.11 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 <i>input</i> belum dimasukkan.	
Kesimpulan	<i>Use case</i> ini digunakan untuk membuka <i>file</i> citra	
Postkondisi	Citra telah ditampilkan	

Tabel 3.12 Narasi dari *Use Case* Simpan Citra Hasil Perbaikan

Nama <i>use case</i>	Simpan Citra Hasil Perbaikan
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 3.13 Narasi dari *Use Case* Memperbaiki Kualitas Citra dengan Metode *Gradient Based Low Light Image Enhancement*

Nama <i>use case</i>	Memperbaiki kualitas citra dengan metode <i>Gradient Based Low Light Image Enhancement</i>
Aktor	<i>User</i>

Deskripsi	<i>Use case</i> ini berfungsi untuk melakukan proses perbaikan kualitas citra dengan metode <i>Gradient Based Low Light Image Enhancement</i>	
Prakondisi	<i>File</i> citra belum dilakukan proses <i>Gradient Based Low Light Image Enhancement</i>	
Sasaran	<i>Use case</i> ini diawali saat <i>user</i> ingin melakukan proses <i>Gradient Based Low Light Image Enhancement</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 citra digital 3. Sistem mengubah warna piksel citra ke bentuk HSV 4. Sistem melakukan proses <i>Gradient Based Low Light Image Enhancement</i> terhadap citra yang diperoleh 5. Sistem menampilkan

		gambar hasil restorasi
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 mendeskripsikan 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. Input *program* adalah citra berwarna dan *grayscale* dengan format JPEG, BMP dan PNG.
- b. Citra input berupa citra RGB.

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 *Windows7* 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.

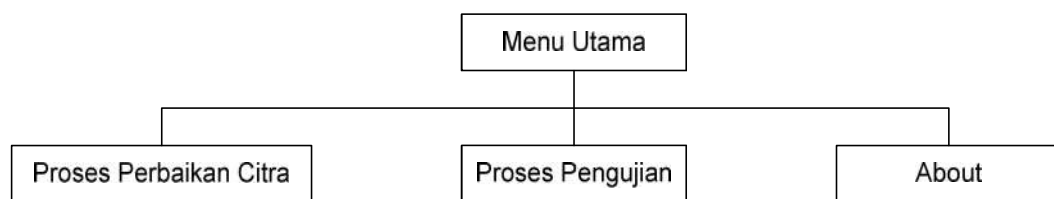
3.4.1 Perancangan Menu

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 ‘Proses Perbaikan Citra’, yang berfungsi untuk melakukan proses perbaikan kualitas citra dengan menggunakan *Gradient Based Low Light Image Enhancement*.
2. Menu ‘Proses Pengujian’ berfungsi untuk melakukan pengujian terhadap citra yang ingin diuji.
3. Menu ‘Tentang’ berfungsi untuk menampilkan keterangan pembuat.

Rancangan menu utama ini dapat dilihat pada gambar 3.3 berikut :



Gambar 3.3 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* ‘Pengujian’
4. *Form* ‘Tabel Pengujian’
5. *Form* ‘Tentang’

3.4.2.1 Form 'Main'

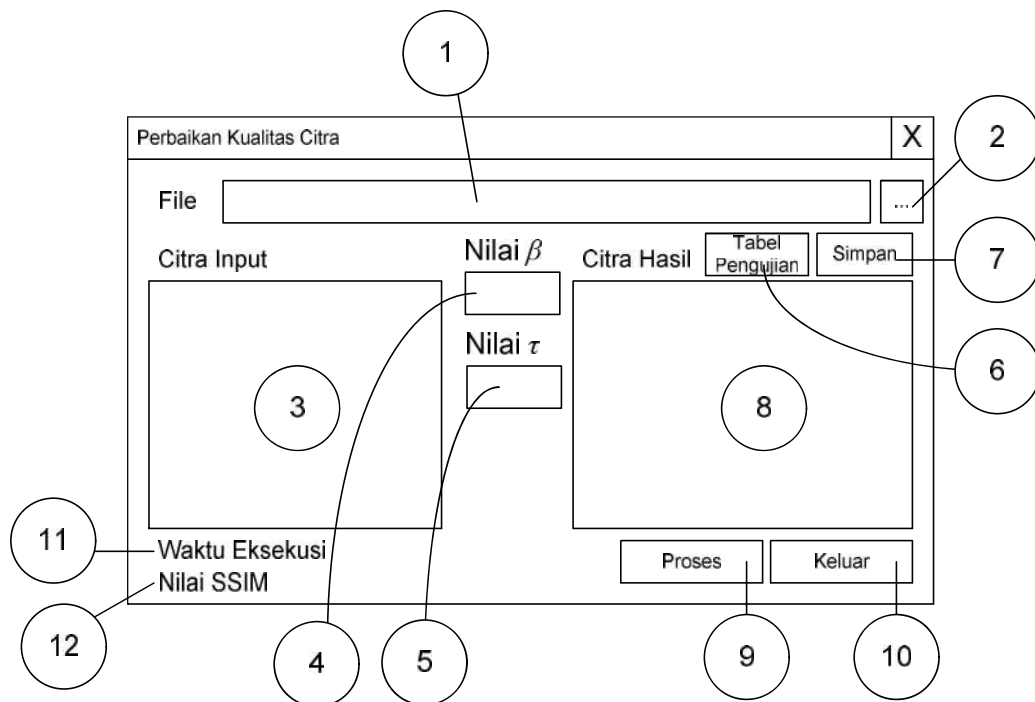
Form ini merupakan tampilan awal yang muncul pertama kali pada saat menjalankan perangkat lunak. Rancangan tampilan dari *form* 'Main' ini dapat dilihat pada gambar 3.4 berikut:

			X
Proses Perbaikan Citra	Proses Pengujian	About	

Gambar 3.4. Rancangan Form 'Main'

3.4.2.2 Form 'Proses Perbaikan Citra'

Form ini berfungsi untuk memperbaiki kualitas citra dengan menggunakan *Gradient Based Low Light Image Enhancement*. Rancangan tampilan dari *form* 'Proses perbaikan citra' ini dapat dilihat pada gambar 3.5 berikut :



Gambar 3.5 Rancangan Form ‘Proses Perbaikan Citra’

Keterangan Gambar 3.5:

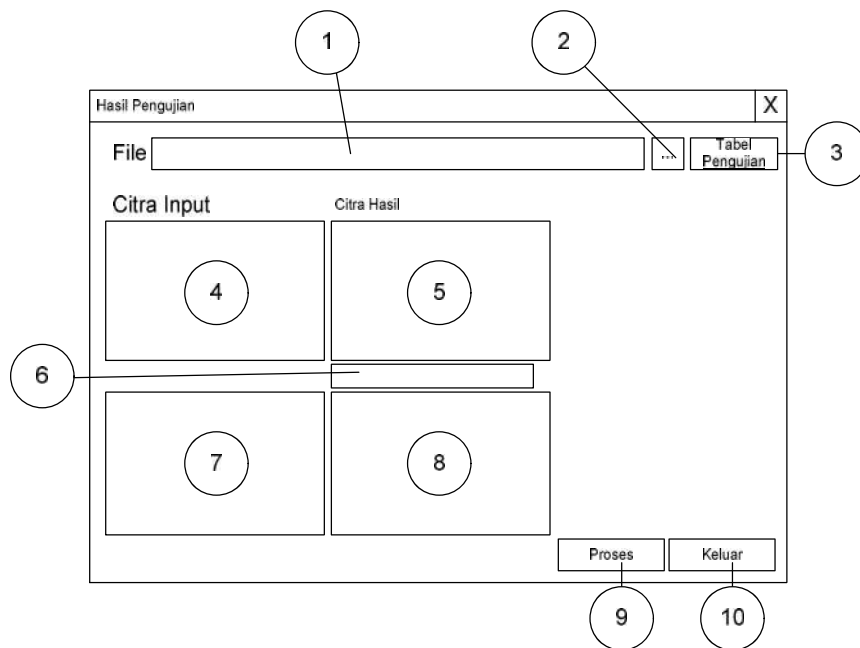
1. Input citra ke dalam aplikasi melalui tombol ‘*browse*’.
2. Tombol *browse* untuk memilih *file* yang diinginkan.
3. Hasil gambar *input*.
4. *Textbox* sebagai tempat pengisian nilai parameter β .
5. *Textbox* sebagai tempat pengisian nilai parameter τ .
6. Tombol ‘Tabel Pengujian’ untuk menampilkan *form* tabel hasil pengujian.
7. Tombol ‘Simpan Citra’ untuk menyimpan citra hasil.
8. Tampilan gambar hasil.
9. Tombol ‘Proses’ untuk memulai proses restorasi.
10. Tombol ‘Keluar’ untuk menutup *form* dan kembali ke *form* Main.
11. *Label* untuk menampilkan lama waktu eksekusi.

12. *Label* untuk menampilkan nilai SSIM dari citra hasil perbaikan kualitas citra.

3.4.2.3 Form ‘Pengujian’

Form ini berfungsi untuk menampilkan proses pengujian terhadap citra yang diuji.

Rancangan tampilan dari *form* ini dapat dilihat pada gambar 3.6 berikut:



Gambar 3.6 Rancangan Form ‘Proses Pengujian’

Keterangan Gambar 3.6:

1. Input citra ke dalam aplikasi melalui tombol ‘*browse*’.
2. Tombol *browse* untuk memilih *file* yang diinginkan.
3. Tombol Tabel Pengujian untuk menampilkan tabel hasil pengujian yang dilakukan.
4. Hasil gambar *input*.
5. Tampilan gambar hasil.
6. Tampilan lama waktu eksekusi algoritma yang dipilih.

7. Tampilan gambar histogram citra input.
8. Tampilan gambar histogram citra hasil.
9. Tombol ‘Proses’ untuk memulai proses restorasi.
10. Tombol ‘Keluar’ untuk menutup *form* dan kembali ke *form* Main.

