



**PERBANDINGAN METODE *DIVIDE-CONQUER* DAN  
*HISTOGRAM EQUALIZATION* PADA PERBAIKAN CITRA  
INFRAMERAH**

**SKRIPSI**

Oleh  
**Dinda Septika Kaesardi**  
**NIM 141810101016**

**JURUSAN MATEMATIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**



**PERBANDINGAN METODE *DIVIDE-CONQUER* DAN  
*HISTOGRAM EQUALIZATION* PADA PERBAIKAN CITRA  
INFRAMERAH**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Matematika (S1) dan  
mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh  
**Dinda Septika Kaesardi**  
**NIM 141810101016**

**JURUSAN MATEMATIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Siti Komariyah dan ayahanda Didik tercinta yang telah memberikan doa, motivasi dan inspirasi untuk saya;
2. Seluruh guru dan dosen yang telah memberikan ilmu dan bimbingannya sejak taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi;
3. Almamater tercinta, Jurusan Matematika FMIPA Universitas Jember, SMA Negeri 4 Jember, SMP Negeri 2 Jember, SDN Jember Lor 1 dan TK Al-Amien Jember.

**MOTTO**

*“Hatiku tenang karena mengetahui bahwa apa yang melewatkanmu tidak akan pernah menjadi takdirku dan apa yang ditakdirkan untukku tidak akan pernah melewatkanmu”*

*(Umar Bin Khattab)\**

---

\*) Umar Bin Khattab.

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

nama : Dinda Septika Kaesardi

NIM : 1418101016

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Perbandingan Metode *Divide-Conquer* dan *Histogram Equalization* pada Perbaikan Citra Inframerah” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Juli 2018

Yang menyatakan,

Dinda Septika Kaesardi

1418101016

**SKRIPSI**

**PERBANDINGAN METODE *DIVIDE-CONQUER* DAN  
*HISTOGRAM EQUALIZATION* PADA PERBAIKAN CITRA  
INFRAMERAH**

Oleh  
Dinda Septika Kaesardi  
NIM 1418101016

**Pembimbing:**

Dosen Pembimbing Utama : Abduh Riski, S.Si., M.Si  
Dosen Pembimbing Anggota : Ahmad Kamsyakawuni, S.Si., M.Kom

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Perbandingan Metode *Divide-Conquer* dan *Histogram Equalization* pada Perbaikan Citra Inframerah” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Universitas Jember.

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota I,

Abduh Riski, S.Si., M.Si  
NIP. 199004062015041001

Ahmad Kamsyakawuni, S.Si., M.Kom  
NIP. 197211291998021001

Anggota II,

Anggota III,

Kusbudiono, S.Si., M.Si  
NIP. 197704302005011001

Bagus Juliyanto, S.Si., M.Si  
NIP. 198007022003121001

Mengesahkan

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Jember

Drs. Sujito, Ph.D.  
NIP. 196102041987111001



## RINGKASAN

**Perbandingan Metode *Divide-Conquer* dan *Histogram Equalization* pada Perbaikan Citra Inframerah;** Dinda Septika Kaesardi, 141810101016; 2018; 60 halaman; Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Perkembangan teknologi kamera memiliki dampak besar bagi kehidupan manusia, salah satunya yaitu kamera CCTV yang berbasis inframerah. Akan tetapi seringkali didapat kualitas citra inframerah yang kurang baik seperti kurang tajam, terdapat *noise*, kabur dan sebagainya. Oleh karena itu, citra inframerah yang kualitasnya kurang baik perlu diperbaiki sehingga hasilnya menjadi lebih baik dengan melakukan proses perbaikan citra. Perbaikan kualitas citra (*image enhancement*) merupakan suatu proses memperbaiki kualitas citra dengan memanipulasi parameter-parameter citra.

Data yang digunakan pada penelitian ini berupa citra inframerah dengan kedalaman 8 *bit*. Data citra tersebut terdiri atas beberapa citra inframerah dengan variasi objek. Perbaikan citra inframerah tersebut menggunakan metode *Divide-Conquer* dan metode *Histogram Equalization*.

Pada metode *Divide-Conquer*, citra inframerah dibagi menjadi dua *layer* yaitu citra dasar dan citra detail menggunakan metode *Bilateral Filtering*. Selanjutnya dari masing-masing citra tersebut diproses dengan metode *Linear Mapping* untuk citra dasar dan *S-Curve* untuk citra detail. Setelah masing-masing citra diproses, kedua citra digabungkan kembali menggunakan metode *Linear Weighting*.

Berdasarkan hasil penelitian, metode *Divide-Conquer* menghasilkan kualitas citra inframerah lebih baik secara visual dibandingkan dengan metode *Histogram Equalization*. Kedua metode baik *Divide-Conquer* maupun *Histogram Equalization* menghasilkan citra yang memiliki kontras lebih baik dari citra asli. Namun, hasil metode *Divide-Conquer* lebih halus sedangkan hasil metode *Histogram Equalization* terdapat derau.



Berdasarkan nilai dari *Linear Index of Fuzziness*, hasil dari citra inframerah dengan metode *Divide-Conquer* memiliki hasil yang lebih kecil dari pada *Histogram Equalization*. Hal tersebut mengartikan bahwa citra inframerah dari metode *Divide-Conquer* lebih baik dari pada *Histogram Equalization*.



## PRAKATA

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala kasih sayang-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Perbandingan Metode *Divide-Conquer* dan *Histogram Equalization* pada Perbaikan Citra Inframerah”. Penulisan tugas akhir ini dilakukan guna memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Matematika (S1) dan mencapai gelar Sarjana Sains (S.Si) pada Jurusan Matematika FMIPA Universitas Jember.

Pada kesempatan ini, dengan segala hormat penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Abduh Riski, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing utama dan Ahmad Kamsyakawuni, S.Si., M.Kom. selaku dosen pembimbing anggota, yang telah membimbing dalam pembuatan tugas akhir ini;
2. Kusbudiono, S.Si., M.Si. dan Bagus Juliyanto, S.Si., M.Si. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun;
3. Kusbudiono, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing selama masa perkuliahan;
4. Dosen dan Karyawan jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
5. teman seperjuangan Extreme'14 terlebih teman-teman Play Group yang selalu setia memberikan dukungan;
6. Ramadhan, HP yang selalu ada di segala kondisi senang ataupun sedih serta tak henti memberikan semangat dan motivasi;
7. serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyelesaian tugas ini.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis mengharap kritik dan saran demi kesempurnaan penelitian selanjutnya. Semoga tugas ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Jember, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

|   | Halaman   |
|---|-----------|
| HALAMAN JUDUL .....                                   | i         |
| PERSEMBAHAN.....                                      | ii        |
| MOTTO .....   | iii       |
| PERNYATAAN.....                                       | iv        |
| HALAMAN PEMBIMBING .....                              | v         |
| PENGESAHAN .....                                      | vi        |
| RINGKASAN .....                                       | vii       |
| PRAKATA .....   | ix        |
| DAFTAR ISI.....                                       | x         |
| DAFTAR TABEL .....                                    | xii       |
| DAFTAR GAMBAR.....                                    | xiii      |
| DAFTAR LAMPIRAN .....                                 | xiv       |
| <b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>                       | <b>1</b>  |
| <b>1.1 Latar Belakang.....</b>                        | <b>1</b>  |
| <b>1.2 Rumusan Masalah .....</b>                      | <b>2</b>  |
| <b>1.3 Tujuan Penelitian.....</b>                     | <b>2</b>  |
| <b>1.4 Manfaat Penelitian.....</b>                    | <b>3</b>  |
| <b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>                   | <b>4</b>  |
| <b>2.1 Citra .....</b>                                | <b>4</b>  |
| <b>2.2 Jenis-jenis Citra .....</b>                    | <b>5</b>  |
| 2.2.1 Citra Biner .....                               | 5         |
| 2.2.2 Citra <i>Grayscale</i> .....                    | 5         |
| 2.2.3 Citra RGB.....                                  | 6         |
| <b>2.3 Citra Inframerah .....</b>                     | <b>7</b>  |
| <b>2.4 Histogram Citra .....</b>                      | <b>9</b>  |
| <b>2.5 Metode <i>Histogram Equalization</i> .....</b> | <b>10</b> |
| <b>2.6 Metode <i>Divide-Conquer</i> .....</b>         | <b>11</b> |
| <b>2.7 Metode Transformasi Citra .....</b>            | <b>12</b> |

|  |    |
|--|----|
| 2.7.1 <i>Linear Mapping</i> .....                        | 13 |
| 2.7.2 Metode <i>S-curve</i> .....                        | 13 |
| <b>2.8 Metode <i>Linear Index of Fuzziness</i></b> ..... | 14 |
| <b>BAB 3. METODE PENELITIAN</b> .....                    | 15 |
| <b>3.1 Data Penelitian</b> .....                         | 15 |
| <b>3.2 Langkah–langkah Penelitian</b> .....              | 15 |
| <b>BAB 4. HASIL DAN PENELITIAN</b> .....                 | 19 |
| <b>4.1 Hasil Penelitian</b> .....                        | 19 |
| 4.1.1 Perhitungan Manual .....                           | 19 |
| 4.1.2 Hasil Program .....                                | 33 |
| <b>4.2 Pembahasan</b> .....                              | 46 |
| 4.2.1 Pengaruh Parameter .....                           | 46 |
| 4.2.2 Perbandingan Hasil .....                           | 47 |
| <b>BAB 5. PENUTUP</b> .....                              | 49 |
| <b>5.1 Kesimpulan</b> .....                              | 49 |
| <b>5.2 Saran</b> .....                                   | 49 |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....                              | 50 |
| <b>LAMPIRAN</b> .....                                    | 52 |

