

PERBANDINGAN METODE *HIGH-FREQUENCY EMPHASIS* (HFE) DAN *CONTRAST LIMITED ADAPTIVE HISTOGRAM EQUALIZATION* (CLAHE) DALAM PERBAIKAN KUALITAS CITRA PENGINDERAAN JAUH (*REMOTE SENSING*)

Andi Irvan Zakaria¹, Ernawati², Arie Vatesia³, Widhia KZ Oktoeberza⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu
Jl. W.R. Supratman Kandang Limun Bengkulu 38371A Indonesia
(Telp : 0736-341022; fax: 0736-341022)

¹andi.irvan.zakaria@gmail.com

²ernawati@unib.ac.id

³arie.vatesia@unib.ac.id

⁴widhiakz@unib.ac.id

Abstrak: Citra penginderaan jauh merupakan objek hasil perekaman sensor ataupun suatu aplikasi pemantau penginderaan jauh. Namun terkadang citra yang dihasilkan memiliki kualitas yang rendah. Metode *High-Frequency Emphasis* (HFE) dan *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE) merupakan algoritme yang baik dalam memperbaiki kualitas citra penginderaan jauh (*remote sensing*). Metode HFE bersifat mempertahankan frekuensi tinggi dan menekan frekuensi rendah. Pada penelitian ini, metode CLAHE mampu meningkatkan 8 citra dari 20 citra SAS-planet yang diujikan. Sedangkan pada metode HFE hanya 4 citra yang memiliki PSNR di atas 30 dB. Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa performa CLAHE lebih baik dibanding metode HFE dalam meningkatkan kualitas citra penginderaan jauh.

Kata kunci: Citra Penginderaan Jauh, HFE, CLAHE.

Abstract: *Remote sensing image is the object of sensor recording or a remote sensing monitoring application. But sometimes the resulting image has a low quality. High-Frequency Emphasis (HFE) and Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) methods are good algorithms in improving the quality of remote sensing images. The HFE method is to maintain high frequencies and suppress low frequencies. The CLAHE method operates on the tile, the contrast found in each tile will be corrected, so that the histogram generated from the area matches the specified histogram. The CLAHE method is able to improve 8 images from 20 SAS-planet images tested. Whereas in the HFE method only 4 images had PSNR above 30 dB. The results of this study indicate that CLAHE's performance is better than the HFE method in improving the quality of remote sensing images.*

Keywords: Remote Sensing Image, HFE, CLAHE.

I. PENDAHULUAN

Masalah umum dalam sistem penginderaan jauh adalah hasil perekaman citra satelit yang terkadang berbeda (warna) dengan objek aslinya. Hal ini dipengaruhi oleh faktor atmosfer bumi, nilai reflektan (energi pantulan), ataupun kondisi cuaca. Teknik meningkatkan kualitas citra (mempertajam citra satelit) membuat gambar lebih mudah untuk dianalisa dan diinterpretasi.

Ada beberapa teknik yang dapat digunakan dalam meningkatkan kualitas, salah satunya dengan teknik *image enhancement*. *Image enhancement* merupakan proses perbaikan citra dengan meningkatkan kualitas citra baik kontras maupun kecerahan. Proses ini bisa dilakukan pada berbagai jenis citra termasuk citra penginderaan

jauh (*remote sensing*). Hal yang biasa dilakukan adalah memperbaiki nilai kontras pada citra satelit agar data citra satelit menjadi lebih tajam [3].

Beberapa penelitian terkait perbaikan/peningkatan kualitas citra sudah banyak dilakukan, diantaranya adalah penelitian oleh Agfianto Eko Putra dan Rama Ali pada tahun 2015. Metode *High-Pass Filtering* dan *High-Boost* diimplementasikan untuk mempertajam citra foto bunga yang sebelumnya terlihat buram [4]. Hasilnya, objek tampak lebih jelas dan batas tepian objek menjadi lebih tegas. Perbaikan kualitas citra berbasis *high-pass filtering* juga dilakukan oleh Maher I. Rajab et al. pada citra radiografi *X-ray* [5]. Setelah diterapkan metode *high-frequency emphasis filtering*, citra uji tersebut menjadi lebih bersih dan jelas.

Penelitian lainnya dilakukan oleh Dina Indriana pada tahun 2015 yang menerapkan metode *contrast limited adaptive histogram equalization* (CLAHE) pada citra *underwater* [6]. Hasilnya, terlihat kenaikan kontras pada citra hasil uji. Beberapa point yang awalnya terlihat samar, setelah diterapkan metode CLAHE menjadi sangat jelas. Citra *remote sensing* sebenarnya memiliki kesamaan karakteristik dengan citra *underwater*, yang sangat bergantung pada pencahayaan dan juga harus memiliki kejelasan pada point tertentu dalam citra agar citra dapat dimanfaatkan dengan baik.

Jianjun Zhao et al. dalam penelitiannya pada tahun 2009 yang berjudul "A New Approach to Hand Vein Image Enhancement" menggunakan metode *high frequency emphasis*" pada citra pembuluh vena [7]. Hasilnya mampu meningkatkan kontras tekstur dan *background* vena yang memiliki arti penting untuk segmentasi tekstur.

Berdasarkan penjelasan penelitian terkait di atas, diketahui bahwa metode *enhancement* berbasis *high pass filtering* dan CLAHE sama-sama memiliki kemampuan dalam meningkatkan kualitas citra. Namun, untuk mengetahui metode mana yang memiliki performa terbaik tidak bisa dilakukan hanya dengan penilaian secara visual/kualitatif saja. Terlebih lagi jika kedua metode *enhancement* (peningkatan) tersebut diterapkan pada citra/objek yang berbeda dari penelitian asalnya.