3.4.2.4 Form ‘Tabel Pengujian’

Form ini berfungsi untuk menampilkan hasil pengujian yang dilakukan terhadap metode *Adaptive Contrast Enhancement Based on Modified Sigmoid Function* dan *Fast Hue and Range Preserving Histogram Specification* atau *Histogram Equalization*. Rancangan tampilan dari *form* ‘Tabel Pengujian’ dapat dilihat pada gambar 3.7 berikut:

Tabel Pengujian				X
Gambar	Waktu Perbaikan	Waktu Perbesaran	SSIM	
		1		

Keluar

2

Gambar 3.7 Rancangan *Form* ‘Tabel Pengujian’

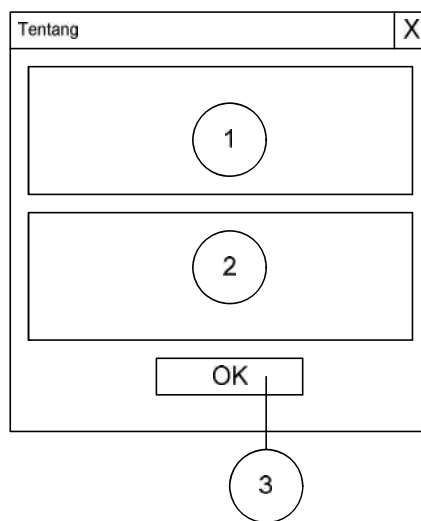
Keterangan:

1. Tabel hasil pengujian.
2. Tombol Keluar untuk menutup *form*.

3.4.2.5 Form ‘Tentang’

Form ini berfungsi untuk menampilkan perancang perangkat lunak (*programmer*).

Rancangan tampilan dari *form* ‘Tentang’ dapat dilihat pada gambar 3.8 berikut :



Gambar 3.8. Rancangan *Form* ‘Tentang’

Keterangan Gambar 3.8:

1. Daerah tampilan judul perangkat lunak.
2. Daerah tampilan nama pembuat perangkat lunak.
3. Tombol ‘OK’ untuk menutup *form*.

BAB IV

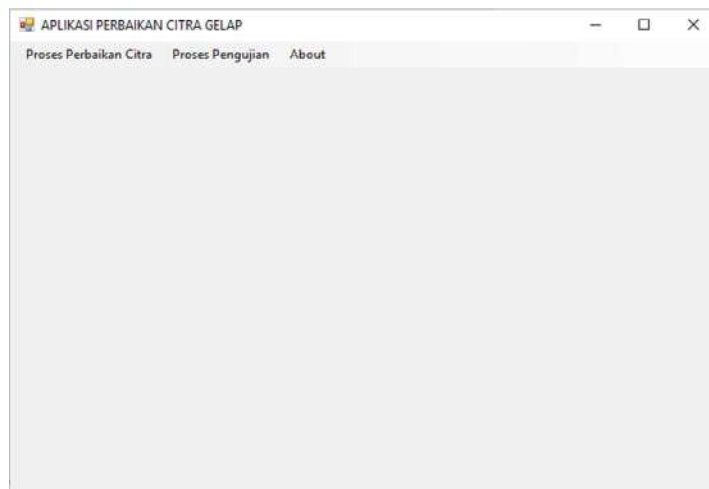
HASIL DAN PENGUJIAN

4.1 Hasil

Setelah sistem dianalisis dan didesain secara rinci, maka akan menuju tahap implementasi. Implementasi merupakan tahap meletakkan sistem sehingga siap untuk dioperasikan. Implementasi bertujuan untuk mengkonfirmasi modul-modul perancangan, sehingga pengguna dapat memberikan masukan kepada pembangun sistem.

4.1.1 Tampilan Main

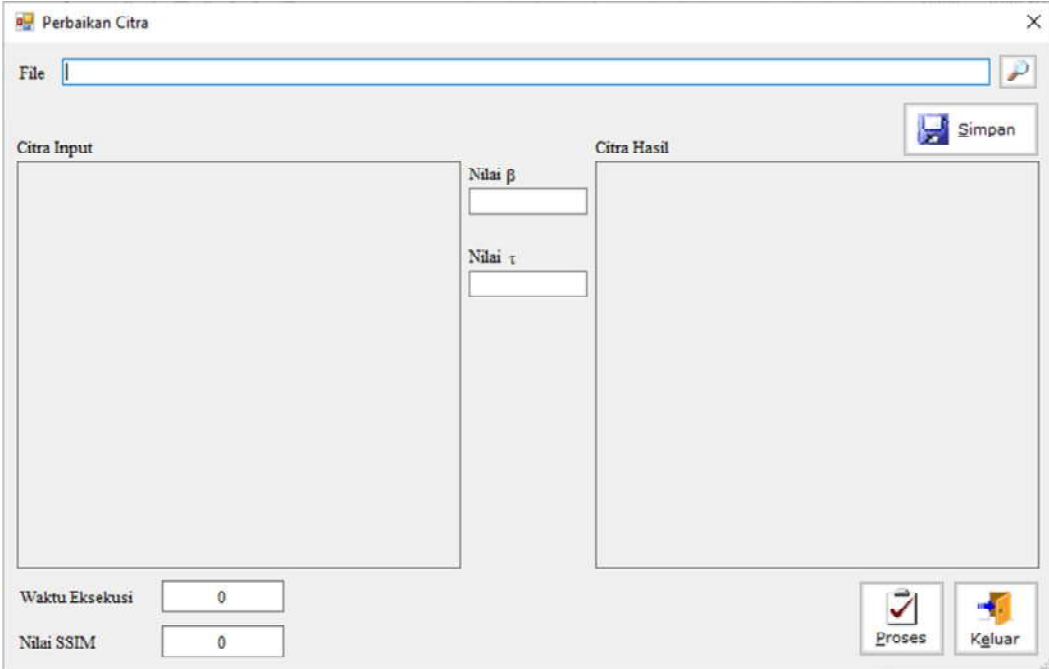
Pada saat pertama kali menjalankan Aplikasi Perbaikan Citra Gelap Menggunakan *Gradient Based Low Light Image Enhancement*, maka *form* yang akan muncul pertama kali adalah *form* 'Main', yang dapat dilihat pada gambar 4.1:



Gambar 4.1 *Form Main*

4.1.2 Tampilan Menu Perbaikan

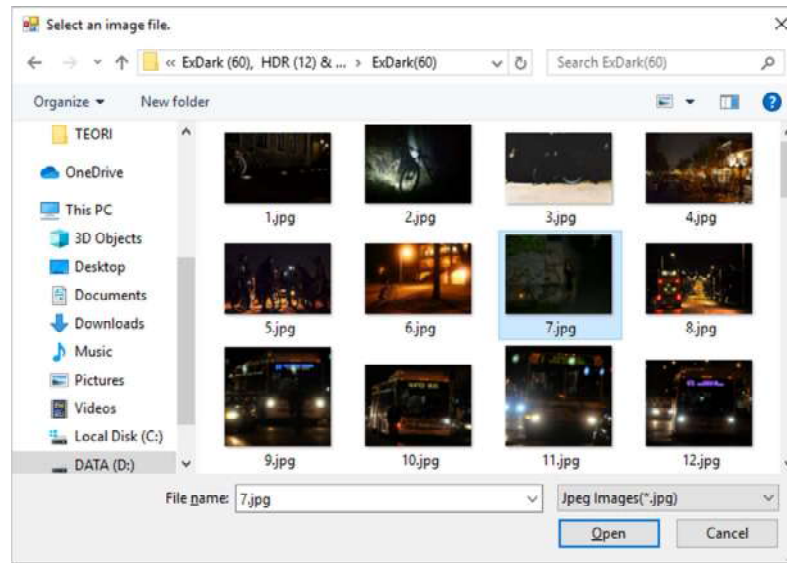
Untuk melakukan proses perbaikan kualitas citra, maka klik sub menu perbaikan kualitas citra, sehingga sistem menampilkan *form* Perbaikan Kualitas Citra seperti terlihat pada gambar berikut:



The screenshot shows a software window titled "Perbaikan Citra". At the top, there is a "File" input field with a search icon. Below it, on the right, is a "Simpan" button. The main workspace is split into two large empty boxes: "Citra Input" on the left and "Citra Hasil" on the right. Between these boxes are two input fields labeled "Nilai β " and "Nilai τ ". At the bottom left, there are two more input fields: "Waktu Eksekusi" and "Nilai SSIM", both containing the number "0". At the bottom right, there are two buttons: "Proses" (with a checkmark icon) and "Keluar" (with a plus icon).

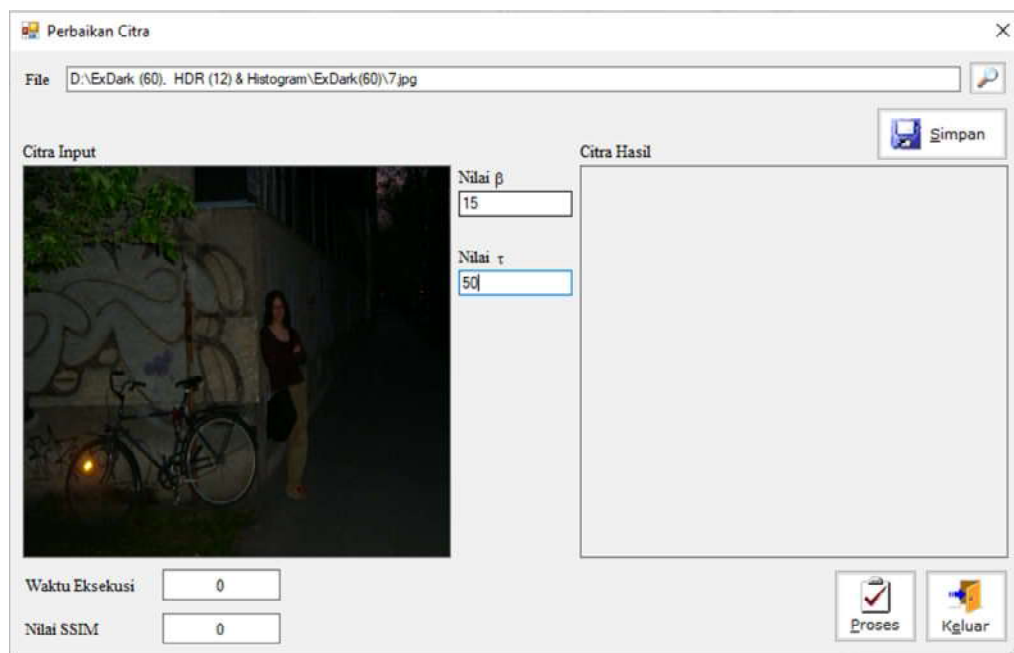
Gambar 4.3 Tampilan *Form* Perbaikan Citra

Pilih *file* yang akan diproses dengan mengklik tombol *Browse* sehingga sistem akan menampilkan kotak dialog open seperti terlihat pada gambar berikut:



