

Skripsi Fisika

**APLIKASI TRANSFORMASI FOURIER CEPAT
UNTUK PENINGKATAN KUALITAS CITRA MEDIK**

NUR ASNI

H 211 13 303



**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2017**

**APLIKASI TRANSFORMASI FOURIER CEPAT
UNTUK PENINGKATAN KUALITAS CITRA MEDIK**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin*

Oleh :

NUR ASNI

H 211 13 303

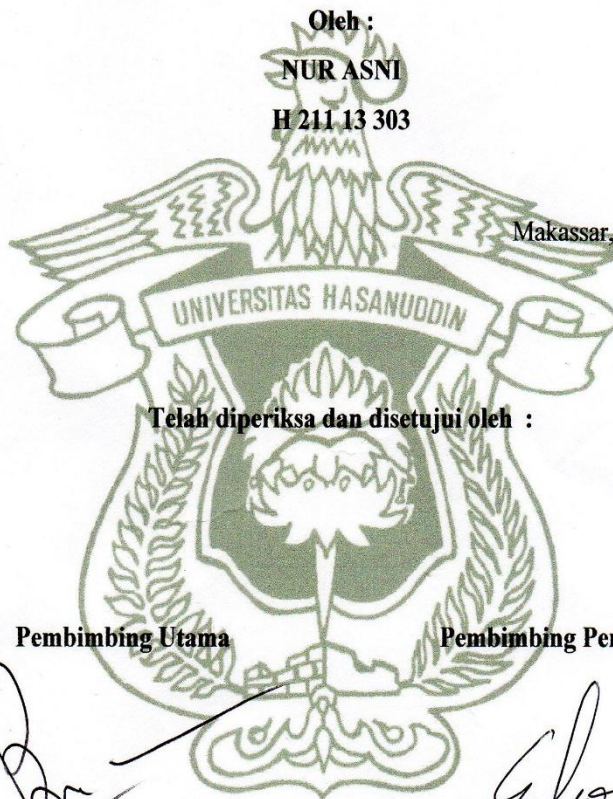
**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2017**

LEMBAR PENGESAHAN

**APLIKASI TRANSFORMASI FOURIER CEPAT
UNTUK PENINGKATAN KUALITAS CITRA MEDIK**

Oleh :
NUR ASNI
H 211.13.303


Makassar, Mei 2017




Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing Utama

Pembimbing Pertama


Dr. Bualkar Abdullah, M.Eng.Sc
NIP. 19550105 197802 1 001


Eko Juarlin, S.Si., M.Si
NIP. 19811106 200812 1 002

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini merupakan karya orisinal saya dan sepanjang pengetahuan saya tidak memuat bahan yang pernah dipublikan atau ditulis oleh orang lain dalam rangka tugas akhir untuk sesuatu gelar akademik di Universitas Hasanuddin atau di lembaga pendidikan lainnya dimanapun, kecuali bagian yang telah dikutip sesuai kaidah ilmiah yang berlaku. Saya juga menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil karya saya sendiri dalam batas tertentu yang dibantu oleh pihak pembimbing.

Penulis

NUR ASNI

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang teknik filterisasi pada citra *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) dengan cara menerapkan beberapa jenis filter untuk mengurangi *noise* dan penajaman tepi pada citra berbasis Transformasi Fourier Cepat (TFC). Citra diubah ke dalam domain frekuensi menggunakan Transformasi Fourier Cepat. Citra hasil transformasi diolah menggunakan *Low Pass Filter* berupa *Ideal Low Pass Filter*, *Butterworth Low Pass Filter* dan *Gaussian Low Pass Filter* untuk mengurangi *noise*. Sedangkan, untuk penajaman tepi diolah menggunakan *High Pass Filter* berupa *Ideal High Pass Filter*, *Butterworth High Pass Filter* dan *Gaussian High Pass Filter*. *Low Pass Filter* bekerja dengan cara meloloskan komponen frekuensi rendah sehingga citra yang dihasilkan menjadi lebih halus, sedangkan *High Pass Filter* bekerja dengan cara meloloskan komponen frekuensi tinggi sehingga tepi citra menjadi lebih tajam. Citra hasil filter kemudian dikembalikan ke dalam domain spasial menggunakan Invers Transformasi Fourier Cepat (ITFC). Untuk menentukan citra hasil filter terbaik digunakan parameter berupa *Mean Square Error* (MSE) dan *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR), dimana citra yang paling baik adalah citra hasil filter dengan nilai MSE yang terendah dan nilai PSNR yang tertinggi. Dari perbandingan nilai MSE dan PSNR citra hasil diperoleh bahwa untuk mengurangi *noise*, filter yang baik adalah *Gaussian Low Pass Filter* pada frekuensi *cut-off*=100. Sedangkan, untuk penajaman tepi citra filter yang baik adalah *Gaussian High Pass Filter* pada frekuensi *cut-off*=10.

Kata Kunci : Transformasi Fourier Cepat (TFC), Invers Transformasi Fourier Cepat (ITFC), *Low Pass Filter*, *High Pass Filter*, MSE, PSNR.