Maka dari itu, untuk melengkapi penelitian terkait *remote sensing*, maka dalam penelitian ini dilakukan perbandingan metode *high-frequency emphasis* (HFE) dan *contrast limited adaptive histogram equalization* (CLAHE) untuk memperbaiki kualitas citra *remote sensing*. Penjelasan terkait metodologi yang digunakan dalam penelitian ini dijelaskan pada Bab II. Bab III memaparkan hasil dan pembahasan sedangkan kesimpulan disajikan pada Bab IV.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Perbaikan Kualitas Citra (*Image Enhancement*)

Perbaikan kualitas citra (*image enhancement*) merupakan salah tahapan dalam proses awal pengolahan citra (*image pre-processing*). Seringkali citra objek mempunyai kualitas yang buruk, misalnya citra mengalami derau (*noise*) pada saat pengiriman melalui saluran transmisi, citra terlalu terang/gelap, citra kurang tajam, kabur dan sebagainya. Dengan proses perbaikan kualitas citra akan dihasilkan citra yang lebih mudah diinterpretasikan oleh mata manusia. Selain itu, proses ini akan semakin memperjelas ciri/*feature* dari suatu citra. Secara matematis, *image enhancement* dapat diartikan sebagai proses

mengubah citra $f(x, y)$ menjadi $f'(x, y)$ sehingga ciri-ciri yang dilihat pada $f(x, y)$ lebih ditonjolkan [8].

Ada beberapa teknik yang dapat digunakan dalam meningkatkan kualitas, salah satunya dengan teknik *image enhancement*. *Image enhancement* merupakan proses perbaikan citra dengan meningkatkan kualitas citra baik kontras maupun kecerahan. Proses ini bisa dilakukan pada berbagai jenis citra termasuk citra penginderaan jauh (*remote sensing*). Hal yang biasa dilakukan adalah memperbaiki nilai kontras pada citra satelit agar data citra satelit menjadi lebih tajam [9].

B. Penginderaan Jauh (*Remote Sensing*)

Penginderaan jauh dalam bahasa Inggris disebut *remote sensing*, Lilesand et al. [10] mengatakan bahwa penginderaan jauh adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, daerah, atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat/aplikasi pemantau tanpa kontak langsung dengan objek, daerah, atau fenomena yang dikaji [1]. Sedangkan citra penginderaan jauh merupakan hasil perekaman digital mengenai suatu objek ataupun informasi dari perekaman sensor ataupun aplikasi pemantau penginderaan jauh.

C. Algoritme *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE)*

Kontras adalah tingkat penyebaran piksel-piksel ke dalam intensitas warna. Ada tiga macam kontras, yaitu kontras rendah, kontras tinggi, kontras normal [11].

1. Citra kontras rendah

Citra yang memiliki kontras rendah dapat terjadi karena kurangnya pencahayaan dan memiliki kurva histogram yang sempit (tepi paling kanan berdekatan dengan tepi paling kiri).

Akibatnya sebaran intensitas terang atau gelap tidak merata. Jika pengelompokan nilai-nilai piksel berada di bagian kiri (yang berisi nilai keabuan yang rendah), citranya cenderung gelap. Jika pengelompokan nilai-nilai piksel berada di bagian kanan (yang berisi nilai keabuan yang tinggi), citranya cenderung terang.

2. Citra kontras tinggi

Citra dikatakan memiliki kontras tinggi bila memiliki kurva histogram yang terlalu lebar. Akibatnya sebaran intensitas terang dan gelap merata keseluruhan skala intensitas.

3. Citra kontras normal

Citra memiliki kontras normal bila lebar kurva histogram tidak terlalu sempit dan tidak terlalu lebar.

Histogram equalization adalah salah satu metode yang digunakan untuk meningkatkan kontras gambar yang diberikan. Gambar yang disempurnakan memiliki distribusi abu-abu yang seragam level. Hal ini berkaitan dengan jenis histogram dalam memperbaiki kontras secara berurutan [12].

Adaptive histogram equalization (AHE) memperbaiki kelemahan pada *histogram equalization* sebelumnya, yaitu menemukan pemetaan untuk setiap piksel berdasarkan lokalnya (lingkungan) distribusi skala abu-abu. Dalam metode ini yang dikembangkan secara independen adalah di pemetaan peningkatan kontras yang diterapkan untuk suatu hal tertentu [13]. *Adaptive Histogram Equalization (AHE)* merupakan teknik perbaikan kontras citra dengan meningkatkan kontras lokal citra. Lokal citra ini terbentuk dari suatu *region size* yang terdiri dari grid-grid simetris pada citra. Struktur *region size* terbagi menjadi tiga, yaitu *corner region (CR)* bagian yang berada di sudut citra, *border region (BR)*

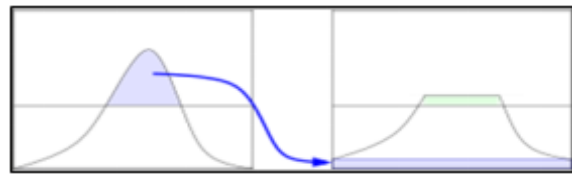
bagian tepi kecuali CR, dan *inner region* (IR) bagian yang berada di tengah (tersaji pada Gambar 1). Ketiga struktur *region size* memiliki karakteristik ketetangaan yang berbeda-beda [14].