**DAFTAR TABEL**

|  | Halaman |
|--|---------|
| 4.1 Perhitungan manual <i>Histogram Equalization</i> .....   | 21      |
| 4.2 Pengaruh parameter $\alpha$ dengan $\sigma_s = 0,2$ , $\sigma_r = 8$ , $T_1 = 10$ , $T_2 = 15$ ,<br>$\alpha = 7$ ..... | 37      |
| 4.3 Pengaruh parameter $T_1$ dan $T_2$ dengan $\sigma_s = 0,2$ , $\sigma_r = 8$ , $\alpha = 7$ , $\alpha = 0,1$ .....      | 39      |
| 4.4 Hasil program pada beberapa citra .....  | 42      |
| 4.5 Histogram dari citra <i>input</i> dan <i>output</i> kedua metode .....   | 44      |

DAFTAR GAMBAR

|  | Halaman |
|--|---------|
| 2.1 Contoh citra.....  | 4       |
| 2.2 Contoh citra biner.....  | 5       |
| 2.3 Contoh citra <i>grayscale</i> .....  | 6       |
| 2.4 Spektrum elektromagnetik .....   | 8       |
| 2.5 Citra <i>visible</i> dan <i>nonvisible</i> .....                                       | 9       |
| 2.6 Histogram citra.....   | 10      |
| 3.1 Contoh citra inframerah .....  | 15      |
| 3.2 <i>Flowchart</i> langkah-langkah penelitian.....                                       | 17      |
| 3.3 <i>Flowchart</i> algoritma <i>Histogram Equalization</i> .....                         | 18      |
| 3.4 <i>Flowchart</i> algoritma <i>Divide-Conquer</i> .....                                 | 18      |
| 4.1. Histogram dari matriks $I_{10 \times 10}$ .....                                       | 19      |
| 4.2 Histogram dari metode <i>Histogram Equalization</i> .....                              | 22      |
| 4.3 Histogram dari metode <i>Divide-Conquer</i> .....                                      | 32      |
| 4.4 Tampilan awal program .....  | 34      |
| 4.5 Tampilan OPEN pada program.....  | 35      |
| 4.6 Tampilan program setelah citra diinputkan .....  | 35      |
| 4.7 Tampilan pengisian nilai parameter.....  | 36      |
| 4.8 Tampilan <i>output</i> setelah diproses.....   | 36      |
| 4.9 Tampilan histogram citra <i>input</i> dan <i>output</i> dari masing-masing metode..... | 37      |
| 4.10 Tampilan <i>Linear Index of Fuzziness</i> .....                                       | 37      |



**DAFTAR LAMPIRAN**

A. *Script Program* .....52



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi yang semakin maju memberikan dampak besar bagi kehidupan manusia. Salah satunya yaitu kamera, CCTV (*Closed Circuit Television*) atau kamera pengawas sudah tidak asing lagi keberadaannya, yaitu di persimpangan jalan, perkantoran, pertokoan, sekolah dan masih banyak lagi tempat-tempat lain yang dilengkapi kamera pengawas. Tujuan pemasangan CCTV adalah untuk memantau keadaan sekitar dari segala tindak kriminal maupun kemacetan jalan sehingga memudahkan dalam pemantauan secara langsung.

Jenis-jenis kamera CCTV dari tahun ke tahun pun semakin berkembang. Salah satunya yaitu kamera CCTV yang berbasis inframerah. Inframerah merupakan suatu radiasi elektromagnetik yang di dalam kamera CCTV berfungsi untuk mengadaptasi gambar dalam keadaan kurang cahaya yang tidak bisa di tangkap oleh pandangan manusia atau dengan kamera bisa menjadi tampak dalam mode *grayscale*. Hal tersebut merupakan salah satu kelebihan yang dimiliki oleh kamera CCTV yang berbasis inframerah, dapat menangkap objek dalam keadaan sedikit cahaya bahkan tidak ada cahaya sekalipun. Namun, hasil dari kamera inframerah yang kita sebut citra inframerah kadang mengalami sedikit derau (*noise*), kurang tajam, kabur dan sebagainya. Maka diperlukan suatu perbaikan citra agar citra yang dihasilkan dapat diketahui dengan jelas.

Perbaikan kualitas citra (*image enhancement*) merupakan salah satu proses awal dalam pengolahan citra (*image preprocessing*). Perbaikan kualitas citra dilakukan menggunakan operasi-operasi matematis dimana sebelumnya citra digitalisasi untuk mengubahnya ke dalam bentuk matriks. Perbaikan kualitas diperlukan karena seringkali citra yang diuji mempunyai kualitas yang buruk, salah satunya yaitu pada citra inframerah tersebut. Melalui operasi pemrosesan awal inilah kualitas citra diperbaiki sehingga citra inframerah dapat digunakan untuk aplikasi lebih lanjut, misalnya untuk aplikasi pengenalan (*recognition*) objek di dalam citra.

Salah satu metode perbaikan citra yang sering digunakan adalah *Histogram Equalization* yaitu memperbaiki penyebaran nilai intensitas pada citra yang terlalu terang dan gelap menjadi merata. Menurut Zhang, dkk (2009) mereka menggabungkan dari *Histogram Equalization* dan *image fusion* untuk memperbaiki citra inframerah. Pertama menggunakan *Wavelet* untuk mengurangi *noise* pada citra, selanjutnya menggunakan modifikasi dari *Histogram Equalization* yaitu *adaptive histogram equalization* untuk memperbaiki kontras citra yang akan diproses dengan penggabungan citra dengan menghasilkan citra *inframerah* dengan kualitas lebih baik. Sun, dkk (2017) melakukan perbaikan citra inframerah menggunakan fungsi *S-curve* eksponensial yaitu dengan mentransformasi nilai *pixel* menggunakan kurva-S.

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan di atas, penulis tertarik untuk melakukan perbaikan citra inframerah menggunakan metode *Divide-Conquer* berbasiskan pada fungsi *S-curve* dimana hasilnya akan dibandingkan dengan *Histogram Equalization*. Metode *Divide-Conquer* merupakan metode membagi masalah menjadi subbab masalah dimana dalam perbaikan citra membagi citra menjadi dua *layer* yaitu citra dasar dan citra detail. Selanjutnya masing-masing citra akan dilakukan perbaikan. Dari metode tersebut diharapkan dapat meningkatkan kontras dan perbaikan detail objek pada citra yang lebih baik.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

- a. bagaimana perbandingan kualitas citra hasil perbaikan dengan kualitas citra asli?
- b. bagaimana perbandingan kualitas citra hasil antara dua metode *Divide-Conquer* dengan *Histogram Equalization*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian ini yaitu:

- a. mengetahui perbandingan kualitas citra hasil perbaikan dengan kualitas citra asli.
- b. mengetahui perbandingan kualitas citra hasil antara dua metode *Divide-Conquer* dengan *Histogram Equalization*.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan pada penelitian ini adalah:

- a. untuk menambah wawasan para pembaca tentang perbaikan kualitas citra dengan menggunakan *Divide-Conquer*.
- b. dapat menghasilkan kualitas citra yang lebih baik dari aslinya setelah melalui proses perbaikan citra.
- c. sebagai bahan referensi penelitian selanjutnya mengenai perbaikan citra.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Citra

Citra (*image*) secara harfiah diartikan sebagai gambar pada bidang dimensi dua. Ditinjau dari sudut pandang matematis, citra merupakan fungsi kontinu dari intensitas cahaya pada bidang dimensi dua. Ada dua jenis citra yaitu, citra diam dan citra bergerak. Citra diam adalah citra tunggal yang tidak bergerak, sedangkan citra bergerak adalah rangkaian citra diam yang ditampilkan secara sekuensial (Pramitarini, 2011).

Proses mengubah representasi suatu citra dari fungsi kontinu menjadi nilai-nilai diskrit disebut digitalisasi. Hasil citra dari proses digitalisasi disebut citra digital, sehingga dari citra digital inilah komputer dapat melakukan pengolahan citra. Citra digital merupakan citra yang tersusun dalam bentuk grid yang terdiri atas kotak-kotak (*tiles*) yang disebut *pixel* (*picture element*) dan memiliki koordinat  $(x,y)$  dimana  $x$  adalah baris (*row*) dan  $y$  adalah kolom (*column*). Setiap *pixel* memiliki suatu nilai yang menunjukkan intensitas keabuan pada *pixel* tersebut dimana kisaran nilai ditentukan oleh jumlah *bit* yang digunakan dan akan menunjukkan resolusi derajat keabuan (*gray level resolution*).