ABSTRACT

A research has been done about filtering techniques on the Magnetic Resonance Imaging (MRI) images by applying some types of filter for noise reduction and edges sharpening on the images based on Fast Fourier Transform (FFT). The images convert into frequency domain using Fast Fourier Transform. The images transformed processed by using Low Pass Filter such as Ideal Low Pass Filter, Butterworth Low Pass Filter and Gaussian Low Pass Filter for noises reduce. While, for edges sharpening using High Pass Filter such as Ideal High Pass Filter, Butterworth High Pass Filter and Gaussian High Pass Filter. Low Pass Filter working by passing the low frequencies component so the images becomes smoothest, while the High Pass Filter working by passing the high frequencies component so edge of the images become sharper. Images filtered converting back into spacial domain by applying Inverse Fast Fourier Transform (IFFT). For determining the greater images filtered obtained by calculating the Mean Square Error (MSE) and Peak Signal to Noise Ratio (PSNR), where the greater images filtered is the image with lowest MSE value and higher PSNR value. By comparing MSE and PSNR value of images filtered we obtained that the good filter for noise reduction is Gaussian Low Pass Filter at cut-off frequency=100. While, the good filter for image edge sharpening is High Pass Filter at cut-off frequency=10.

Key Words: Fast Fourier Transform (FFT), Inverse Fast Fourier Transform (IFFT), Low Pass Filter, High Pass Filter, MSE , PSNR.

KATA PENGANTAR



Assalamu 'Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirrahmanir Rahim, segala puji hanya milik Allah SWT yang dengan segala limpahan rahmat, berkah, karunia serta pertolongan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Aplikasi Transformasi Fourier Cepat untuk Peningkatan Kualitas Citra Medik**”. Shalawat dan salam senantiasa tercurah kepada baginda Rasul Muhammad SAW beserta segenap keluarga besar dan sahabat-sahabatnya.

Ucapan terima kasih dari lubuk hati yang paling dalam atas bantuan, bimbingan, motivasi, dan do'a dari berbagai pihak sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang merupakan tugas akhir untuk memperoleh gelar sarjana di Departemen Fisika Universitas Hasanuddin. Rasa terima kasih atas kasih sayang yang melimpah dan nasehat yang tak pernah putus, serta penghargaan yang setinggi-tingginya penulis persembahkan kepada Ayahanda **Asbudi** dan Ibunda **Hj. Nur Jannah** yang senantiasa mendukung dan mendo'akan penulis dalam menjalani rantau demi menuntut ilmu dan melanjutkan pendidikan.

Untuk kakakku **Ayu Astri** (My Super Sister) dan **Muh. Idris** (The Best Brother in Law Ever) yang senantiasa memberikan motivasi dan dukungan yang sangat berarti bagi penulis dan kedua anaknya **Azah Nur Asyila & Muh. Asriel Nugraha** (Kesayangannya Anni) yang selalu berhasil membuatku rindu rumah terlebih selama masa penyelesaian tugas akhir ini. Juga Ambo Tua **Abdul Muin**

yang selalu setia dengan cerita-cerita lucunya disaat penulis sedang lelah serta paci' **Muh. Talib, Baharuddin** dan tante **Darmiati** juga adik-adik sepupuku **Muh. Ilham** (almarhum), **Muh Ayyub** dan **Muh Ikhsan** yang bersedia menemani bermain game, sepeda dan memancing kala di kampung, serta para keluarga besar lainnya.

Penulis juga mengucapkan terimah kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak **Dr. Bualkar Abdullah, M.Eng.Sc.** selaku Pembimbing Utama juga Penasehat Akademik yang selalu meluangkan waktunya untuk memberikan bantuan, motivasi dan nasehat serta saran yang membangun dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak **Eko Juarlin, S.Si., M.Si.** selaku pembimbing pertama juga sebagai Koordinator Seminar yang selalu meluangkan waktunya dalam memberikan arahan, bimbingan dan bantuan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
3. Bapak **Prof. Dr. Dahlang Tahir, M.Si., Ph.D.**, Bapak **Drs. Bangsawan BJ, M.Si.**, Bapak **Bannu Abdul Samad, S.Si., M.Si.** selaku tim penguji yang senantiasa meluangkan waktu untuk memberikan kritik dan saran untuk perbaikan skripsi ini.
4. Bapak **Dr. Tasrief Surungan, M.Sc.**, selaku Ketua Departemen Fisika periode sebelumnya dan Bapak **Dr. H. Arifin, MT.** selaku Ketua Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