Permasalahan peningkatan kontras yang terlalu berlebihan pada AHE dapat diatasi dengan menggunakan CLAHE, yaitu memberikan nilai batas pada histogram. Nilai batas ini disebut dengan *clip limit* dimana menyatakan batas maksimum tinggi suatu histogram. Metode CLAHE melakukan pemerataan piksel pada histogram yang melebihi nilai *clip limit*, dan akan didistribusikan kepada area sekitar di bawah *clip limit* sehingga histogram merata [15]. Ilustrasi distribusi *excess* piksel pada Gambar 2.

Metode CLAHE ini dapat meningkatkan kualitas sebuah citra yang memiliki kontras yang rendah yang kemudian akan terjadi perubahan intensitas warna. Metode CLAHE beroperasi pada area kecil pada citra yang biasa disebut *tile*. Kontras yang terdapat pada tiap-tiap *tile* diperbaiki sehingga histogram yang dihasilkan dari area tersebut cocok dengan bentuk histogram yang ditentukan. *Tile* yang saling bersebelahan dihubungkan dengan menggunakan interpolasi bilinear. Cara ini dilakukan agar hasil penggabungan *tile-tile* tadi terlihat halus [6].

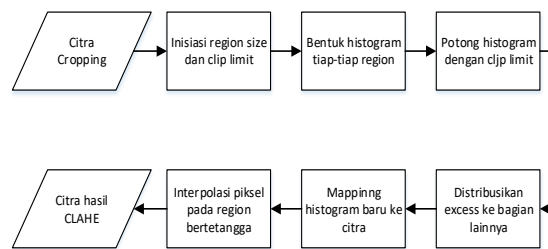
CR	BR	BR	CR
BR	IR	IR	BR
BR	IR	IR	BR
CR	BR	BR	CR

Gambar 1. Struktur *region size* [17]



Gambar 2. Distribusi *excess pixel* pada histogram [16].

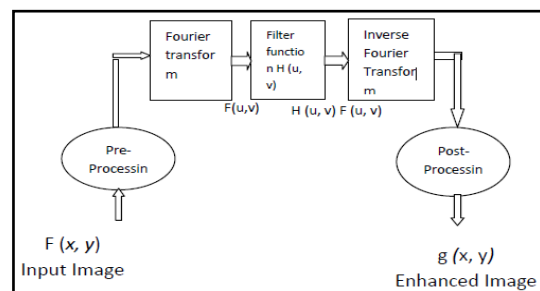
Alur proses metode CLAHE didefinisikan pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3 Diagram alur proses CLAHE [7]

D. Algoritme High-Frequency Emphasis (HFE)

Frekuensi dalam citra terkait dengan perbedaan intensitas antar piksel bertetangga atau berdekatan. Dua buah piksel yang saling berdekatan dengan perbedaan intensitas yang besar dikatakan memiliki frekuensi yang besar dibandingkan dengan dua piksel yang perbedaan intensitasnya kecil. *High frequency emphasis* (HFE) adalah jenis pemfilteran *2-D Fourier* yang membutuhkan langkah-langkah seperti pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4 Langkah *filtering* HFE [17].

Langkah-langkah *filtering* metode HFE adalah sebagai berikut [11]:

1. *Input* citra uji yang akan diolah
2. Transformasi citra dengan fungsi *fourier transform* ($F(u,v)$)

3. Menerapkan fungsi *high pass filtering* ($H(u,v)$)
4. Melakukan proses *invers fourier transform*

High pass filtering merupakan suatu metode *filtering* yang melewati frekuensi tinggi dengan baik, tetapi mengurangi frekuensi yang lebih rendah dari frekuensi *cut-off*. Pada dasarnya *sharpening* adalah operasi *high-pass* di domain frekuensi. *High-pass filter* adalah langkah utama yang penting dalam meningkatkan citra. Karena *high-pass* mengurangi nilai rata-rata suatu gambar, gambar yang difilter akan kehilangan sebagian besar latar belakang nada suara hadir dalam aslinya. Untuk masalah ini, *offset* dapat ditambahkan ke *high-pass filtering*.

Ketika *offset* dikombinasikan dengan produk *filter* dikalikan dengan konstanta lebih besar dari 1, pendekatan ini disebut penyaringan penekanan frekuensi tinggi.

E. MSE dan PSNR

MSE (*mean squared error*) merupakan tolak ukur keberhasilan kinerja perbaikan suatu citra, sedangkan PSNR (*peak signal to noise ratio*) merupakan parameter yang membandingkan kualitas citra asli dengan kualitas citra yang telah diolah. Semakin rendah nilai MSE dan semakin mendekati 0 (nol), maka semakin bagus kualitas citra tersebut dan semakin mirip dengan citra aslinya. Namun sebaliknya dengan PSNR, semakin tinggi nilai PSNR maka semakin bagus kualitas citra tersebut [6].

Kualitas citra dikatakan baik jika nilai PSNR di atas 30 dB. Dengan kata lain, citra yang memiliki nilai PSNR di bawah 30 dB dapat dinyatakan bahwa citra tersebut mengalami degradasi dan tidak dapat dipertimbangkan untuk

analisis lebih lanjut [18]. Secara matematis, MSE dan PSNR masing-masing dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 1 dan persamaan 2 di bawah ini [19]:

$$MSE = \frac{1}{m \times n} \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{m-1} [f(i,j) - g(i,j)]^2 \quad (1)$$

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{MAX^2}{MSE} \quad (2)$$

Keterangan :

m, n : Dimensi citra yang akan diproses

$I(i, j)$: Nilai *pixel* citra asli pada koordinat (i, j)

$K(i, j)$: Nilai *pixel* citra hasil perbaikan pada koordinat (i, j)

MAX_i : Nilai *pixel* maksimum pada citra asli [20]

III. METODE PENELITIAN

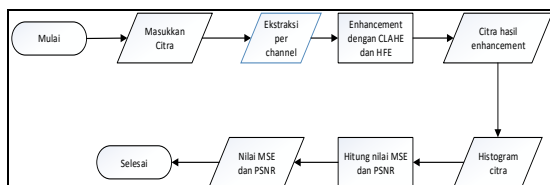
A. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini adalah metode dokumentasi. Metode dokumentasi merupakan metode pengumpulan data dengan melihat atau menganalisis dokumen-dokumen yang dibuat oleh subjek sendiri atau orang lain tentang subjek. Dokumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra satelit pada beberapa titik *sample* di Provinsi Bengkulu yang diambil menggunakan aplikasi SAS_Planet.