Sebuah citra dapat dinyatakan sebagai sebuah matriks. Apabila tinggi dan lebar citra adalah  $h$  dan  $w$  *pixel*, maka matriks yang akan terbentuk mempunyai ordo  $h \times w$ . Misalkan sebuah citra dengan ukuran  $h \times w$  *pixel* seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Citra dengan ukuran  $h \times w$  *pixel* (Sumber: Munir, 2004)



maka, matriks yang terbentuk adalah :

$$I = \begin{bmatrix} I(1,1) & \cdots & I(1,w) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ I(h,1) & \cdots & I(h,w) \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

Matriks pada Persamaan (2.1) di atas adalah representasi data digital dari sebuah citra dengan  $I(x,y)$  merupakan intensitas atau tingkat keabuan (Samopa dan Yulianawati, 2002).

## 2.2 Jenis-jenis Citra

Berdasarkan warna-warna penyusunnya, menurut Priyono dan Wijaya (2007) citra digital dapat dibagi menjadi tiga macam yaitu:

### 2.2.1 Citra Biner

Citra biner yaitu citra yang hanya terdiri atas dua warna, hitam dan putih. Oleh karena itu, setiap *pixel* pada citra biner cukup direpresentasikan dengan 1 *bit* yang dapat dilihat dalam Gambar 2.2 citra biner yang memiliki *pixel* dengan dua kemungkinan nilai, 0 atau 1.



Gambar 2.2 Citra biner dengan ukuran  $h \times w$  *pixel* (Sumber: Munir, 2004)

### 2.2.2 Citra *Grayscale*

Citra *grayscale* yaitu citra yang nilai *pixel*-nya mempresentasikan derajat keabuan atau intensitaslinea warna hitam putih. Nilai paling rendah menunjukkan warna hitam dan nilai paling tinggi menunjukkan warna putih. Pada umumnya citra



*grayscale* memiliki kedalaman *pixel* 8 bit (256 derajat keabuan) yaitu nilainya berkisar antara 0 sampai 255, meskipun ada juga citra *grayscale* yang kedalaman *pixel*-nya bukan 8 bit, misalnya 16 bit.

Citra *grayscale* merupakan citra satu kanal, dimana  $I(x,y)$  merupakan fungsi tingkat keabuan dari hitam ke putih. Intensitas  $I$  dari gambar hitam putih pada titik  $(x,y)$  disebut dengan tingkat atau nilai keabuan (*gray level*), yang dalam hal ini nilai keabuannya bergerak dari hitam ke putih. Nilai keabuan citra berada pada selang  $[I_{min}, I_{max}]$ , dimana selang ini disebut dengan skala keabuan.

Skala keabuan pada citra digital merupakan bilangan bulat yang dimulai dari 0 sampai  $2^n - 1$  (atau  $L - 1$ , dimana  $L = 2^n$  adalah banyaknya skala keabuan,  $n$  adalah kedalaman *pixel* dan  $L - 1$  adalah derajat keabuan maksimum). Perubahan nilai keabuan dari nilai yang kecil hingga nilai yang besar merepresentasikan nilai intensitas atau kecerahan warna yang akan dihasilkan pada tiap *pixel*, dengan kata lain semakin besar nilai keabuan maka warna yang dihasilkan juga semakin cerah, sehingga nilai keabuan 0 merepresentasikan warna hitam dan nilai keabuan  $L - 1$  merepresentasikan warna putih. Contoh citra *grayscale* dapat dilihat pada citra *Camera* seperti pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Citra *grayscale* dengan ukuran  $h \times w$  *pixel* (Sumber: Munir, 2004)

### 2.2.3 Citra RGB

Citra RGB (*citra warna* atau *truecolor*) yaitu citra yang tersusun dari tiga kanal. Setiap kanal memiliki nilai *pixel* yang mempresentasikan warna-warna

penyusunnya yaitu merah, hijau dan biru. Sama seperti pada citra *grayscale*, nilai intensitas warna citra RGB tergantung pada kedalaman *pixel* yang digunakan.

Intensitas di setiap titik pada citra berwarna merupakan kombinasi dari tiga intensitas, yaitu:

- a. nilai keabuan merah ( $I_r(x, y)$ );
- b. nilai keabuan hijau ( $I_g(x, y)$ );
- c. nilai keabuan biru ( $I_b(x, y)$ );

### 2.3 Citra Inframerah

Citra menurut gelombang elektron dibedakan menjadi citra *visible* dan citra *nonvisible*. Citra *visible* merupakan citra yang dihasilkan dari gelombang elektron sinar tampak atau sinar yang dapat dilihat oleh mata manusia tanpa alat bantu apapun (citra biner, citra *grayscale* dan citra RGB), sedangkan citra *nonvisible* merupakan citra yang dihasilkan dari gelombang elektron selain sinar tampak yang tidak dapat dilihat oleh manusia (sinar *x-ray*, sinar inframerah, sinar *gamma*) (Rafael, 2008).

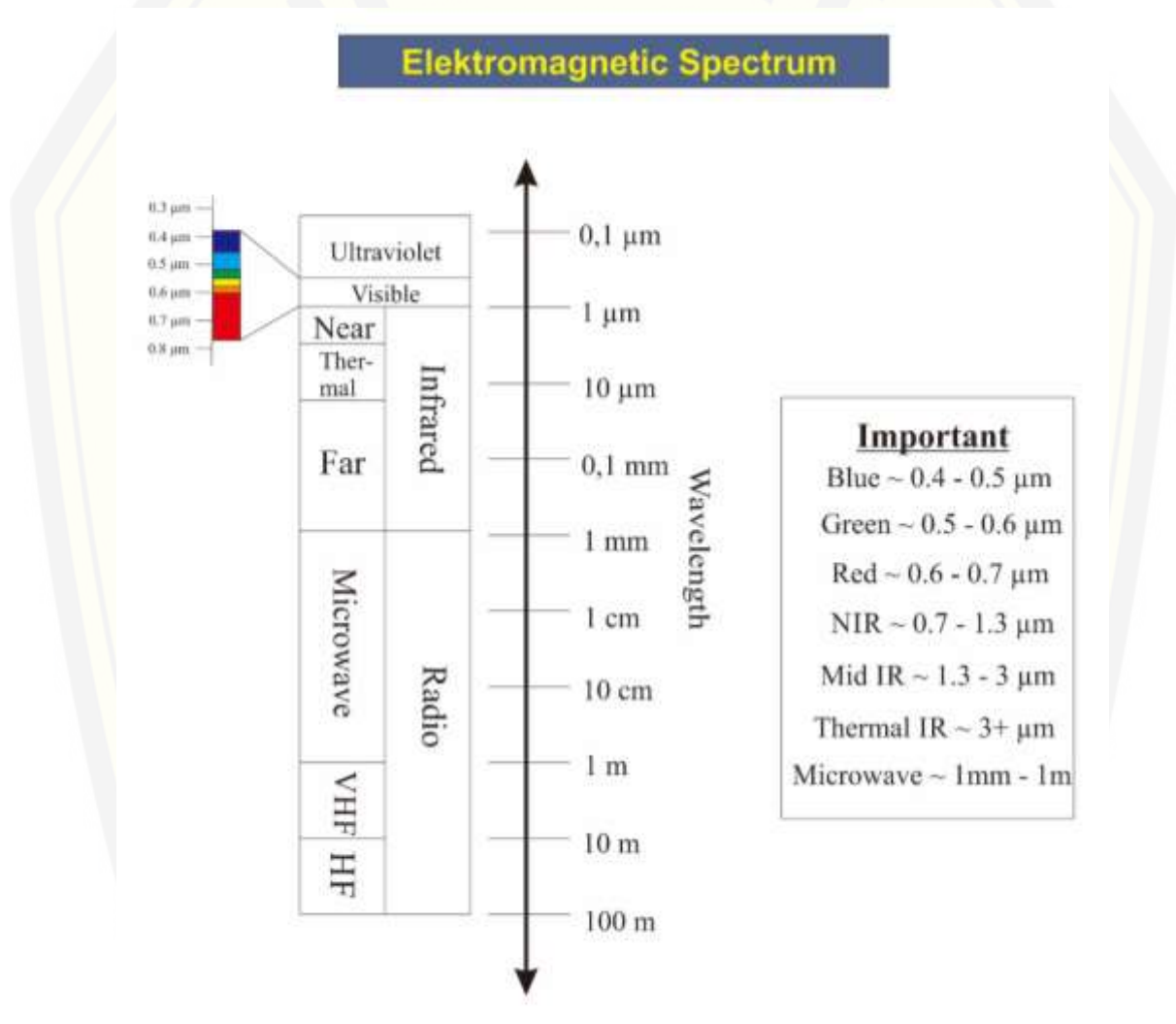
Inframerah adalah radiasi elektromagnetik dari panjang gelombang lebih panjang dari cahaya tampak, tetapi lebih pendek dari radiasi gelombang radio. Inframerah berarti “bawah merah” (dari bahasa Latin *infra*, “bawah”), merah merupakan warna dari cahaya tampak dengan gelombang terpanjang. Radiasi inframerah memiliki jangkauan tiga “order” dan memiliki panjang gelombang antara 700 nm dan 1 mm. Inframerah ditemukan secara tidak sengaja oleh Sir William Herschell, astronom kerajaan Inggris ketika ia sedang mengadakan penelitian mencari bahan penyaring optik yang akan digunakan untuk mengurangi kecerahan gambar matahari dalam tata surya teleskop.