5. Bapak dan Ibu **Dosen** Jurusan Fisika FMIPA Unhas yang tidak pernah lelah menuangkan segala ilmu dan idenya demi kemajuan penulis.
6. Bapak dan Ibu **Staf Karyawan** Departemen Fisika dan Bapak/Ibu **Staf Karyawan** Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin yang telah memberikan bantuan kepada penulis dalam pengurusan administrasi.
7. Seluruh **Asisten** pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin, khususnya pada Departemen Fisika yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan dan keterampilan yang sangat berharga kepada penulis.
8. Sahabat **Frontal Astrid Nur Nubuwah** (My Posesive 'Girl-friend') yang setia menemani penulis dari urusan A-Z, bisa jadi Ibu, sahabat, kakak, guru dan sama-sama berjuang selama hampir empat tahun dari sahabat sampai ke jurusan fisika, juga **Stiva Yulianti Azhar** (Mace) dan **An Nisyah** (Nigol) yang setia menghibur dikala galau.
9. Sahabat-sahabat penulis **Gembelehe'** gabungan orang-orang gila yang berniat insyaf tapi ditakdirkan jadi orang gila. Para Ladies : **Hariana** 'Iwan', **Sulfiana** 'Abel', **Masyita**, **Reski** 'Eki', **Fauziah** 'Iccu', Bunda **Aisyah**, 'Riri' **Hardianti**, **Fitri**, **Anita**, **Winda**, **Handayani**, **Zakirah**, **Kurniati**, 'Bani' **Mudrika**, **Nirwana**. Para Gentleman : **Muh. Danial**, 'Aldy' **Syarif**, 'Uce' **Mustahir** dan **Nasruddin**.
10. Sahabat-sahabat penulis **Para Boentoe** (PaBo) 'Ijul' **Azisul bin Samad** (RaBun), **Desi Nirmalasari** (DeBun) dan **Dahlia** (LiBun).

11. Sahabat-sahabat penulis **A. Ulil Asmi** ‘mimi’ dan **Nurlaela** ‘Ela’ yang tetap memberikan semangat meski dari jauh.
12. Saudaraku **Angker013 squad 88**, tak ada yang khusus karena kalian semua istimewa. Salam ‘**Kami Satu Kami Saudara**’.
13. Teman-teman **Mipa 2013** yang disatukan dalam lembaga, Ketua Angkatan Mipa dan teman-teman se-MIPA lainnya. Salam ‘**Use Your Mind Be The Best**’.
14. Teman-teman **Fisika 2013** yang selama hampir empat tahun berjuang bersama di program studi fisika, menghadapi perkuliahan, ujian dan menyusun tugas akhir bersama, serta kakak-kakak dan adik-adik **Fisika FMIPA Unhas**.
15. Kakak-kakak dan adik-adik **HIMAFI FMIPA Unhas** tanpa terkecuali.
16. Teman-teman yang telah direpotkan dalam perjalanan penulis dalam penelitian ini **Sultan** yang setia membantu mengoreksi revisi naskah, teman berdiskusi serta memberikan masukan, **Muh. Fauzi M** dan **Muh. Nur Gazali Yunus**, **Suhana** yang bersedia membagi ilmunya, **Muh. Tamlicha**, **Ruzaini** dan **Wilda Satriani** yang membantu dalam perbaikan abstrak penulis.
17. Teman-teman **KKN Reguler Unhas gelombang 93**, para KKNers Kabupaten Soppeng, para KKNers Kecamatan Liriaja, teman-teman posko **Desa Rompegading** ‘kk kordes’ **Ratno**, **Rustan** ‘capidol’, **Miswandi**, **Nurul Anuqrah Wati**, terkhusus ‘kak diah’ **Nurmadiyah** yang selalu tampil bijak dan lebih khusus lagi ‘Muce’ **Muzdalifah** teman tidur, teman mewek teman segala-galanya di posko.

18. Teman-teman Praktik Kerja Lapangan (PKL) di RS. Gatot Soebroto Jakarta Pusat yang sama-sama berjuang di Ibu Kota, ‘Abang Kumis’ **Ardi Armawansyah** terimakasih atas CFD yang mengesankan serta jalan-jalan yang melelahkannya juga **Saldi Budianto** yang setia menemani, **Astrid, Ramlah** dan **Hasnani** terimakasih atas menu ‘masakan sehatnya’ selama sebulan di Jakarta dan juga **Stiva**.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih sangat jauh dari kesempurnaan, dikarenakan keterbatasan kemampuan yang dimiliki oleh penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak serta pembaca sekalian demi kebaikan skripsi ini yang dapat penulis jadikan referensi dalam karya berikutnya.

Akhir kata semoga Allah SWT memberikan kebaikan, rahmat dan ridhonya kepada seluruh pihak yang telah memberikan bantuannya baik secara langsung maupun tidak langsung, baik moril maupun materil kepada penulis. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat berguna bagi penulis dan pihak-pihak terkait pada umumnya. Amin.