Citra yang didapat dari aplikasi SAS_Planet berupa citra dengan format *.jpg (RGB) sebanyak 20 citra yang diambil dari 20 titik/wilayah di provinsi Bengkulu. Dengan aplikasi SAS_Planet, citra di-*crop* dengan dengan resolusi 1033 x 599 sampai dengan 1051 x 626 pixel setelah di-*zoom* sebanyak 19x.

B. Metode Pengolahan Data

Pengolahan data merupakan suatu proses dalam memperoleh data ringkasan atau angka ringkasan dengan menggunakan cara-cara atau rumus-rumus tertentu. Seperti yang tersaji pada Gambar 5, ada empat tahapan utama yang dilakukan dalam penelitian ini, yaitu ekstraksi *channel*, proses *enhancement*, menampilkan histogram citra, dan menghitung nilai MSE dan PSNR. Citra uji yang digunakan merupakan citra dengan ruang warna RGB yang memiliki tiga *channel* yaitu *red*, *green*, dan *blue channel*.



Gambar 5. Flowchart tahapan penelitian

Pengguna (*user*) akan memulai proses dengan memasukkan citra uji (RGB) berformat *.jpg ke dalam aplikasi. Kemudian dilakukan ekstraksi *channel* untuk mendapatkan tiga *channel* yaitu *red*, *green*, dan *blue* secara terpisah yang bertujuan untuk memfasilitasi proses *enhancement*. Selanjutnya ketiga *channel* tersebut diberikan perlakuan yang sama, yaitu diproses dengan dua metode *enhancement*, metode *contrast limited adaptive histogram equalization* (CLAHE) dan metode *high-frequency emphasis* (HFE). Kedua metode ini bekerja pada satu *channel*, maka dari itu dilakukan ekstraksi *channel* pada citra RGB. Citra hasil *enhancement* akan ditampilkan kembali dalam ruang warna RGB, artinya citra *output* tetap memiliki tiga *channel* dalam satu kesatuan (tidak terpisah-pisah).

Setelah proses *enhancement* selesai dilakukan, maka histogram dari citra uji dan citra hasil *enhancement* dengan kedua metode tersebut dapat ditampilkan. Histogram yang ditampilkan

merupakan histogram dari setiap *channel*, sehingga dapat dilihat lebih rinci perbedaan histogram sebelum dan sesudah proses *enhancement*.

Terakhir, nilai MSE dan PSNR dari proses *enhancement* yang telah dilakukan dapat dihitung. Nilai MSE dan PSNR yang diperoleh berasal dari ketiga *channel* secara terpisah. Hal ini juga bertujuan untuk melihat secara lebih rinci sejauh mana perubahan kualitas citra setelah diterapkan metode CLAHE dan HFE. Jadi akan dihasilkan enam nilai MSE (tiga MSE CLAHE dan tiga MSE HFE) dan enam nilai PSNR (tiga PSNR CLAHE dan tiga PSNR HFE).

C. Metode Pengujian Sistem

Proses pengujian yang dilakukan pada sistem yang dibuat menggunakan pengujian *black box* yang meliputi pengujian *alpha* dengan mengamati hasil eksekusi antarmuka melalui data uji dan memeriksa fungsional dari aplikasi yang telah dibuat. Pengujian dilakukan untuk menguji apakah aplikasi mampu membandingkan kinerja metode *contrast limited adaptive histogram equalization* (CLAHE) dan metode *high-frequency emphasis* (HFE) dalam perbaikan kualitas citra (*enhancement*).

Black box testing adalah pengujian perangkat lunak dari segi spesifikasi fungsional tanpa menguji desain dan kode program. Pengujian dimaksudkan untuk mengetahui apakah fungsi-fungsi, masukan, dan keluaran dari perangkat lunak sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan (Rossa A.S, 2018)[21]

Black box testing dilakukan dengan membuat kasus uji yang bersifat mencoba semua fungsi dengan memakai perangkat lunak apakah sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan. Kasus uji yang dibuat untuk melakukan *black box testing*

harus dibuat dengan kasus yang benar dan kasus yang salah. *Black box testing* berusaha untuk menemukan kesalahan dalam beberapa kategori (Pressman, 2012)[22] diantaranya adalah:

- 1) Fungsi-fungsi yang hilang
- 2) Kesalahan *interface*
- 3) Kesalahan dalam struktur data atau akses *database* internal
- 4) Kesalahan performa
- 5) Kesalahan inisialisasi atau terminasi

Tidak seperti metode *whitebox*, yang dilaksanakan diawal proses, *black box testing* diaplikasikan di beberapa tahapan berikutnya. Hal ini dikarenakan *black box testing* dengan sengaja mengabaikan struktur kontrol (Pressman, 2012) [22].