Karakteristik dari inframerah antara lain, tidak dapat dilihat oleh manusia, dapat ditimbulkan oleh komponen yang menghasilkan panas, panjang gelombang pada inframerah memiliki hubungan yang berlawanan atau berbanding terbalik dengan suhu. Ketika suhu mengalami kenaikan, maka panjang gelombang

mengalami penurunan. Jenis-jenis inframerah berdasarkan panjang gelombang (Arif, 2010).

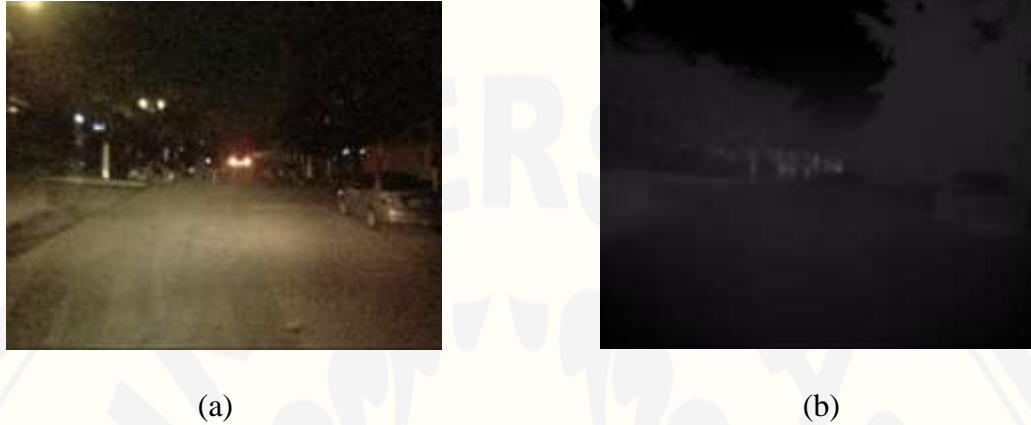
- Inframerah jarak dekat dengan panjang gelombang  $0,75 - 1,5 \mu\text{m}$
- Inframerah jarak menengah dengan panjang gelombang  $1,50 - 10 \mu\text{m}$
- Inframerah jarak jauh dengan panjang gelombang  $10 - 100 \mu\text{m}$

Gambar 2.4 di bawah ini merupakan gambar dari spektrum elektromagnetik (Syah, 2010).



Gambar 2.4 Spektrum Elektromagnetik

Contoh dari citra *visible* dan *nonvisible* ditunjukkan pada Gambar 2.5.



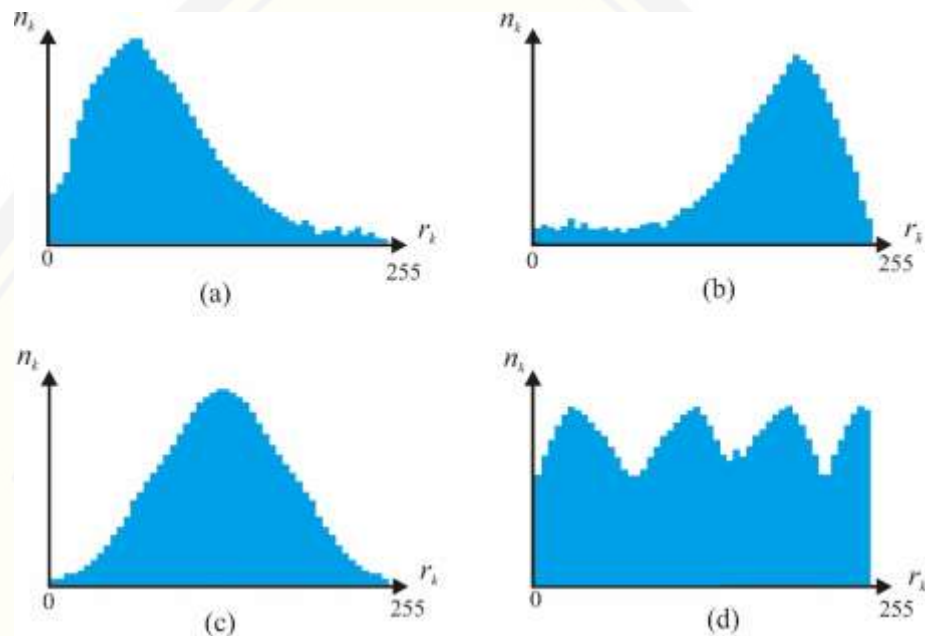
Gambar 2.5 Citra *visible* (a) dan *nonvisible* (b) di malam hari (Sumber: Soonmin, 2015)

## 2.4 Histogram Citra

Histogram citra adalah grafik yang merepresentasikan penyebaran nilai-nilai intensitas *pixel* dari suatu citra. Histogram dari suatu citra memberikan banyak informasi tentang detail keabuan dari citra itu sendiri, beberapa diantaranya yaitu tingkat kecerahan (*brightness*) dan ketajaman (*contrast*) dari sebuah citra. Citra yang terlalu gelap memiliki bentuk histogram yang cenderung berada di kiri, sedangkan citra yang terlalu terang memiliki bentuk histogram yang cenderung berada di kanan. Citra yang memiliki kontras rendah (*low contrast*) memiliki bentuk histogram yang cenderung berkumpul pada suatu tempat, sedangkan citra yang memiliki kontras tinggi (*high contrast*) memiliki bentuk histogram yang menyebar (Gambar 2.6) .

Langkah untuk membuat histogram dari suatu citra yaitu menghitung frekuensi ( $n_k$ ) untuk setiap nilai derajat keabuan  $k$  pada setiap kanal di citra *input* terlebih dahulu dan kemudian membagi setiap nilai derajat keabuan  $k$  pada citra dengan derajat keabuan maksimalnya, yaitu  $L - 1$  sehingga dihasilkan  $r_k$ . Data yang terbentuk dari pemetaan  $r_k$  dan  $n_k$  untuk setiap nilai  $k$  dimana  $r_k$  untuk  $k \in [0, L - 1]$  adalah domainnya dan  $n_k$  untuk  $k \in [0, L - 1]$  adalah rangenya akan membentuk

suatu histogram dari suatu citra (Munir, 2004). Histogram citra dengan berbagai keadaan ditunjukkan pada Gambar 2.6:



Gambar 2.6 Histogram dari citra 8 bit dengan kondisi (a) gelap, (b) terang, (c) normal, (d) *normal brightness* dan *high contrast* (Sumber: Munir, 2004)

## 2.5 Metode *Histogram Equalization*

*Histogram Equalization* atau perataan histogram adalah proses perataan histogram citra dengan cara mengubah nilai keabuan suatu *pixel* menjadi nilai keabuan baru yang berbeda dari aslinya melalui suatu proses transformasi. Perataan histogram merupakan salah satu metode perbaikan citra yang sering digunakan untuk menyebarkan nilai intensitas pada citra yang terlalu terang atau terlalu gelap dan memiliki histogram yang sempit sehingga diperoleh penyebaran histogram yang merata (Munir, 2004).

Langkah-langkah untuk melakukan perbaikan citra dengan metode *Histogram Equalization* sebagai berikut:

- menghitung frekuensi ( $n_k$ ) setiap nilai derajat keabuan  $k$  pada citra *input*.



- b. menormalisasi setiap frekuensi dengan membagi nilai tersebut dengan jumlah seluruh *pixel* menggunakan Persamaan (2.2).

$$P_k = \frac{n_k}{n} \quad (2.2)$$

dimana  $n$  jumlah seluruh piksel dalam citra.

- c. menghitung penjumlahan kumulatif dari histogram ternormalisir, seperti pada Persamaan (2.3).

$$v_k = \sum_{k=0}^{L-1} P_k \quad (2.3)$$

dimana  $L$  derajat keabuan.

- d. menghitung nilai derajat keabuan ( $K$ ) yang baru dari tiap *pixel* ( $k$ ) serta mengubah setiap nilai derajat keabuan pada setiap *pixel* dari citra input ( $k$ ). Nilai derajat keabuan yang baru dari tiap *pixel* dituliskan seperti pada Persamaan (2.4).

$$K = \llbracket (L - 1)v_k \rrbracket \quad (2.4)$$

## 2.6 Metode *Divide-Conquer*

*Divide-Conquer* merupakan sebuah metode yang bekerja dengan cara membagi sebuah masalah menjadi beberapa subbab. Selanjutnya dari masing-masing subbab dikerjakan menggunakan metode-metode tertentu. Setelah ditemukan penyelesaian dari masing-masing subbab dilakukan penggabungan dari hasil tersebut. Ditemukanlah penyelesaian dari sebuah masalah itu (Rosen, 2012).