Wassalamu ‘Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Makassar, Mei 2017

Penulis

NUR ASNI

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
 BAB I PENDAHULUAN	
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Ruang Lingkup.....	2
I.3 Tujuan Penelitian.....	2
I.4 Batasan Masalah.....	3
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
II.1 Pencitraan Medik.....	4
II.2 Transformasi Fourier (TF).....	5

II.3 Transformasi Fourier Cepat (TFC).....	6
II.4 Filterisasi dalam Domain Frekuensi.....	7
II.4.1 <i>Low Pass Filter</i>	8
II.4.1.1 <i>Ideal Low Pass Filter (ILPF)</i>	8
II.4.1.2 <i>Butterworth Low Pass Filter (BLPF)</i>	9
II.4.1.3 <i>Gaussian Low Pass Filter (GLPF)</i>	9
II.4.2 <i>High Pass Filter</i>	10
II.4.2.1 <i>Ideal High Pass Filter (IHPF)</i>	10
II.4.2.2 <i>Butterworth High Pass Filter (BHPF)</i>	11
II.4.2.3 <i>Gaussian High Pass Filter (GHPF)</i>	11
II.5 Parameter untuk Mengukur Kualitas Citra.....	12
II.5.1 <i>Mean Square Error (MSE)</i>	12
II.4.2 <i>Peak Signal to Noise Ratio (PSNR)</i>	12

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Prosedur Penelitian.....	14
III.1.1 Teknik Pengumpulan Data.....	14
III.1.2 Teknik Pengolahan Data.....	15
III.1.3 Teknik Analisis Data.....	16
III.2 Bagan Alir Penelitian.....	18

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Tampilan Citra Hasil Transformasi menggunakan Transformasi Fourier Cepat.....	19
---	----

IV.2 Tampilan Citra Hasil Transformasi menggunakan Invers	
Transformasi Fourier Cepat (ITFC).....	20
IV.2.1 Transformasi Balik Citra pada <i>Low Pass Filter</i>	21
IV.2.2 Transformasi Balik Citra pada <i>High Pass Filter</i>	27
IV.3 Tampilan Hasil Pencuplikan Citra Asli dan Citra Hasil Filter.....	33
IV.4 Pengukuran Kualitas Citra Hasil Filter.....	35

BAB V PENUTUP

V.1 Kesimpulan.....	39
V.2 Saran.....	39

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar III.1 Bagan Alir Penelitian.....	18
Gambar IV.1 (a) Citra Asli (b) Spektrum Fourier Citra Asli.....	19
Gambar IV.2 (a) Citra dengan <i>Noise</i> Gaussian (b) Spektrum Fourier Citra dengan <i>Noise</i> Gaussian.....	20
Gambar IV.3 Citra Hasil <i>Ideal Low Pass Filter</i> pada Beberapa Nilai <i>Cut-off</i>	22
Gambar IV.4 Citra Hasil dari <i>Butterworth Low Pass Filter</i> pada Beberapa Nilai <i>Cut-off</i>	24
Gambar IV.5 Citra Hasil dari <i>Gaussian Low Pass Filter</i> pada Beberapa Nilai <i>Cut-off</i>	25
Gambar IV.6 Citra Hasil dari <i>Ideal High Pass Filter</i> pada Beberapa Nilai <i>Cut-off</i>	28
Gambar IV.7 Citra Hasil dari <i>Butterworth High Pass Filter</i> pada Beberapa Nilai <i>Cut-off</i>	30
Gambar IV.8 Citra Hasil dari <i>Gaussian High Pass Filter</i> pada Beberapa Nilai <i>Cut-off</i>	31
Gambar IV. 9 Citra Hasil Cuplik (a) Citra Asli dengan <i>Noise</i> (b) Citra Hasil ILPF (c) Citra Hasil BLPF (d) Citra Hasil GLPF.....	33
Gambar IV. 10 Citra Hasil Cuplik (a) Citra Asli (b) Citra Hasil IHPF (c) Citra Hasil BHPF (d) Citra Hasil GHPF.....	33
Gambar IV.11 Grafik Nilai MSE pada <i>Low Pass Filter</i>	35

Gambar IV.12 Grafik Nilai PSNR pada <i>Low Pass Filter</i>	36
Gambar IV.13 Grafik Nilai MSE pada <i>High Pass Filter</i>	37
Gambar IV.14 Grafik Nilai PSNR pada <i>High Pass Filter</i>	37

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Tabel 1. Representasi Dua Dimensi Variasi Nilai *Cut-off* pada *Low Pass Filter*
- Lampiran 2 Tabel 2. Representasi Dua Dimensi Variasi Nilai *Cut-off* pada *High Pass Filter*
- Lampiran 3 Tabel 3. Citra *Hasil Low Pass Filter* dengan Variasi Nilai *Cut-off* (D_0)
- Lampiran 4 Tabel 4. Citra *Hasil High Pass Filter* dengan Variasi Nilai *Cut-off* (D_0)
- Lampiran 5 Tabel 5. Data Susunan Komponen Nilai Matriks Citra Asli
- Lampiran 6 Tabel 6. Data Susunan Komponen Nilai Matriks Citra Asli dengan *Noise*
- Lampiran 7 Tabel 7. Data Susunan Komponen Nilai Matriks Citra Hasil *Ideal Low Pass Filter* (ILPF) pada Nilai *Cut-off* 100
- Lampiran 8 Tabel 8. Data Susunan Komponen Nilai Matriks Citra Hasil *Butterworth Low Pass Filter* (BLPF) pada Nilai *Cut-off* 100
- Lampiran 9 Tabel 9. Data Susunan Komponen Nilai Matriks Citra Hasil *Gaussian Low Pass Filter* (GLPF) pada Nilai *Cut-off* 100
- Lampiran 10 Tabel 10. Data Susunan Komponen Nilai Matriks Citra Hasil *Ideal High Pass Filter* (IHPF) pada Nilai *Cut-off* 10
- Lampiran 11 Tabel 11. Data Komponen Susunan Nilai Matriks Citra Hasil *Butterworth High Pass Filter* (BHPF) pada Nilai *Cut-off* 10
- Lampiran 12 Tabel 12. Data Susunan Komponen Nilai Matriks Citra Hasil *Gaussian High Pass Filter* (GHPF) pada Nilai *Cut-off* 10