Adapun langkah-langkah yang terdapat di dalam *black box testing* adalah sebagai berikut:

- a) Pengujian *alpha*. Pengujian dapat dilakukan dengan cara melakukan pengujian operasional yaitu menampilkan setiap subfungsi dan menjalankannya. Kemudian untuk melihat keberhasilan fungsionalitas dari antarmuka aplikasi yang ditampilkan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3).

Keberhasilan fungsional

$$= \frac{\text{jumlah skenario yang berhasil}}{\text{total jumlah skenario yang dibuat}} \times 100\% \quad (3)$$

IV. ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

A. Analisis Masalah

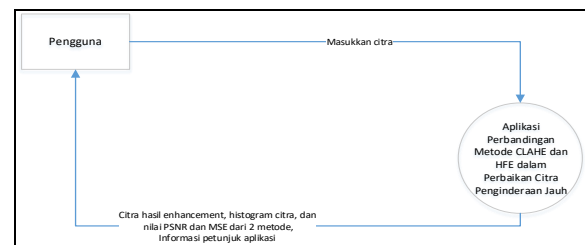
Analisis masalah merupakan tahapan Seperti yang dibahas pada latar belakang penelitian ini, bahwa suatu citra terkadang memiliki kualitas yang kurang baik, sehingga perlu dilakukan *enhancement* (perbaikan kualitas citra). Citra yang menjadi bahan uji adalah citra foto penginderaan jauh (*remote sensing*) yang diambil dengan

menggunakan aplikasi SAS_Planet. Dalam memperbaiki kualitas citra, perlu diketahui metode apa yang tepat untuk memperbaiki kualitas citra tersebut sesuai dengan karakteristik dari citra yang ingin diperbaiki. Untuk itu, aplikasi yang ingin dirancang adalah untuk membandingkan dua metode dalam perbaikan kualitas citra (*enhancement*), yaitu metode *contrast limited adaptive histogram equalization* (CLAHE) dan *high frequency emphasis*. Membandingkan metode dengan melihat perbandingan nilai MSE dan PSNR pada masing-masing metode dalam memperbaiki kualitas citranya.

B. Perancangan Data Flow Diagram (DFD)

1. Diagram Konteks

Diagram konteks atau bisa juga disebut diagram level 0 merupakan diagram tertinggi di dalam DFD yang menggambarkan alur serta hubungan sistem dengan lingkungan secara garis besar. Diagram level 0 dari aplikasi *enhancement* citra SAS_planet ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram Konteks

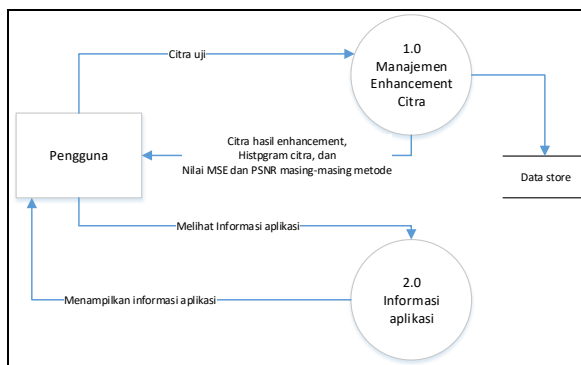
Pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa sistem memiliki satu proses dan satu entitas. Proses yang digambarkan pada diagram konteks tersebut merupakan proses inti dari aplikasi yang akan dibangun. Sedangkan entitas pada diagram konteks merupakan *user* atau orang yang nantinya akan berinteraksi dengan sistem.

Pengguna dapat melakukan interaksi terhadap sistem dengan memasukkan citra uji. Kemudian sistem akan menampilkan hasil citra yang telah

diperbaiki kualitasnya (hasil *enhancement*), histogram citra, dan informasi nilai MSE dan PSNR dari masing-masing metode, serta informasi penggunaan aplikasi *enhancement* citra SAS_planet kepada *user*.

2. Diagram Level 1

Gambar 7 merupakan diagram level 1 pada aplikasi *enhancement* citra SAS_planet. Pada diagram level 1 ini terdapat duabua proses yang menggambarkan aplikasi yang akan dibangun, yaitu proses manajemen *enhancement* citra dan proses manajemen informasi aplikasi.



Gambar 7. Diagram Level 1

1. Proses Manajemen *Enhancement* Citra

Merupakan proses memperbaiki kualitas citra (*enhancement*) dengan menggunakan metode *contrast limited adaptive histogram equalization* (CLAHE) dan *high-frequency emphasis* (HFE). Pada proses ini juga dapat menampilkan histogram citra, nilai MSE dan PSNR citra hasil *enhancement* dari kedua metode tersebut.

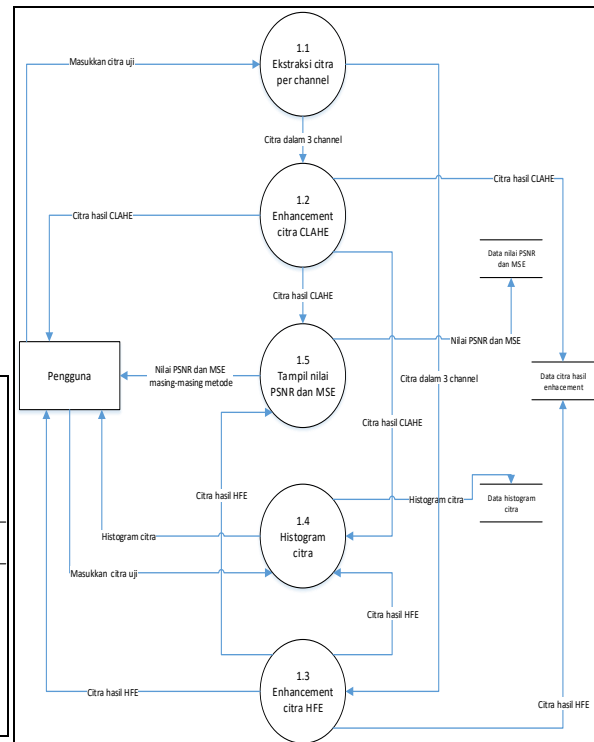
2. Proses Manajemen Informasi Aplikasi

Merupakan proses yang memberikan informasi mengenai cara penggunaan aplikasi *enhancement* citra SAS_planet.