Metode *bilateral filtering* dalam perbaikan citra dapat digunakan untuk membagi dua citra. Metode *bilateral filtering* ini didefinisikan sebagai rata-rata *pixel* terdekat dengan suatu pembobotan, dimana diproses melalui proses konvolusi yang mirip dengan konvolusi *Gaussian*. Perbedaannya adalah *bilateral filtering* menghaluskan citra namun tetap mempertahankan tepi (detail citra). *Bilateral filtering* menghaluskan citra dengan menghasilkan nilai keabuan yang serupa untuk *pixel-pixel* yang berdekatan. *Bilateral filtering* membagi citra asli menjadi dua bagian, yaitu citra dasar dan citra detail. Citra dasar merupakan citra dengan *low*



*frequency* sedangkan citra dengan *high frequency*. Untuk mendapatkan citra dasar (*base layer*) dapat digunakan rumus pada Persamaan (2.5) (Sun, dkk., 2017).

$$I(x, y)^{BL} = \frac{1}{W(x, y)} \sum_{(x', y') \in S} G_{\sigma_s}(x - x', y - y') G_{\sigma_r}(x - x', y - y') I(x', y') \quad (2.5)$$

dengan,

$$W(x, y) = \sum_{(x', y') \in S} G_{\sigma_s}(x - x', y - y') G_{\sigma_r}(x - x', y - y')$$

$$G_{\sigma_s}(x - x', y - y') = \exp\left(-\frac{(x' - x)^2 + (y' - y)^2}{2 \cdot \sigma_s^2}\right)$$

$$G_{\sigma_r}(x - x', y - y') = \exp\left(-\frac{[I(x', y') - I(x, y)]^2}{2 \cdot \sigma_r^2}\right)$$

dimana  $G_{\sigma_s}$  digunakan untuk memperhalus citra,  $G_{\sigma_r}$  digunakan untuk mencegah proses filter keluar dari tingkat keabuan,  $\sigma_s$  adalah standar varian dari jarak spasial yang disebut faktor jarak spasial,  $\sigma_r$  adalah standar varian dari perbedaan derajat keabuan yang disebut persamaan faktor keabuan.

Setelah didapatkan citra dasar, selanjutnya dihitung citra detail (*detail layer*) menggunakan rumus seperti pada Persamaan (2.6).

$$I(x, y)^{DL} = I(x, y) - I(x, y)^{BL} \quad (2.6)$$

Setelah didapatkan dua buah citra yaitu citra dasar dan citra detail, selanjutnya masing-masing citra dilakukan proses transformasi untuk memperbaiki citra. Sesuai dengan metode *Divide-Conquer*, setelah citra dibagi dan dilakukan perbaikan di masing-masing citra, dilakukan penggabungan citra. Metode yang digunakan untuk menggabungkan citra adalah *Linear Weighting*. Metode *Linear Weighting* merupakan suatu fungsi yang setiap variabelnya diboboti dengan faktor pembobot, dimana penjumlahan dari nilai faktor pembobot bernilai satu. *Linear Weighting* dapat dirumuskan dengan Persamaan (2.7).

$$I'(x, y) = \alpha \cdot I'(x, y)^{DL} + (1 - \alpha) \cdot I'(x, y)^{BL} \quad (2.7)$$

## 2.7. Metode Transformasi Citra

Metode transformasi yaitu memetakan nilai domain ke nilai range. Pemetaan ini dapat dilakukan dengan dua metode yaitu sebagai berikut (Sun, dkk., 2017):

### 2.7.1 Linear Mapping

*Linear mapping* dalam pemrosesan citra diartikan sebagai suatu metode pemetaan nilai keabuan dalam suatu interval keabuan ke dalam interval keabuan baru secara *linear*. Derajat keabuan dibagi menjadi tiga interval yaitu  $0 \leq I(x, y) \leq \min$  ;  $\min < I(x, y) < \max$  ;  $\max \leq I(x, y) \leq 255$ . Untuk menentukan nilai  $\min$  dan  $\max$  , dihitung komulatif frekuensi dari kedua ujung yaitu gelap (0) dan terang (255) hingga mencapai threshold ( $T$ ) atau batas ambang yang ditentukan.

$$H(0) + H(1) + \dots + H(\min) \geq T \quad (2.8)$$

$$H(L - 1) + H(L - 2) + \dots + H(\max) \geq T \quad (2.9)$$

Nilai  $\min$  diambil dari nilai keabuan terkecil yang memenuhi Persamaan (2.8). Nilai  $\max$  diambil dari nilai keabuan terbesar yang memenuhi Persamaan (2.9). Dengan syarat  $0 < \min < \max < L$ .

Nilai keabuan yang berada dalam interval pertama akan dipetakan ke 0 dan nilai keabuan dalam interval ketiga dipetakan ke 225, untuk nilai keabuan dalam interval kedua dipetakan menggunakan rumus pada Persamaan (2.10).

$$I'(x, y) = 255 \times \frac{I(x, y) - \min}{\max - \min} \quad (2.10)$$

### 2.7.2 Metode S-curve

*S-curve* merupakan sebuah kurva yang berbentuk menyerupai huruf S yang memiliki *range* antara 0 sampai 1. *S-curve* berhubungan dengan kenaikan dan penurunan permukaan secara tak linier. Dimana dalam perbaikan citra, kenaikan dan penurunan ini ada kaitannya dengan nilai maksimum dan minimum dari derajat keabuan. Selain itu, keanggotaan *S-curve* akan tertumpu pada 50% dari nilai keanggotaannya yang sering disebut dengan titik infleksi. Titik infleksi merupakan sebuah nilai simetris dari derajat keabuan (Gandhamal, 2017). Fungsi yang digunakan pada *S-curve* adalah fungsi eksponensial. Rumus transformasi *S-curve* dapat dirumuskan dengan menggunakan Persamaan (2.11) (Sun, dkk, 2017).

$$I'(x, y) = \begin{cases} 255 \times 0,5 \times \frac{c^{\frac{I(x, y)}{255}} - 1}{c^{0,5} - 1} & 0 \leq I(x, y) \leq 127 \\ 255 \times 0,5 \times \left[ \frac{1 - c^{(1 - \frac{I(x, y)}{255})}}{c^{0,5} - 1} + 2 \right] & 127 < I(x, y) \leq 255 \end{cases} \quad (2.11)$$

dengan  $c$  sebagai parameter kontrol kemiringan kurva.

## 2.8 Metode *Linear Index of Fuzziness*

Teori *fuzzy set* menetapkan suatu derajat keanggotaan kepada semua anggota dalam semesta berdasarkan potensinya untuk masuk ke dalam suatu kelas, dimana tidak ada pemisah yang jelas antar anggota yang termasuk pada suatu kelas ataupun tidak termasuk di dalamnya. Derajat keanggotaan tersebut dapat dihitung berdasarkan fungsi matematika yang menetapkan suatu derajat keanggotaan pada interval 0 sampai 1 pada setiap anggota suatu himpunan *fuzzy*. Fungsi ini biasa disebut dengan fungsi keanggotaan atau fungsi karakteristik (Pramatasunu, 2016).

*Index of fuzziness* digunakan untuk menentukan nilai *fuzziness* atau ambiguitas suatu himpunan *fuzzy* dengan cara membandingkan derajat keanggotaannya dengan himpunan *crisp* terdekatnya. *Linear index of fuzziness* digunakan untuk menghitung nilai *index of fuzziness* sebagai pembanding beberapa metode perbaikan citra infamerah untuk mengetahui metode mana yang menghasilkan kualitas citra yang lebih baik. Arnold Kaufmann memperkenalkan *linear index of fuzziness* pada Persamaan (2.12),

$$\gamma = \frac{2}{W \times H} \sum_{x=1}^W \sum_{y=1}^H \min(\mu_{xy}, 1 - \mu_{xy}) \quad (2.12)$$

dengan

$$\mu_{xy} = \sin\left(\frac{\pi}{2} \times \left(1 - \frac{I_{xy}}{I_{max}}\right)\right)$$

Dimana suatu citra dengan ukuran  $W \times H$ , dan mengkalkulasi kekaburan pada perbedaan nilai keanggotaan dan komplemennya. Nilai  $\mu_{xy}$  merupakan fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* dan nilai  $\gamma$  pada Persamaan (2.12) merepresentasikan ambiguitas (*fuzziness*) dalam suatu himpunan *fuzzy*. Semakin kecil nilai *index of fuzziness* maka semakin akan kecil ambiguitas antar anggota dalam suatu himpunan *fuzzy* sehingga semakin baik kualitas citra yang dihasilkan dari metode tersebut (Haubecker, 1999).

### BAB 3. METODE PENELITIAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai data penelitian yang digunakan dan langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan.