Lampiran 13 Tabel 13. Nilai MSE dan PSNR *Low Pass Filter* dengan Variasi Nilai *Cut-off* (D_0)

Lampiran 14 Tabel 14. Nilai MSE dan PSNR *High Pass Filter* dengan Variasi Nilai *Cut-off* (D_0)

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Teknik pengolahan citra semakin berkembang dan dipergunakan dalam berbagai bidang, termasuk dalam bidang kesehatan^[1-3]. Pengolahan citra dalam bidang kesehatan disebut pengolahan citra medik. Citra medik digunakan untuk mengetahui anatomi atau struktur bagian dalam tubuh manusia^[1]. Citra medik kemudian digunakan sebagai dasar konsultasi dan acuan diagnosis untuk menentukan tindakan dan langkah penyembuhan terhadap pasien^[1,4].

Ada beberapa modalitas pencitraan medik salah satunya adalah *Magnetic Resonance Imaging* (MRI)^[1,5]. MRI merupakan modalitas pencitraan noninvasif (tanpa pembedahan) dan tidak menggunakan radiasi pengion^[6]. Namun, citra MRI seringkali mengalami penurunan kualitas karena adanya gangguan berupa *noise* dan kekaburan pada citra, baik pada proses pengambilan maupun penyimpanan citra^[7,8,9,10]. Hal ini menyebabkan citra sulit diinterpretasikan karena informasi yang disampaikan menjadi berkurang sehingga menghambat proses diagnosis^[4,10].

Agar citra mudah diinterpretasikan, maka citra perlu diolah dengan cara meningkatkan kualitasnya untuk memperoleh citra hasil yang lebih baik, sehingga memudahkan dalam proses analisis^[10-13]. Salah satu bidang pengolahan citra adalah transformasi citra. Transformasi citra merupakan proses pengubahan citra dari suatu kawasan ke kawasan yang lain. Ada banyak jenis transformasi yang dapat digunakan dalam pengolahan citra salah satunya adalah Transformasi Fourier^[14].

Telah dilakukan beberapa penelitian untuk pengolahan citra digital yang dilakukan oleh Salahuddin dkk, pada tahun 2013^[2], Umamageswari dkk, pada tahun 2014^[11] dan Arunachalam dkk, pada tahun 2015^[12]. Penelitian-penelitian tersebut melakukan peningkatan kualitas citra dengan teknik transformasi citra menggunakan Transformasi Fourier.

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, penulis melakukan peningkatan kualitas citra medik menggunakan citra MRI dengan teknik filterisasi pada domain frekuensi menggunakan metode Transformasi Fourier Cepat (TFC). Kualitas citra hasil filter kemudian dibandingkan menggunakan parameter kualitas citra berupa *Mean Square Error* (MSE) dan *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR) untuk menentukan citra hasil terbaik dari beberapa jenis *low pass filter* dan *high pass filter*.

I.2 Ruang Lingkup

Dalam penelitian ini dilakukan filterisasi di dalam domain frekuensi pada citra hasil pemindaian pesawat MRI. Teknik pemfilteran menggunakan beberapa jenis *low pass filter* untuk mengurangi *noise* dan pelembutan citra MRI dan *high pass filter* untuk penajaman tepi citra MRI.

I.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan jenis *low pass filter* yang sesuai untuk menghilangkan *noise* dan pelembutan pada citra MRI.
2. Menentukan jenis *high pass filter* yang sesuai untuk penajaman tepi pada citra MRI.

I.4 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Citra masukan yang diolah adalah citra hasil pemindaian pesawat MRI yang disimpan dalam format bitmap (*.bmp).
2. Metode transformasi yang digunakan adalah algoritma TFC.
3. Penelitian ini hanya meliputi pemfilteran pada domain frekuensi.
4. Jenis filter yang digunakan adalah variasi *low pass filter* berupa *Ideal Low Pass Filter* (ILPF), *Butterworth Low Pass Filter* (BLPF) dan *Gaussian Low Pass Filter* (GLPF). Sedangkan untuk jenis *high pass filter* berupa *Ideal High Pass Filter* (IHPF), *Butterworth High Pass Filter* (BHPF) dan *Gaussian High Pass Filter* (GHPF).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Pencitraan Medik

Pencitraan medik merupakan cara yang dilakukan untuk mengetahui bagian dalam dari tubuh manusia. Dalam perkembangannya pencitraan medik banyak digunakan dalam biomedik^[1]. *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) merupakan salah satu modalitas dalam pencitraan medik^[1,5]. MRI merupakan teknik pencitraan medik noninvasif yang menghasilkan rekaman potongan penampang tubuh atau organ manusia^[6,15,16].