3. Diagram level 2

Diagram level 2 proses 1 dari aplikasi *enhancement* citra SAS_planet ditunjukkan pada Gambar 8. Diagram level 2 merupakan

diagram yang menjelaskan secara terperinci dari setiap proses pada level 1 yang masih bisa diturunkan lagi.



Gambar 8. Diagram Level 2 Proses 1

Gambar 8 merupakan gambar diagram level 2 dari proses 1 yang memiliki empat proses. Proses yang pertama, *user* memasukkan cira uji terlebih dahulu ke dalam sistem/aplikasi. Citra uji tersebut selanjutnya akan dikenakan proses ekstraksi *channel* citra uji untuk memisahkan *channel red*, *green*, dan *blue*. Kemudian, *user* akan masuk pada proses yang kedua yaitu memproses setiap *channel* citra dengan dua metode *enhancement* CLAHE dan HFE.

Selanjutnya, sistem akan menampilkan citra hasil *enhancement* dan menyimpannya ke dalam folder penyimpanan (*data store*). Proses ketika akan menampilkan histogram citra asli dan citra hasil *enhancement* yang kemudian disimpan ke dalam suatu *data store*. Sedangkan pada proses

yang ke-empat, dilakukan perhitungan nilai MSE dan PSNR citra hasil *enhancement* dari kedua metode tersebut dan disimpan ke dalam suatu *data store* file excel.

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi Sistem

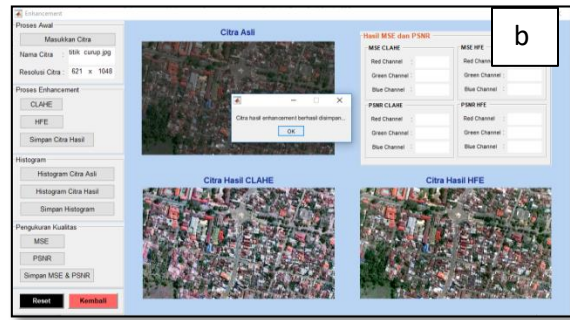
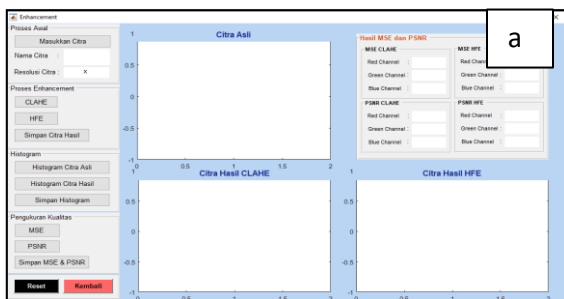
1. Halaman Utama

Halaman utama pada sebuah aplikasi adalah halaman yang memuat topik utama dari aplikasi. Halaman utama (Gambar 9) pada aplikasi ini muncul pertama kali saat aplikasi ini dijalankan. Pada halaman utama ini akan terlihat judul aplikasi, identitas pembuat aplikasi dan tiga menu pilihan, yaitu menu *enhancement*, informasi, dan keluar.



Gambar 9. Halaman Utama

2. Halaman Enhancement



Gambar 10. (a) Halaman *enhancement*, (b) Halaman hasil *enhancement*

Gambar 10 (a) di atas merupakan tampilan *default* halaman “*enhancement*” yang tampil ketika pengguna menekan tombol *enhancement* pada halaman utama. Gambar di atas merupakan tampilan ketika belum terjadi proses apapun (*default interface*). Dan Gambar 10 (b) merupakan halaman tampilan hasil *enhancement*.

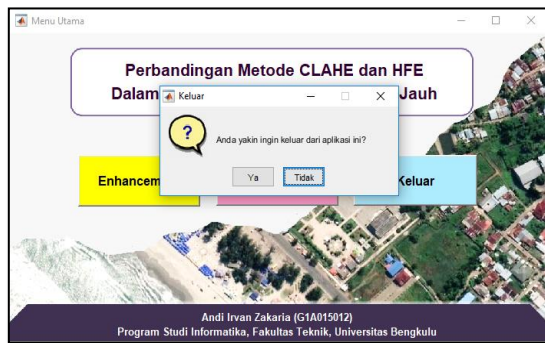
3. Halaman Informasi



Gambar 11. Tampilan halaman informasi

Gambar 11 merupakan tampilan halaman informasi ketika menekan tombol “Informasi” pada halaman utama. Halaman ini akan menampilkan langkah-langkah proses *enhancement* pada aplikasi yang telah dibuat.

4. Keluar



Gambar 12. Tampilan menu keluar

Gambar 12 merupakan tampilan untuk keluar dari jalannya aplikasi, yaitu ketika menekan menu “Keluar” pada halaman utama. Akan ditampilkan pesan berupa pertanyaan “Anda yakin ingin keluar dari aplikasi?”, dan dua pilihan jawaban. Pilih

“Ya” untuk keluar aplikasi dan “Tidak” untuk tetap berada dihalaman utama.