#### 3.1 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data berupa citra dengan kedalaman 8 *bit* sebanyak sepuluh citra inframerah. Citra tersebut terdiri atas bermacam-macam citra dengan variasi objek. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang diambil dari:

Soonmin Hwang, Jaesik Park, Namil Kim, Yukyung Choi and In So Kweon, Multispectral Pedestrian Detection: Benchmark Dataset and Baseline, CVPR, 2015.



Gambar 3.1 Contoh Citra Inframerah (Sumber: Soonmin,2015)

#### 3.2 Langkah-langkah Penelitian

Langkah-langkah yang akan dilakukan pada penelitian ini, secara sistematis sebagai berikut

##### a. Studi literatur

Studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan dan mempelajari berbagai teori penunjang penelitian. Teori yang dipelajari meliputi algoritma *Divide-Conquer*. Studi literatur dilakukan sebagai pedoman penelitian baik pengaplikasian dan analisis yang akan dilakukan. Selain itu studi literatur juga bertujuan agar lebih memahami teori – teori yang digunakan dalam penelitian ini.



b. Pengambilan data

Pengambilan data merupakan langkah untuk mengumpulkan beberapa contoh citra yang akan digunakan dalam penelitian ini. Dalam penelitian ini diambil sebanyak sepuluh citra inframerah.

c. Penerapan metode untuk perbaikan citra

1) langkah-langkah metode *Histogram Equalization* untuk memperbaiki kualitas citra sebagai berikut:

- a) masukkan citra yang akan diperbaiki.
- b) menghitung histogram atau frekuensi setiap nilai keabuan  $n(k)$ .
- c) menormalisasi setiap frekuensi dengan menghitung  $P(k)$ .
- d) menghitung penjumlahan kumulatif dari histogram ternormalisir  $v(k)$ .
- e) memetakan tingkat keabuan citra masukan ke suatu tingkat keabuan citra keluaran berdasarkan  $K$ .

2) langkah-langkah metode *Divide-Conquer* untuk memperbaiki kualitas citra sebagai berikut:

- a) masukkan citra yang akan diperbaiki
- b) membagi citra menggunakan *Bilateral Filtering* dan didapat citra dasar dan citra detail
- c) menormalisasi citra dasar menggunakan *Linear mapping* diagram
- d) menormalisasi skala keabuan citra detail dan selanjutnya disubstitusikan pada rumus transformasi fungsi *S-curve*
- e) menggabungkan perbaikan dari citra dasar dan citra detail dengan mengalikan pada suatu bobot tertentu dengan rentang 0-1.

d. Perancangan program

Perencanaan program dilakukan dengan menggunakan *software* Matlab R20015b. Desain program menggunakan aplikasi GUI (*Graphic User Interface*) yang ada dalam Matlab untuk merancang form *layout* dan desain interaksi program agar lebih menarik. Desain program yang sudah siap kemudian di-*compile* ke dalam bentuk file *executable* supaya program dapat dijalankan pada komputer lain tanpa harus meng-*install* *software* Matlab terlebih dahulu.

e. Pengujian program

Program yang telah jadi akan diujikan pada beberapa citra yang telah dikumpulkan.

f. Analisis hasil

Pada tahap ini, citra hasil perbaikan menggunakan metode *Divide-Conquer* akan dibandingkan dengan citra hasil perbaikan menggunakan metode *Histogram Equalization* dan keduanya akan dibandingkan juga dengan citra asli. Selanjutnya menggunakan *Linear Index of Fuzziness* untuk mengevaluasi kinerja dari metode *Divide-Conquer*.

g. Penarikan Kesimpulan

Mengambil kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan, yaitu dengan menganalisis hasil nilai *Linear Index of Fuzziness* untuk setiap metode perbaikan citra sehingga akan diperoleh kesimpulan mengenai metode yang paling efektif digunakan dalam memperbaiki kualitas dari suatu citra.

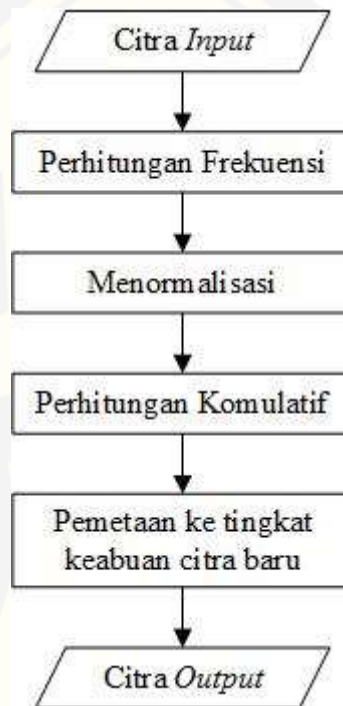
*Flowchart* dari langkah-langkah penelitian adalah sebagai berikut,



Gambar 3.2 *Flowchart* langkah-langkah penelitian

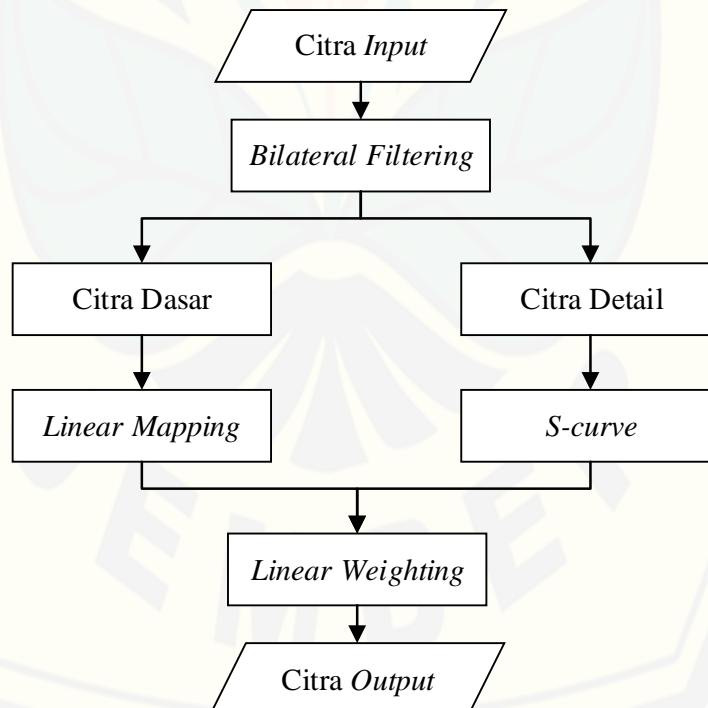


Flowchart dari algoritma *Histogram Equalization* adalah sebagai berikut



Gambar 3.3 Flowchart Algoritma *Histogram Equalization*

Flowchart dari algoritma *Divide-Conquer* adalah sebagai berikut



Gambar 3.4 Flowchart Algoritma *Divide-Conquer*

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan dapat disimpulkan beberapa hal di bawah ini:

- a. Hasil perbaikan citra inframerah dengan metode *Divide-Conquer* terlihat lebih baik secara visual dari pada citra asli. Citra asli yang sebelumnya tidak terlihat objek apapun, setelah diperbaiki dengan metode *Divide-Conquer* terlihat jelas dengan komposisi kontras dan pencahayaan yang baik. Begitu pula hasil dari metode *Histogram Equalization* jika dibandingkan dengan citra hasil, namun citra hasil dari metode *Histogram Equalization* terlihat lebih terang sehingga menyebabkan beberapa detail dari objek pada citra tidak lagi terlihat.
- b. Perbandingan kualitas citra antara metode *Histogram Equalization* dengan *Divide-Conquer*, secara visual terlihat lebih baik citra *Divide-Conquer* dengan menggunakan parameter yang sesuai. Hasil kontras dari kedua metode terlihat bagus namun citra *Divide-Conquer* lebih halus dan tidak kehilangan detail dari citra sedangkan metode *Histogram Equalization* muncul *noise* pada citra. Dilihat dari hasil *Linear Index of Fuzziness*, hasil dari *Divide-Conquer* lebih kecil dari pada *Histogram Equalization*. Itu artinya kualitas citra lebih baik citra *Divide-Conquer* dibandingkan dengan *Histogram Equalization*.

### 5.2 Saran

Penulis menyarankan kepada peneliti selanjutnya untuk meneliti lebih lanjut tentang *Divide-Conquer* dengan menambahkan modifikasi pada metode *S-curve* agar pada citra inframerah yang terlalu gelap tidak terlihat lagi warna atau efek gelap yang muncul pada bagian pojok atau tepian citra (*vignette*).