Dalam dunia kesehatan MRI digunakan sebagai alat diagnostik yang bekerja dengan cara memindai struktur bagian dalam tubuh^[7]. Citra hasil pemindaian MRI berupa potongan koronal (potongan yang membagi organ menjadi dua bagian depan dan belakang), potongan sagital (potongan yang membagi organ menjadi dua bagian kanan dan kiri), potongan aksial (potongan yang membagi organ menjadi dua bagian atas dan bawah) dan oblik (potongan dengan sudut tertentu)^[1,16].

Tahap pembentukan citra pada MRI melalui 3 fase utama yaitu fase presesi (magnetisasi), fase resonansi dan fase relaksasi^[1]. Adapun prosesnya adalah sebagai berikut:

1. Tubuh manusia sebagian besar terdiri atas air (H₂O) yang mengandung dua atom H yang memiliki nomor atom ganjil dan terdapat satu proton pada intinya^[1]. Struktur atom hidrogen di dalam tubuh manusia mempunyai arah yang acak dan bergerak bebas^[15,16]. Ketika tubuh diletakkan di dalam medan

magnet maka atom H akan sejajar dengan arah medan magnet (fase magnetisasi), sedangkan spin akan searah atau berlawanan arah dengan medan magnet (paralel atau antiparalel)^[15].

2. Saat diberikan frekuensi radio, maka atom H akan menyerap energi dari frekuensi radio tersebut yang mengakibatkan atom H mengalami pembelokan yang besarnya bergantung besar dan lamanya energi frekuensi radio yang diberikan^[16].
3. Saat energi dihentikan maka atom H akan sejajar kembali dengan arah medan magnet sambil melepaskan energi yang diserap oleh proton (fase relaksasi)^[1,16]. Energi yang dilepas ini merupakan sinyal yang diterima oleh detektor dan diterjemahkan dalam bentuk citra^[1,15,16].

II.2 Transformasi Fourier (TF)

Transformasi Fourier adalah operasi matematika yang digunakan dalam bidang pencitraan medik salah satunya untuk penyaringan citra^[5,17]. Transformasi Fourier mengubah citra dari domain spasial ke dalam domain frekuensi^[11,17,18], kemudian citra dapat diubah kembali ke dalam domain spasialnya dengan menggunakan Invers Transformasi Fourier (ITF)^[11,17].

Citra hasil transformasi mewakili citra dalam domain frekuensi, sedangkan citra masukan setara dengan domain spasialnya. Pada citra domain frekuensi, setiap titik merupakan representasi frekuensi tertentu yang terkandung dalam citra domain spasial^[5,17]. Transformasi Fourier dapat diaplikasikan untuk pengolahan citra serta analisis data berupa *high pass filter* dan *low pass filter*^[19].

Transformasi Fourier $F(u)$ dari variabel tunggal dengan fungsi kontinu $f(x)$ dapat didefinisikan dengan persamaan berikut ^[17]:

$$F(u) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x)e^{-j2\pi ux} dx \quad (1)$$

Dimana $j = \sqrt{-1}$. Kebalikan dari $F(u)$, dapat diberikan dengan $f(x)$ sebagai *invers* dari transformasi Fourier ^[17]:

$$f(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} F(u)e^{j2\pi ux} du \quad (2)$$

Persamaan ini dapat diperluas menjadi dua variabel u dan v untuk Transformasi Fourier dua dimensi, yang ditunjukkan pada persamaan berikut ^[17]:

$$F(u, v) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} f(x, y)e^{-j2\pi(ux+vy)} dx dy \quad (3)$$

$$f(x, y) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} F(u, v)e^{j2\pi(ux+vy)} dudv \quad (4)$$

II.3 Transformasi Fourier Cepat (TFC)

Transformasi Fourier bersifat kontinu. Sedangkan untuk kebutuhan pengolahan citra, fungsi yang akan ditransformasi harus fungsi diskrit. Transformasi Fourier Diskrit (TFD) adalah Transformasi Fourier yang dikenakan pada fungsi diskrit dengan hasil transformasi yang diskrit pula^[10]. Sedangkan algoritma yang mengkalkulasi TFD disebut TFC^[17]. TFC dua dimensi bekerja dengan cara mengkomputasikan TFC satu dimensi pada setiap kolom X diikuti oleh TFD satu dimensi pada setiap baris dari hasil komputasi^[14]. TFC merupakan modalitas dalam pencitraan medik yang digunakan untuk *filtering* dan *denoising*^[5]

Untuk citra dengan ukuran piksel $M \times N$ berikut ini merupakan persamaan TFC dua dimensi beserta Invers Transformasi Fourier Cepat (ITFC) secara berturut-turut^[11]:

$$F(u, v) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) e^{-j2\pi\left(\frac{ux}{M} + \frac{vy}{N}\right)} \quad (5)$$

$$f(x, y) = \frac{1}{MN} \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} F(u, v) e^{j2\pi\left(\frac{ux}{M} + \frac{vy}{N}\right)} \quad (6)$$

Untuk $u=0,1,2,\dots,M-1$ dan $v=0,1,2,\dots,M-1$, dengan $x=0,1,2,\dots,M-1$ dan $y=0,1,2,\dots,M-1$.