B. Pengujian Black Box

Pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan *black box testing*. *Black box testing* adalah pengujian yang dilakukan untuk mengamati hasil eksekusi antarmuka melalui data uji dan memeriksa fungsional dari aplikasi yang telah dibuat. Pengujian *black box* merupakan metode perancangan data uji yang didasarkan pada spesifikasi perangkat lunak. Tabel 1 menunjukkan skenario dan hasil yang dicapai dari *black box testing* pada aplikasi *enhancement* citra SAS_planet yang telah dibangun.

Tabel 1. Hasil Pengujian *Black box*

No.	Aktivitas Pengujian	Realisasi yang diharapkan	Hasil
Halaman Utama			
1	Klik menu Enhancement	Tampil halaman Enhancement	[<input checked="" type="checkbox"/>] Berhasil [<input type="checkbox"/>] Tidak Berhasil
2	Klik menu Informasi	Tampil informasi petunjuk aplikasi	[<input checked="" type="checkbox"/>] Berhasil [<input type="checkbox"/>] Tidak Berhasil
3	Klik menu keluar	Tampil kotak dialog untuk keluar dari aplikasi	[<input checked="" type="checkbox"/>] Berhasil [<input type="checkbox"/>] Tidak Berhasil
4	Klik opsi "Ya"	Keluar dari aplikasi	[<input checked="" type="checkbox"/>] Berhasil [<input type="checkbox"/>] Tidak Berhasil
5	Klik opsi "Tidak"	Kembali ke halaman utama aplikasi	[<input checked="" type="checkbox"/>] Berhasil [<input type="checkbox"/>] Tidak Berhasil
Proses			
6	Klik tombol Masukkan Citra	Tampil kotak dialog untuk memilih citra uji, citra uji tampil dilengkapi nama citra dan resolusi citra	[<input checked="" type="checkbox"/>] Berhasil [<input type="checkbox"/>] Tidak Berhasil
7	Pada label <i>enhancement</i> , klik tombol CLAHE	Tampil citra hasil enhancement dengan metode CLAHE	[<input checked="" type="checkbox"/>] Berhasil [<input type="checkbox"/>] Tidak Berhasil
8	Pada label <i>enhancement</i> , klik tombol HFE	Tampil citra hasil enhancement dengan metode HFE	[<input checked="" type="checkbox"/>] Berhasil [<input type="checkbox"/>] Tidak Berhasil
9	Klik tombol Simpan Citra Hasil	Tampil kotak dialog citra hasil berhasil disimpan	[<input checked="" type="checkbox"/>] Berhasil [<input type="checkbox"/>] Tidak Berhasil
10	Klik tombol Histogram Citra Asli	Tampil histogram citra asli	[<input checked="" type="checkbox"/>] Berhasil [<input type="checkbox"/>] Tidak Berhasil

11	Klik tombol Histogram Citra Hasil	Tampil histogram citra hasil enhancement	<input checked="" type="checkbox"/> Berhasil <input type="checkbox"/> Tidak Berhasil
12	Klik tombol Simpan Histogram	Tampil kotak dialog histogram citra berhasil disimpan	<input checked="" type="checkbox"/> Berhasil <input type="checkbox"/> Tidak Berhasil
13	Klik tombol MSE	Tampil nilai MSE	<input checked="" type="checkbox"/> Berhasil <input type="checkbox"/> Tidak Berhasil
14	Klik tombol PSNR	Tampil nilai PSNR	<input checked="" type="checkbox"/> Berhasil <input type="checkbox"/> Tidak Berhasil
15	Klik tombol Simpan Nilai MSE & PSNR	Tampil kotak dialog Nilai MSE dan PSNR berhasil disimpan	<input checked="" type="checkbox"/> Berhasil <input type="checkbox"/> Tidak Berhasil
No.	Aktivitas Pengujian	Realisasi yang diharapkan	Hasil
16	Klik tombol <i>Reset</i>	Membersihkan layar dari proses enhancement yang dilakukan	<input checked="" type="checkbox"/> Berhasil <input type="checkbox"/> Tidak Berhasil
17	Klik tombol Kembali	Kembali ke halaman utama aplikasi	<input checked="" type="checkbox"/> Berhasil <input type="checkbox"/> Tidak Berhasil
Jumlah Skenario yang Berhasil			17
Total Skenario			17
Keberhasilan Fungsional Sistem			100%

Dari 17 skenario *black box testing* yang dilakukan, seluruh skenario memberikan hasil sesuai dengan yang diharapkan. Dari pencapaian tersebut, dapat dilakukan perhitungan tingkat keberhasilan fungsionalitas sistem dengan formulasi sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Keberhasilan fungsional} &= \frac{17}{17} \times 100 \% \\ &= 100\% \end{aligned}$$

Hasil tersebut mengindikasikan bahwa fungsionalitas sistem yang dicapai masuk dalam kriteria sangat kuat/sangat efektif.

VI. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Metode HFE dan CLAHE memiliki performa yang berbeda-beda dalam meningkatkan kualitas citra. Pada citra SAS_planet yang berkontras rendah, kedua metode tersebut sama-sama mampu meningkatkan kontras citra menjadi lebih baik. Hal ini ditunjukkan dengan persebaran histogram yang lebih melebar

dan merata dari intensitas terendah hingga intensitas tertinggi. Namun, kinerja kedua metode tersebut tidak terlalu berpengaruh jika diproses pada citra yang sudah memiliki kontras baik (kontras normal bahkan cenderung tinggi).

2. Performa metode HFE dan CLAHE secara kualitatif dapat dilakukan dengan menganalisis visual citra. Pada citra SAS_planet yang memiliki kontras rendah, metode HFE dan CLAHE sama-sama mampu membuat citra terlihat lebih jelas, tajam dan tidak menghilangkan informasi/detail objek. Baik itu pada area objek berfrekuensi rendah maupun berfrekuensi tinggi.