**DAFTAR PUSTAKA**

- Arif, M. 2011. Pengendalian Bahan Radiasi Elektromagnetik di tempat Kerja, Radiasi Elektromagnetik, Higiene Industri. Tidak diterbitkan. *Skripsi*. Jakarta: Universitas Esa Unggul.
- Gandhamal, A., S. Talbar, S. Gajre, A. Fadzil dan D. Kumar. 2017. Local Gray Level S-Curve Transformation-A Generalized Contrast Enhancement Technique for Medical Image. *Computers in Biology and Medicine*. S0010-4825(17): 30051-30053.
- Haubecker, H dan H. Tizhoosh. 1999. *Fuzzy Image Processing*. Germany: Academic Press.
- Munir, R. 2004. *Diktat kuliah Pengolahan Citra Digital*. Bandung: Departemen Teknik Informatika ITB.
- Pramatasunu, G. Q. O., A. Z. Arifin, A. Yuniarti, A. Y. Wijaya, W. N. Khotimah, dan D.A. Navastara. 2016. Segmentasi Citra Panoramik Gigi Menggunakan Similaritas antar Gray Level Berdasarkan Index of Fuzziness. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*. 14(1): 84-85.
- Pramitarini, Y. 2011. Analisa Pengiriman Citra Terkompresi JPEG Dengan Teknik Spread Spektrum Direct Sequence (DS-SS). Tidak diterbitkan. *Skripsi*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Prijono, A. dan M.C. Wijaya. 2007. *Pengolahan Citra Digital Menggunakan MATLAB*. Bandung: Informatika.
- Rafael C. Gonzales dan Richard E. Woods. 2008. *Digital Image Processing 3<sup>th</sup> edition*. Pearson Education, Inc.
- Rosen, K. H. 2012. *Discrete Mathematics and Its Applications 7<sup>th</sup> edition*. New York: McGraw-Hill.
- Samopa, S. dan Yulianawati. 2002. Penerapan Euclidean Distance pada Pencocokan Pola untuk Konversi Citra ke Teks. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*. 1 (1): 32-42
- Soonmin, H., P. Jaesik, K. Namil, C. Yukyung dan K. In. 2015. Multispectral Pedestrian Detection: Benchmark Dataset and Baseline. CVPR.
- Sun, L., J. Wang dan S. Lhi. 2017. A New Infrared Image Enhancement Algorithm. *Chinese Control And Decision Conference (CCDC)*.29:421-424.

Syah, A. F. 2010. Penginderahan Jarak Jauh dan Aplikasinya di Wilayah Pesisir dan Lautan. *Jurnal Kelautan*. 3(1): 23.

Zhang, F., D.B. Wang dan S.Q. Liu. 2009. IR Image Enhancement Based on Joint Histogram Equalization with Image Fusion. *Semiconductor Optoelectronics*. 4:040.



## LAMPIRAN

### Lampiran A. *Script Program*

#### *Script Histogram Equalization*

```
%% HE
data1=data;
for i=1:o
    data1(:,:,i)=histeq(data(:,:,i));
end
axes(handles.axes2);
imshow(data1);
```

#### *Script Divide-Conquer*

```
%%Devide-Conquer
sigmas=str2num(get(handles.edit1,'string'));
sigmar=str2num(get(handles.edit2,'string'));
Thresh=str2num(get(handles.edit5,'string'));
para=str2num(get(handles.edit3,'string'));
alpha=str2num(get(handles.edit4,'string'));
data2=double(data); %ubah dari format citra ke matriks biasa
%Devide (Bilateral Filtering)
data2a=round(BilateralFilter(data2,sigmas,sigmar));
data2b=round(data2-data2a);
%Base Image
Threshold=m*n*o*Thresh/100;
data2a=round(LinearMapping(data2a,Threshold));
%Detail Image
data2b=round((data2b-min(min(min(data2b)))/(max(max(max(data2b)))-min(min(min(data2b)))*255)); %Linear Transformation
data2b=round(SCurve(data2b,para));
%Linier Weighting
data3=round(alpha*data2b+(1-alpha)*data2a);
axes(handles.axes3); %pilih axes 3
imshow(uint8(data3)); %uint8 untuk mengubah matriks ke format
    citra 8 bit
```



**Script Linear Index of Fuzziness**

```

%Linear Index of Fuzziness
I1=double(get(handles.axes1,'UserData'));
I2=double(get(handles.axes2,'UserData'));
I3=double(get(handles.axes3,'UserData'));
[m,n,o]=size(I2);
if m~=0 %jika citra telah diproses
    f1=sin(pi/2*(1-I2/max(max(max(I2))))); %keanggotaan fuzzy HE
    f2=sin(pi/2*(1-I3/max(max(max(I3))))); %keanggotaan fuzzy DC
    gammaHE=2/(m*n*o)*sum(sum(sum(min(f1,1-f1))));
    gammaDC=2/(m*n*o)*sum(sum(sum(min(f2,1-f2))));
    set(handles.text6,'string',['gamma HE = ' num2str(gammaHE)]);
    set(handles.text7,'string',['gamma DC = ' num2str(gammaDC)]);
end

```

**Script Histogram citra input dan output dari kedua metode**

```

%histogram
str=get(handles.pushbutton6,'string');
if strcmp(str,'HISTOGRAM')
    img1=get(handles.axes1,'UserData');
    img2=get(handles.axes2,'UserData');
    img3=get(handles.axes3,'UserData');
if ~isempty(img1)
    cla(handles.axes1,'reset');
    set(handles.axes1,'position',[1.8 0.6923076923076923 118.2
        28.53846153846154]);
    axes(handles.axes1);
    for i=1:size(img1,3)
        imhist(img1(:,:,i));
        hold on
    end
    hold off
    set(handles.axes1,'YTick',[]);
    set(handles.axes1,'UserData',img1);
end
if ~isempty(img2)

```



```
cla(handles.axes2, 'reset');
set(handles.axes2, 'position', [2.0 0.6923076923076923 76.2
    19.30769230769231]);
axes(handles.axes2);
for i=1:size(img2,3)
    imhist(img2(:,:,i));
    hold on
end
    hold off
    set(handles.axes2, 'YTick', []);
    set(handles.axes2, 'UserData', img2);
end
if ~isempty(img3)
    cla(handles.axes3, 'reset');
    set(handles.axes3, 'position', [2.0 0.6923076923076923 76.2
        19.30769230769231]);
    axes(handles.axes3);
    for i=1:size(img3,3)
        imhist(img3(:,:,i));
        hold on
    end
        hold off
        set(handles.axes3, 'YTick', []);
        set(handles.axes3, 'UserData', img3);
    end
        set(handles.pushbutton6, 'string', 'CITRA');
elseif strcmp(str, 'CITRA')
    img1=get(handles.axes1, 'UserData');
    img2=get(handles.axes2, 'UserData');
    img3=get(handles.axes3, 'UserData');
if ~isempty(img1)
    axes(handles.axes1);
    imshow(img1);
    set(handles.axes1, 'UserData', img1);
end
if ~isempty(img2)
    axes(handles.axes2);
    imshow(img2);
```

```

        set(handles.axes2, 'UserData', img2);
    end
    if ~isempty(img3)
        axes(handles.axes3);
        imshow(img3);
        set(handles.axes3, 'UserData', img3);
    end
    set(handles.pushbutton6, 'string', 'HISTOGRAM');
end

```

### *Script Bilateral Filtering*

```

%BilateralFiltering
function Output=BilateralFilter(Input, sigmas, sigmar)
Output=Input;
[m, n, o]=size(Input);
for i=1:o
    %sudut
    Output(1,1,i)=(exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(1,2,i)-
        Input(1,1,i))^2)/(2*sigmar^2))*Input(1,2,i)+...
        exp(-2/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(2,2,i)-
        Input(1,1,i))^2)/(2*sigmar^2))*Input(2,2,i)+...
        exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(2,1,i)-
        Input(1,1,i))^2)/(2*sigmar^2))*Input(2,1,i))/...
        (exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(1,2,i)-
        Input(1,1,i))^2)/(2*sigmar^2))+...
        exp(-2/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(2,2,i)-
        Input(1,1,i))^2)/(2*sigmar^2))+...
        exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(2,1,i)-
        Input(1,1,i))^2)/(2*sigmar^2))));
    Output(1,n,i)=(exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(1,n-1,i)-
        Input(1,n,i))^2)/(2*sigmar^2))*Input(1,n-1,i)+...
        exp(-2/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(2,n-1,i)-
        Input(1,n,i))^2)/(2*sigmar^2))*Input(2,n-1,i)+...
        exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(2,n,i)-
        Input(1,n,i))^2)/(2*sigmar^2))*Input(2,n,i))/...
        (exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(1,n-1,i)-
        Input(1,n,i))^2)/(2*sigmar^2))+...