Gambar 4.4 Tampilan Kotak Dialog *Open*

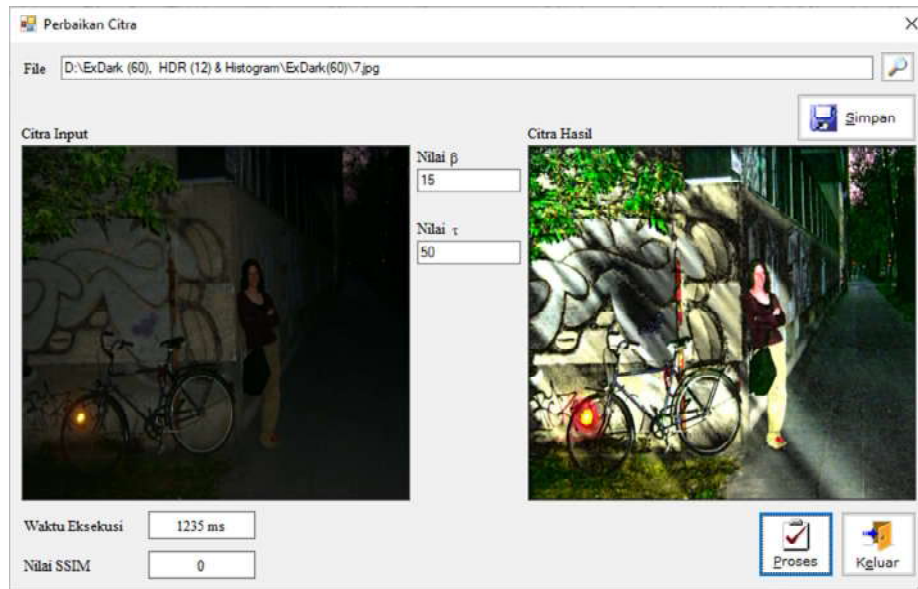
Pilih *file* gambar yang diinginkan dan klik tombol *Open* sehingga tampilan *form* Perbaikan Citra akan terlihat seperti gambar berikut:



Gambar 4.5 Tampilan *Form* Perbaikan Citra Setelah Membuka Citra

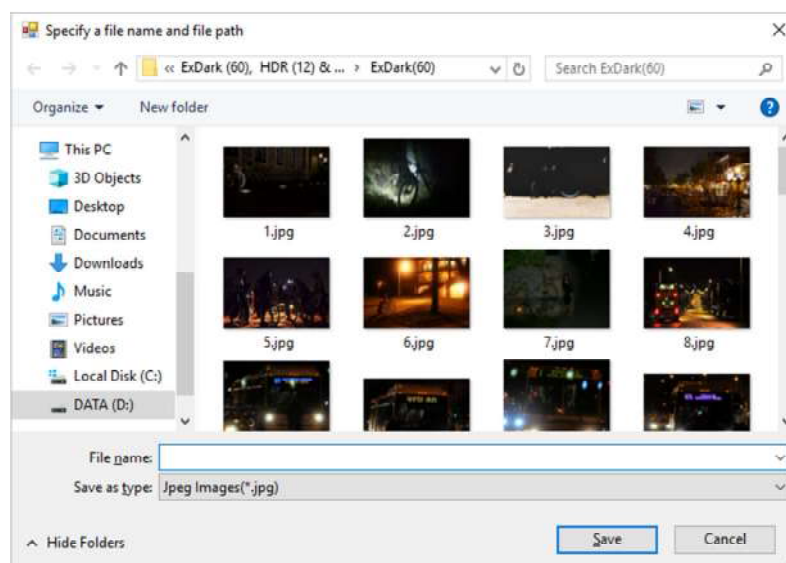
Input nilai β dan τ yang akan digunakan dan klik tombol Proses sehingga sistem akan melakukan proses perbaikan citra dengan menggunakan metode

Gradient Based Low Light Image Enhancement. Tampilan form Perbaikan Citra dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.6 Tampilan *Form* Perbaikan Citra Setelah Proses Perbaikan Citra