Hasil metode HFE pada citra yang sudah memiliki kontras baik, area objek berfrekuensi tinggi cenderung kehilangan detail objek tersebut. Hal ini dikarenakan prinsip kerja dari metode HFE yang akan semakin meningkatkan intensitas area frekuensi tinggi. Tetapi hal ini tidak terjadi pada metode CLAHE, karena

metode CLAHE fokus untuk meningkatkan kontras dengan memperlebar persebaran histogramnya. Selain itu, metode CLAHE memberikan perlakuan yang sama pada keseluruhan area objek tanpa membedakan frekuensinya, sehingga informasi detail objek area berfrekuensi rendah maupun tinggi tetap bisa dipertahankan.

3. Performa metode HFE dan CLAHE dalam meningkatkan kualitas citra dapat dilihat berdasarkan nilai MSE dan PNSR yang diperoleh. Hanya citra dengan nilai MSE yang semakin mendekati 0 (no) dan PSNR berada di atas 30 dB yang dapat dikatakan mengalami peningkatan kualitas. Dengan mempertimbangkan tiga komponen *channel* yaitu *red*, *green* dan *blue* (RGB) yang dimiliki oleh citra uji, metode CLAHE mampu meningkatkan 8 citra dari 20 citra SAS-planet yang diujikan. Sedangkan pada metode HFE hanya 4 citra yang memiliki PSNR di atas 30 dB.

REFERENSI

- [1] Somantri, L., 2009. *Teknologi Penginderaan Jauh (Remote sensing)*. Bandung, Jurusan Pendidikan Geografi UPI.
- [2] Solihin, R. A. & Purwoto, B. H., 2015. *Perbaikan Citra Menggunakan Median Filter dan Histogram Equalization*. *Jurnal Emitor*, Volume 14.
- [3] Nurkamid, M. & Sutejo, 2010. *Metode Kecerahan Citra Kontras Citra dan Penajaman Citra untuk Peningkatan Mutu Citra*. *Jurnal Sains dan Teknologi*, Volume III, p. 1.
- [4] Putra, A. R. & Ali, R., 2015. *Implementasi Metode Penapis High-Pass dan Penapis High-Boost dalam Penajaman Citra dengan Kernel Konvolusi*. Yogyakarta, Universitas Gadjah Mada.
- [5] Maher, I. Rajab, T. A. E.-B. a. M. W. A.-H., 2007. *Application of frequency domain processing*. *Journal of X-Ray Science and Technology*, pp. 8-9.
- [6] Indriana, D., 2015. *Peningkatan Kontras Menggunakan Metode Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization pada Citra Underwater*.
- [7] Zhao, J., Tian, H., Xu, W. & Li, X., 2009. *A New Approach to Hand Vein Image Enhancement*. *International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation*.
- [8] Putra, D., 2010. *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: ANDI.
- [9] Nurkamid, M. & Sutejo, 2010. *Metode Kecerahan Citra Kontras Citra dan Penajaman Citra untuk Peningkatan Mutu Citra*. *Jurnal Sains dan Teknologi*, Volume III, p. 1
- [10] Lilesand, K. d. C., 2004. *Remote Sensing and Image Interpretation*. 5th penyunt. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- [11] Haryono, T., 2013. *Perbaikan Citra Dengan Power Law Transformation*, Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [12] Singh, S., Soni, M., Patel, A. & Misra, R. S., 2014. *Performance Evaluation of Spatial Domain Contrast Enhancement Techniques for Underwater Images*. *International Journal of Computer Applications*, Volume 93, p. 11.
- [13] Reza, A. M., 2004. *Realization of the Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) for Real-Time Image Enhancement*. *Journal of VLSI Signal Processing*, pp. 35-44.
- [14] Kanditami, F., Saepudin, D. & Rizal, A., 2014. *Analisis Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) dan Region Growing Dalam Deteksi Gejala Kanker Payudara pada Citra Mammogram*. *Jurnal Elektro*, Volume XI.
- [15] Sasi, M. M. & Jayasree, V., 2013. *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization for Qualitative Enhancement of Myocardial Perfusion Images*. *Engineering*, Volume V, pp. 326-331.
- [16] Ganesh, V. & Ramesh, 2017. *Effectiveness of Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization Technique on Multispectral Satellite Imagery*. *ACM*.
- [17] Makandar, A., 2015. *Image Enhancement Techniques using Highpass and Lowpass Filter*. *International Journal of Computer Applications*, Volume 109.
- [18] Badshah, G., Siau-Chuin Liew, Jasni, M. Z. & Ali, M., 2016. *Watermark Compression In Medical Image Watermarking Using Lempel-Ziv-Welch (LZW) Lossless Compression Technique*. *Journal of Digital Imaging* ISSN: 0897-1889 (Print).
- [19] Tena, S., 2009. *Image Enhancement Menggunakan Metode Linear Filtering dan Stationary Wavelet Transform*. *Jurnal Elektro*, Volume 8.

- [20]Sajati, H., 2018. *Analisis Kualitas Perbaikan Citra Menggunakan Metode Median Filter dengan Penyeleksian Pixel*. Jurnal ANGKASA, Volume X.
- [21]Rossa A.S, S., 2018. *Rekayasa Perangkat Lunak*. Edisi Revisi penyunt. Bandung: INFORMATIKA.
- [22]Pressman, R. S., 2012. *Rekayasa Perangkat Lunak : Pendekatan Praktisi Edisi 7*. Yogyakarta: Penerbit Andi.