```

```

    exp(-2/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(2,n-1,i)-
    Input(1,n,i))^2)/(2*sigmar^2))+...
    exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(2,n,i)-
    Input(1,n,i))^2)/(2*sigmar^2)));
Output(m,1,i)=(exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(m,2,i)-
Input(m,1,i))^2)/(2*sigmar^2))*Input(m,2,i)+...
exp(-2/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(m-1,2,i)-
Input(m,1,i))^2)/(2*sigmar^2))*Input(m-1,2,i)+...
exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(m-1,1,i)-
Input(m,1,i))^2)/(2*sigmar^2))*Input(m-1,1,i))/...
(exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(m,2,i)-
Input(m,1,i))^2)/(2*sigmar^2))+...
exp(-2/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(m-1,2,i)-
Input(m,1,i))^2)/(2*sigmar^2))+...
exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(m-1,1,i)-
Input(m,1,i))^2)/(2*sigmar^2))));
Output(m,n,i)=(exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(m,n-1,i)-
Input(m,n,i))^2)/(2*sigmar^2))*Input(m,n-1,i)+...
exp(-2/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(m-1,n-1,i)-
Input(m,n,i))^2)/(2*sigmar^2))*Input(m-1,n-1,i)+...
exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(m-1,n,i)-
Input(m,n,i))^2)/(2*sigmar^2))*Input(m-1,n,i))/...
(exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(m,n-1,i)-
Input(m,n,i))^2)/(2*sigmar^2))+...
exp(-2/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(m-1,n-1,i)-
Input(m,n,i))^2)/(2*sigmar^2))+...
exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(m-1,n,i)-
Input(m,n,i))^2)/(2*sigmar^2))));
%tepi
for j=2:m-1 %tepi vertical
Output(j,1,i)=(exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(j-1,1,i)-
Input(j,1,i))^2)/(2*sigmar^2))*Input(j-1,1,i)+...
exp(-2/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(j-1,2,i)-
Input(j,1,i))^2)/(2*sigmar^2))*Input(j-1,2,i)+...
exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(j,2,i)-
Input(j,1,i))^2)/(2*sigmar^2))*Input(j,2,i)+...
exp(-2/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(j+1,2,i)-
Input(j,1,i))^2)/(2*sigmar^2))*Input(j+1,2,i)+...

```

```

exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(j+1,1,i)-
Input(j,1,i))^2)/(2*sigmar^2))*Input(j+1,1,i))/...
(exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(j-1,1,i)-
Input(j,1,i))^2)/(2*sigmar^2)))+...
exp(-2/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(j-1,2,i)-
Input(j,1,i))^2)/(2*sigmar^2)))+...
exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(j,2,i)-
Input(j,1,i))^2)/(2*sigmar^2)))+...
exp(-2/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(j+1,2,i)-
Input(j,1,i))^2)/(2*sigmar^2)))+...
exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(j+1,1,i)-
Input(j,1,i))^2)/(2*sigmar^2)));
Output(j,n,i)=(exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(j-1,n,i)-
Input(j,n,i))^2)/(2*sigmar^2))*Input(j-1,n,i)+...
exp(-2/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(j-1,n-1,i)-
Input(j,n,i))^2)/(2*sigmar^2))*Input(j-1,n-1,i)+...
exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(j,n-1,i)-
Input(j,n,i))^2)/(2*sigmar^2))*Input(j,n-1,i)+...
exp(-2/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(j+1,n-1,i)-
Input(j,n,i))^2)/(2*sigmar^2))*Input(j+1,n-1,i)+...
exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(j+1,n,i)-
Input(j,n,i))^2)/(2*sigmar^2))*Input(j+1,n,i))/...
(exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(j-1,n,i)-
Input(j,n,i))^2)/(2*sigmar^2)))+...
exp(-2/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(j-1,n-1,i)-
Input(j,n,i))^2)/(2*sigmar^2)))+...
exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(j,n-1,i)-
Input(j,n,i))^2)/(2*sigmar^2)))+...
exp(-2/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(j+1,n-1,i)-
Input(j,n,i))^2)/(2*sigmar^2)))+...
exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(j+1,n,i)-
Input(j,n,i))^2)/(2*sigmar^2)));
end
for j=2:n-1 %tepi horizontal
Output(1,j,i)=(exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(1,j-1,i)-
Input(1,j,i))^2)/(2*sigmar^2))*Input(1,j-1,i)+...
exp(-2/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(2,j-1,i)-
Input(1,j,i))^2)/(2*sigmar^2))*Input(2,j-1,i)+...

```

```

exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(2,j,i)-
Input(1,j,i))^2)/(2*sigmar^2))*Input(2,j,i)+...
exp(-2/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(2,j+1,i)-
Input(1,j,i))^2)/(2*sigmar^2))*Input(2,j+1,i)+...
exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(1,j+1,i)-
Input(1,j,i))^2)/(2*sigmar^2))*Input(1,j+1,i))/...
(exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(1,j-1,i)-
Input(1,j,i))^2)/(2*sigmar^2)))+...
exp(-2/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(2,j-1,i)-
Input(1,j,i))^2)/(2*sigmar^2)))+...
exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(2,j,i)-
Input(1,j,i))^2)/(2*sigmar^2)))+...
exp(-2/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(2,j+1,i)-
Input(1,j,i))^2)/(2*sigmar^2)))+...
exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(1,j+1,i)-
Input(1,j,i))^2)/(2*sigmar^2)));
Output(m,j,i)=(exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(m,j-1,i)-
Input(m,j,i))^2)/(2*sigmar^2))*Input(m,j-1,i)+...
exp(-2/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(m-1,j-1,i)-
Input(m,j,i))^2)/(2*sigmar^2))*Input(m-1,j-1,i)+...
exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(m-1,j,i)-
Input(m,j,i))^2)/(2*sigmar^2))*Input(m-1,j,i)+...
exp(-2/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(m-1,j+1,i)-
Input(m,j,i))^2)/(2*sigmar^2))*Input(m-1,j+1,i)+...
exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(m,j+1,i)-
Input(m,j,i))^2)/(2*sigmar^2))*Input(m,j+1,i))/...
(exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(m,j-1,i)-
Input(m,j,i))^2)/(2*sigmar^2)))+...
exp(-2/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(m-1,j-1,i)-
Input(m,j,i))^2)/(2*sigmar^2)))+...
exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(m-1,j,i)-
Input(m,j,i))^2)/(2*sigmar^2)))+...
exp(-2/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(m-1,j+1,i)-
Input(m,j,i))^2)/(2*sigmar^2)))+...
exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(m,j+1,i)-
Input(m,j,i))^2)/(2*sigmar^2)));

```

end

%tengah



```

for j=2:m-1
  for k=2:n-1
    Output(j,k,i)=(exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(j-1,k,i)-
      Input(j,k,i))^2)/(2*sigmar^2))*Input(j-1,k,i)+...
      exp(-2/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(j-1,k+1,i)-
      Input(j,k,i))^2)/(2*sigmar^2))*Input(j-1,k+1,i)+...
      exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(j,k+1,i)-
      Input(j,k,i))^2)/(2*sigmar^2))*Input(j,k+1,i)+...
      exp(-2/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(j+1,k+1,i)-
      Input(j,k,i))^2)/(2*sigmar^2))*Input(j+1,k+1,i)+...
      exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(j+1,k,i)-
      Input(j,k,i))^2)/(2*sigmar^2))*Input(j+1,k,i)+...
      exp(-2/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(j+1,k-1,i)-
      Input(j,k,i))^2)/(2*sigmar^2))*Input(j+1,k-1,i)+...
      exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(j,k-1,i)-
      Input(j,k,i))^2)/(2*sigmar^2))*Input(j,k-1,i)+...
      exp(-2/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(j-1,k-1,i)-
      Input(j,k,i))^2)/(2*sigmar^2))*Input(j-1,k-1,i))/...
      (exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(j-1,k,i)-
      Input(j,k,i))^2)/(2*sigmar^2)))+...
      exp(-2/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(j-1,k+1,i)-
      Input(j,k,i))^2)/(2*sigmar^2)))+...
      exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(j,k+1,i)-
      Input(j,k,i))^2)/(2*sigmar^2)))+...
      exp(-2/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(j+1,k+1,i)-
      Input(j,k,i))^2)/(2*sigmar^2)))+...
      exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(j+1,k,i)-
      Input(j,k,i))^2)/(2*sigmar^2)))+...
      exp(-2/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(j+1,k-1,i)-
      Input(j,k,i))^2)/(2*sigmar^2)))+...
      exp(-1/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(j,k-1,i)-
      Input(j,k,i))^2)/(2*sigmar^2)))+...
      exp(-2/(2*sigmas^2))*exp(-((Input(j-1,k-1,i)-
      Input(j,k,i))^2)/(2*sigmar^2)))));
    end
  end
end

```



*Script Linear Mapping*

```

%LinearMapping
function Output=LinearMapping (Input, Threshold)
if length (Threshold)==1
    Threshold= repmat (Threshold, 1, 2);
end
S1=0; i=0;
while S1<Threshold (1)
    S1=S1+sum (sum (sum (Input==i)));
    i=i+1;
end
minBL=i-1;
S2=0; i=255;
while S2<Threshold (2)
    S2=S2+sum (sum (sum (Input==i)));
    i=i-1;
end
maxBL=i+1;
Output=Input;
Output (Input<=minBL)=0;
Output (Input>=maxBL)=255;
for i=minBL+1:maxBL-1
    Output (Input==i)=255* (i-minBL) / (maxBL-minBL);
end

```

*Script S-Curve*

```

%S-Curve
function Output=SCurve (Input, para)
Output=Input;
for i=0:127
    Output (Input==i)=255*0.5* ((para^(i/255)-1) / (para^0.5-1));
end
for i=128:255
    Output (Input==i)=255*0.5* ((1-para^(1-i/255)) / (para^0.5-1)+2);
end

```