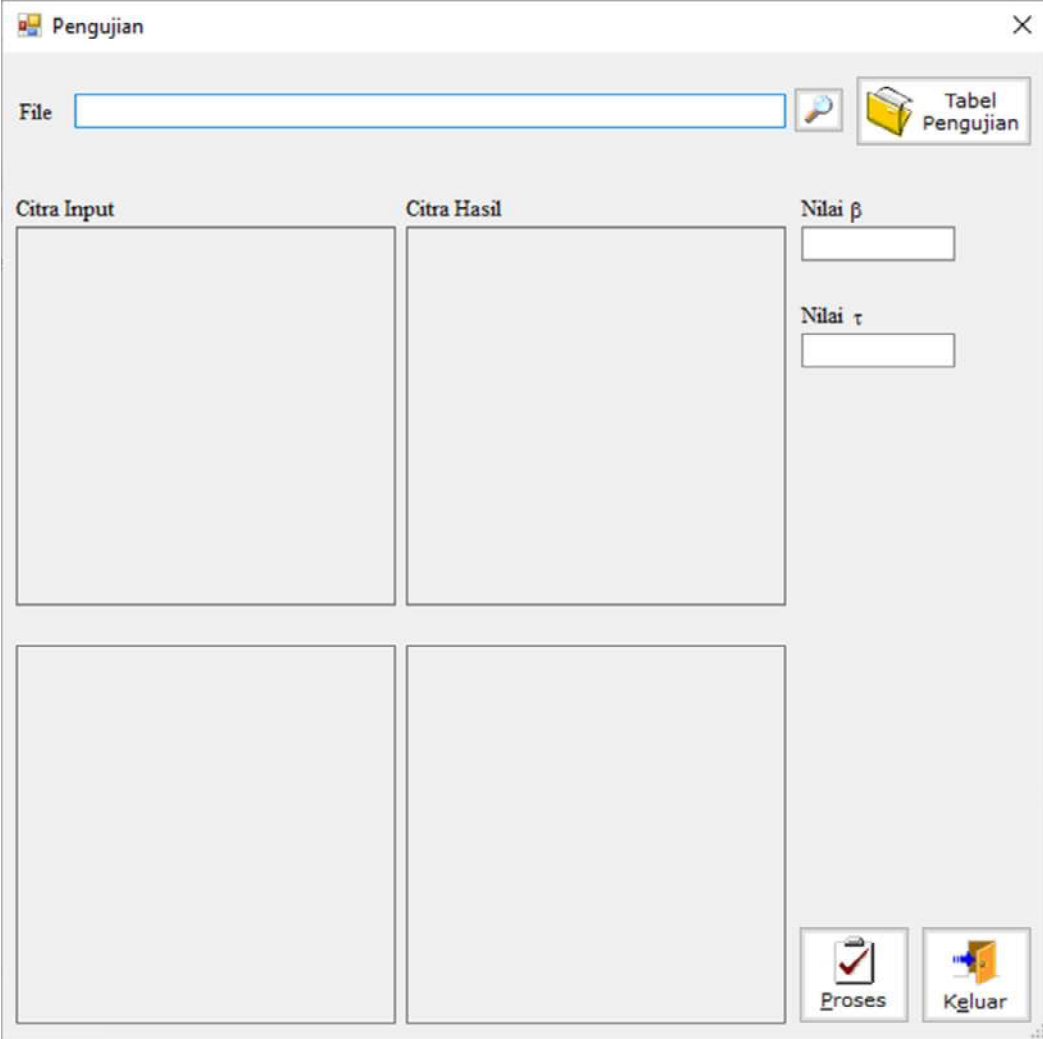
Gambar hasil yang diperoleh dapat disimpan dengan mengklik tombol Simpan, sehingga sistem akan menampilkan kotak dialog *Save* seperti terlihat pada gambar berikut:



Gambar 4.7 Tampilan Kotak Dialog *Save*

4.1.3 Tampilan Menu Pengujian

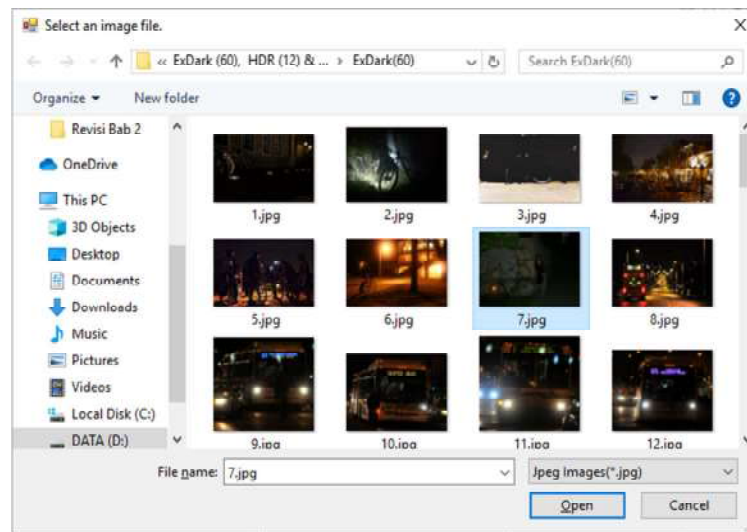
Untuk melakukan pengujian terhadap metode yang dibahas, maka dapat mengakses menu Pengujian, sehingga sistem akan menampilkan *form* berikut:



The screenshot shows a window titled "Pengujian" with a standard Windows-style title bar (minimize, maximize, close). The interface includes a "File" input field with a search icon and a "Tabel Pengujian" button. Below this are two columns of image placeholders: "Citra Input" and "Citra Hasil". To the right of these are two input fields for "Nilai β " and "Nilai τ ". At the bottom right, there are two buttons: "Proses" (with a checkmark icon) and "Kgluar" (with a folder icon).