Dengan faktor Twiddle yaitu $W_n = \exp\left(-j2\pi\left(\frac{ux}{M} + \frac{vy}{N}\right)\right)$

Dimana

M : jumlah baris (tinggi citra)

N : jumlah kolom (lebar citra)

$f(x,y)$: koordinat masing-masing piksel (x,y)

$F(u,v)$: nilai citra dalam domain frekuensi yang sesuai dengan koordinat x dan y

II.4 Filterisasi dalam Domain Frekuensi

Filterisasi membantu meningkatkan citra dengan cara mengurangi *noise* dengan cara melembutkan citra maupun mempertajam atau memperjelas tepi pada citra. Ada beberapa teknik *filtering* diantaranya *low pass filter* dan *high pass filter*^[20].

II.4.1 Low Pass Filter

Low pass filter digunakan untuk melembutkan citra dan menghilangkan atau mereduksi *noise* pada citra^[8,20]. *Low pass filter* bekerja dengan cara meloloskan komponen yang berfrekuensi rendah dan menahan atau mengatenuasi komponen yang frekuensinya lebih tinggi daripada nilai *cut-off*^[8,18,20].

II.4.1.1 Ideal Low Pass Filter (ILPF)

Ideal low pass filter bekerja dengan cara meloloskan semua frekuensi yang berada didalam lingkaran dengan radius D_0 tanpa pelemahan, sedangkan semua frekuensi yang berada diluar lingkaran ditahan (tidak diloloskan). ILPF dapat dirumuskan melalui persamaan berikut^[13,19,21]:

$$H(u, v) = \begin{cases} 1 & \text{jika } D(u, v) \leq D_0 \\ 0 & \text{jika } D(u, v) > D_0 \end{cases} \quad (7)$$

Adapun pusat dari kotak frekuensinya adalah sebagai berikut:

$$D(u, v) = \left[\left(u - \frac{M}{2} \right)^2 + \left(v - \frac{N}{2} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

Dimana

$H(u, v)$: fungsi filter

$D(u, v)$: jarak dari titik (u, v) ke pusat kotak frekuensi (titik pusat transformasi)

u, v : representasi koordinat piksel pada domain frekuensi

D_0 : nilai *cut-off*

M : jumlah baris (tinggi citra)

N : jumlah kolom (lebar citra)

II.4.1.2 Butterworth Low Pass Filter (BLPF)

Butterworth low pass filter bekerja dengan cara menghilangkan *noise* frekuensi tinggi dengan hanya menghilangkan separuh (frekuensi tertentu) dari komponen sinyal dalam *pass-band* tertentu dengan orde n ^[13,20]. BLPF dapat dirumuskan melalui persamaan berikut^[20,21]:

$$H(u, v) = \frac{1}{1 + \left[\frac{D(u, v)}{D_0} \right]^{2n}} \quad (9)$$

Dimana

$H(u, v)$: fungsi filter

$D(u, v)$: jarak dari titik (u, v) ke pusat kotak frekuensi (titik pusat transformasi)

D_0 : nilai *cut-off*

n : nilai orde

II.4.1.3 Gaussian Low Pass Filter (GLPF)

Gaussian low pass filter digunakan untuk mengetahui hubungan antara domain spasial dengan domain frekuensi^[13,21]. GLPF dapat dirumuskan melalui persamaan berikut^[20,21]:

$$H(u, v) = e^{-D^2(u, v)/2D_0^2} \quad (10)$$

Dimana

$H(u, v)$: fungsi filter

D_0 : nilai *cut-off*

$D(u,v)$: jarak dari titik (u,v) ke pusat kotak frekuensi (titik pusat transformasi)

II.4.2 High Pass Filter

High pass filter digunakan untuk meningkatkan kontras antara piksel terang dan piksel gelap^[20] sehingga menghasilkan citra dengan tepi yang lebih tajam^[8,20].

High pass filter bekerja dengan cara meloloskan komponen yang berfrekuensi tinggi^[5,20] dan menahan atau mengatenuasi komponen yang frekuensinya lebih rendah dari nilai *cut-off*^[20-21].