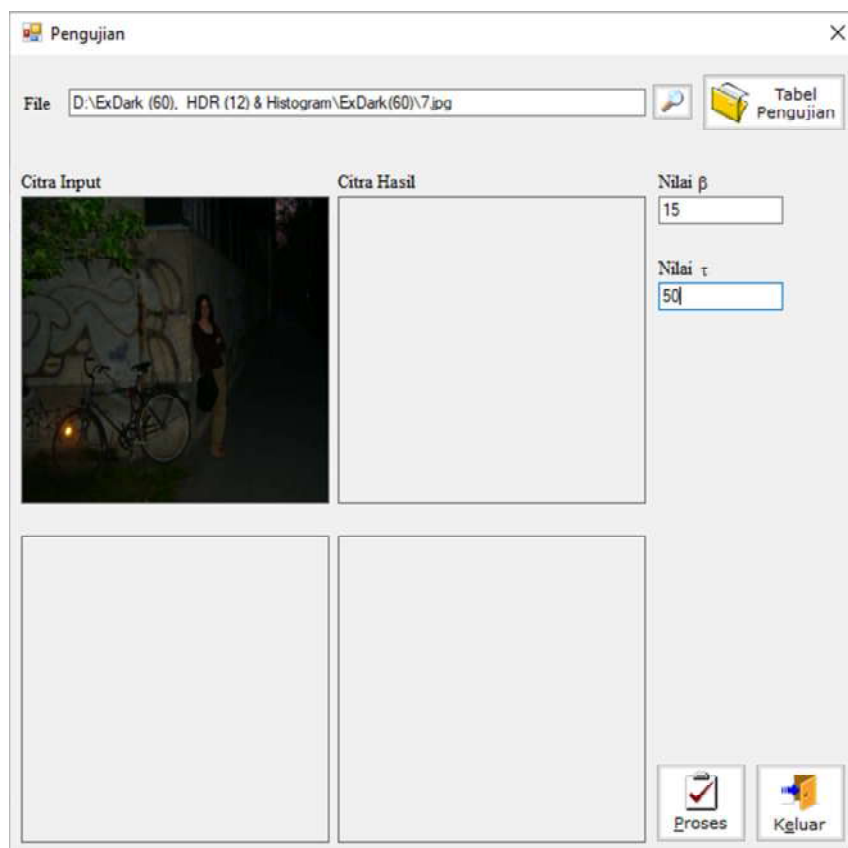
Gambar 4.8 Tampilan *Form* Pengujian

User dapat mengklik tombol *Browse* untuk memilih *file* yang akan diuji, sehingga sistem akan menampilkan kotak dialog *Open* seperti terlihat pada gambar berikut:



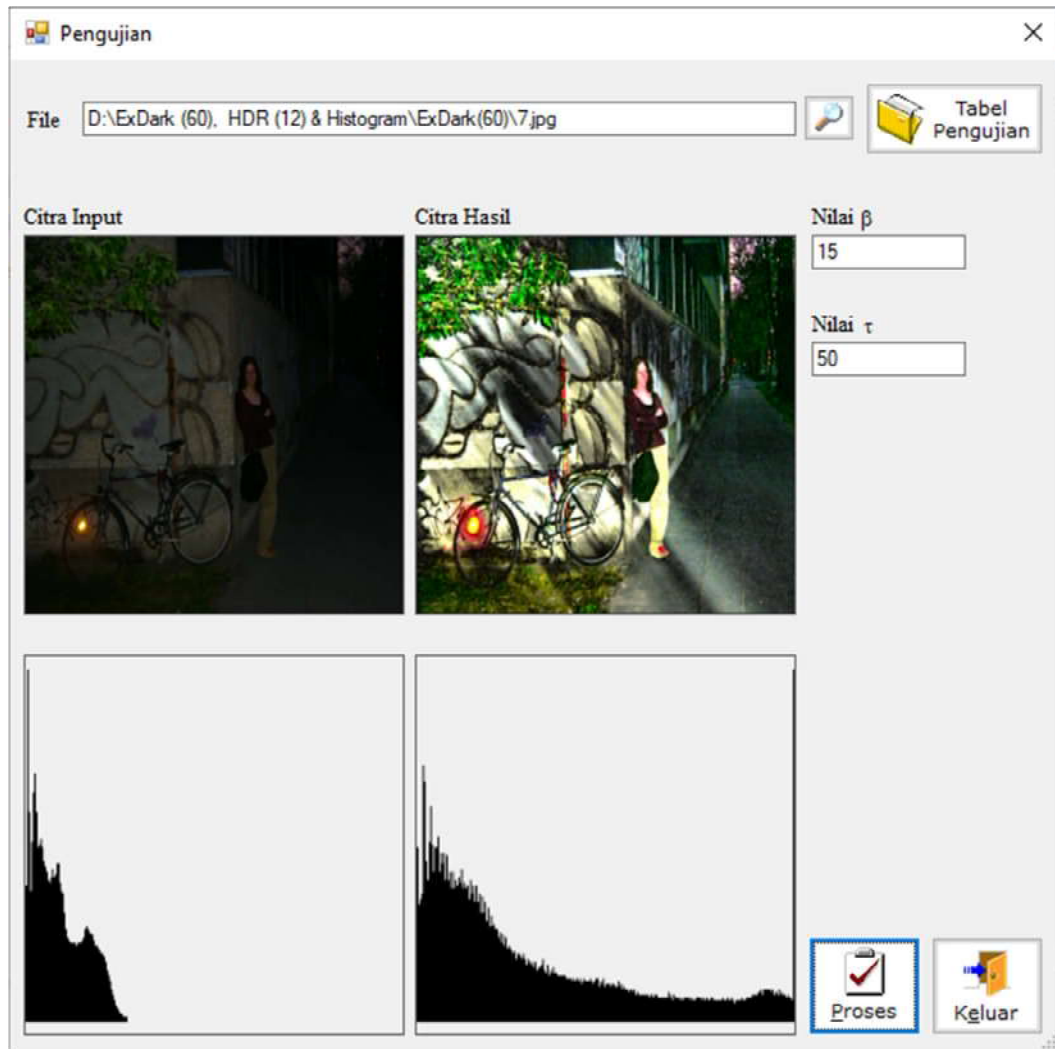
Gambar 4.9 Tampilan Kotak Dialog *Open*

Tampilan *form* Pengujian setelah pemilihan gambar dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.10 Tampilan *Form* Pengujian Setelah Pemilihan *File*

Klik tombol Proses untuk memulai proses pengujian. Tampilan *form* setelah proses pengujian dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.11 Tampilan *Form* Pengujian Setelah Proses

Untuk melihat hasil pengujian, maka *user* dapat mengklik tombol Tabel Pengujian sehingga sistem akan menampilkan *form* Tabel Pengujian seperti terlihat pada gambar berikut:

Gambar	Lama Waktu Perbaikan	SSIM
D:\ExDark (60), HDR (12) & Histogram\ExDark(60)\7.jpg	2390	4.7569898798569...
	0	0

Gambar 4.12 Tampilan *Form* Tabel Pengujian

4.2 Pengujian

Proses pengujian akan dilakukan dengan menggunakan metode *Structural Similarity Index Metrics* (SSIM). Proses pengujian akan menguji lama waktu eksekusi dari proses perbaikan kualitas citra dan proses pembesaran serta pengujian kualitas citra hasil perbaikan.

Hasil pengujian yang dilakukan terhadap variasi nilai skala dan ukuran dapat dirincikan dalam bentuk tabel seperti terlihat pada perincian tabel berikut:

No	Nama Citra	Ukuran Piksel	Nilai β	Nilai τ	Nilai SSIM
1	Bike2	1024 x 683	15	50	7,3435
2	Car3	1000 x 750	15	50	7,1819

3	Car6	599 x 403	15	50	7,9014
4	Rider	1600 x 1200	15	50	7,8550
5	Street	1024 x 768	15	50	4,7569

Berdasarkan hasil pengujian terhadap variasi nilai skala yang dilakukan, maka dapat diperoleh beberapa informasi berikut:

1. Pada bagian perbaikan kualitas citra dengan metode *Gradient Based Low Light Image Enhancement*, apabila nilai Beta lebih besar daripada nilai Teta menyebabkan citra memiliki kualitas yang kurang bagus karena citra lebih terdegradasi.
2. Proses perbaikan kualitas citra terhadap citra hasil perbaikan akan menyebabkan kualitas citra menjadi semakin menurun. Hal ini berarti bahwa metode *Gradient Based Low Light Image Enhancement* tidak boleh diterapkan beberapa kali terhadap citra.
3. Pada proses perbaikan kualitas citra, nilai Beta yang semakin tinggi akan menyebabkan citra menjadi kurang bagus kualitasnya.

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.

4. Pada metode *Gradient Based Low Light Image Enhancement*, nilai Beta harus lebih kecil daripada nilai Teta agar kualitas citra yang dihasilkan menjadi semakin bagus.
5. Metode *Gradient Based Low Light Image Enhancement* hanya dapat diterapkan satu kali saja pada citra *input*.
6. Nilai Beta yang digunakan pada metode *Gradient Based Low Light Image Enhancement* harus lebih kecil agar kualitas citra yang dihasilkan menjadi bagus.

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. Metode *Gradient Based Low Light Image Enhancement* dapat dikombinasikan dengan metode perbaikan kualitas citra lainnya agar dapat meningkatkan kualitas citra yang dihasilkan.

-
2. Disarankan untuk menambahkan proses pembesaran citra agar dapat melihat objek yang terdapat pada citra hasil perbaikan dengan lebih jelas.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, M., Tulus, T., & Ramli, M. (2018). Pemodelan Kontrol Balancing Robot Menggunakan Logika Fuzzy dengan Kalman Filter. *Jurnal Teknovasi: Jurnal Teknik dan Inovasi*, 3(1), 39-44.
- D. A. & Murinto, 2015. Aplikasi Pengolahan Citra Mendeteksi Kualitas Cabai Berdasarkan Tingkat Kematangan Menggunakan Transformasi Warna YCbCr. *Universitas Ahmad Dahlan*.
- Indra, Kusumanto, R. D., 2014. Pengolahan Citra Digital Untuk Mendeteksi Obyek Menggunakan Pengolahan Warna Model Normalisasi RGB. *Politeknik Negeri Sriwijaya*.
- Munir, R., 2014. Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Putra, D., 2010. Pengolahan Citra Digital. Yogyakarta: Andi
- Rizka, A., Efendi, S., & Sirait, P. (2018, September). Gain ratio in weighting attributes on simple additive weighting. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 420, No. 1, p. 012099). IOP Publishing.
- Rosida, S. (2021). PELATIHAN KETERAMPILAN PUBLIC SPEAKING DALAM KONTEN EDUKATIF MELALUI APLIKASI TIKTOK PADA REMAJA FAM (FORUM ANAK MEDAN). *Jurnal Bahasa Indonesia Prima (BIP)*, 3(2), 234-244.
- Sidik, A. P. (2019). Teknik Xor Pada Mode Operasi Algoritma Cipher Block Chaining (Cbc) Dengan Kunci Acak Blum Blum Shub Dalam Meningkatkan Keamanan Data. *Jurnal Mantik Penusa*, 3(2, Des).
- Sutoyo, T. et al., 2009. Teori Pengolahan Citra Digital. Yogyakarta: Andi Offset.
- Tanaka, M., Shibata, T. & Okutomi, M., 2018. Gradient-Based Low-Light Image Enhancement. <https://arxiv.org/abs/1809.09297>.
- Wulandari, M. 2017. Pengukuran SSIM dan analisis Kinerja metode interpolasi untuk peningkatan kualitas citra digital. *Universitas Tarumanegara*.
- Youssif, A. A., Darwish, A. A. & Madblouly, A. M. M., 2010. Adaptive Algorithm for Image Denoising Based on Curvelet Threshold. <https://pdfs.semanticscholar.org/e8dd/49b08b4aa3552e509fe84ddfc69671a655fl.pdf>