II.4.2.1 Ideal High Pass Filter (IHPF)

Ideal high pass filter bekerja dengan cara meloloskan semua frekuensi yang berada diluar lingkaran dengan radius D_0 tanpa pelemahan, sedangkan semua frekuensi yang berada didalam lingkaran ditahan (tidak diloloskan). IHPF dapat dirumuskan melalui persamaan berikut^[13,19,21]:

$$H(u,v) = \begin{cases} 0 & \text{jika } D(u,v) \leq D_0 \\ 1 & \text{jika } D(u,v) > D_0 \end{cases} \quad (11)$$

Dimana

$H(u,v)$: fungsi filter

D_0 : nilai *cut-off*

$D(u,v)$: jarak dari titik (u,v) ke pusat kotak frekuensi (titik pusat transformasi)

II.4.2.2 Butterworth High Pass Filter (BHPF)

Butterworth high pass filter bekerja dengan cara menghilangkan *noise* frekuensi tinggi dengan hanya menghilangkan separuh (frekuensi tertentu) dari komponen sinyal dalam *pass-band* tertentu dengan orde n ^[13,20]. BHPF dapat dirumuskan melalui persamaan berikut^[13,20,21]:

$$H(u, v) = \frac{1}{1 + \left[\frac{D_0}{D(u, v)} \right]^{2n}} \quad (12)$$

Dimana

$H(u, v)$: fungsi filter

$D(u, v)$: jarak dari titik (u, v) ke pusat kotak frekuensi (titik pusat transformasi)

D_0 : nilai *cut-off*

n : nilai orde

II.4.2.3 Gaussian High Pass Filter (GHPF)

Gaussian high pass filter digunakan untuk mengetahui hubungan antara domain spasial dengan domain frekuensi^[13,21]. GHPF dapat dirumuskan melalui persamaan berikut^[20,21]:

$$H(u, v) = 1 - e^{-D^2(u, v)/2D_0^2} \quad (13)$$

Dimana

$H(u, v)$: fungsi filter

D_0 : nilai *cut-off*

$D(u,v)$: jarak dari titik (u,v) ke pusat kotak frekuensi (titik pusat transformasi)

II.5 Parameter untuk Mengukur Kualitas Citra

Kualitas citra dapat diukur dengan menggunakan beberapa parameter, diantaranya adalah sebagai berikut:

II.5.1 Mean Square Error (MSE)

MSE digunakan untuk menghitung jumlah total perbedaan piksel antara dua citra^[7]. Nilai MSE diantara dua citra diberikan oleh persamaan berikut^[22]:

$$MSE = \frac{1}{M \times N} \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N [(f(x,y) - f'(x,y))]^2 \quad (14)$$

Dimana

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

$f'(x,y)$: piksel citra hasil filter

M : jumlah baris (tinggi citra)

N : jumlah kolom (lebar citra)

Nilai MSE yang rendah menunjukkan bahwa citra yang dihasilkan menjadi lebih baik^[7], begitupun sebaliknya semakin besar nilai MSE maka citra hasil pemfilteran memiliki tingkat kesalahan yang semakin besar^[9].

II.5.2 Peak Signal to Noise Ratio (PSNR)

Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) merupakan perbandingan antara nilai maksimum dari sinyal yang diukur dengan besarnya *noise* yang berpengaruh pada

sinyal tersebut^[7,9]. Dimana PSNR diperoleh dari hasil konversi MSE yang hubungannya disajikan pada persamaan berikut^[23]:

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{L^2}{MSE} \right) \quad (15)$$

Dimana

L : nilai piksel maksimum suatu citra (untuk citra skala keabuan nilai piksel maksimumnya adalah 255)

MSE : nilai *Mean Square Error*

Nilai PSNR yang rendah menunjukkan kualitas citra hasil pengolahan kurang baik. Standar nilai PSNR yang baik adalah diatas 30 dB^[24]. Semakin kecil nilai PSNR maka semakin buruk kualitas citra yang dihasilkan. Nilai PSNR yang tinggi menunjukkan citra yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik^[7].

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini dilakukan pengolahan citra pada domain frekuensi. Citra basis yang diolah merupakan citra hasil pemindaian pesawat MRI yang disimpan dalam format citra bitmap. Pengolahan data citra dilakukan dari sistem yang dibangun pada program Matrix Laboratory (Matlab) seri R2009b.

III.1 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu sebagai berikut:

III.1.1 Teknik Pengumpulan Data

Tahap awal sebelum dilakukan pengolahan citra adalah akuisisi citra yaitu pengumpulan data citra yang akan dijadikan bahan dalam penelitian. Data citra yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra hasil pemindaian pesawat MRI 1.5 Tesla dengan T2 terbobot yang diperoleh dari laman <http://www.medinfo.cs.ucy.ac.cy/index.php/downloads/dataset>^[25,26]. Data citra merupakan hasil pemindaian potongan aksial organ otak pasien FI umur 28 tahun dengan ketebalan irisan 5 mm. Data citra tersimpan dalam format bitmap (*.bmp) atau disebut dengan DIB (Devise Independent Bitmap) dengan ukuran 378×378 piksel.

Data basis yang digunakan sebanyak 1 citra untuk masing-masing *filter*. Untuk *low pass filter* digunakan citra basis yang terlebih dahulu diinputkan *noise* jenis Gaussian dengan densitas 2%, sedangkan untuk *high pass filter* digunakan citra basis biasa.

III.1.2 Teknik Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Transformasi Citra

Citra MRI ditransformasi dari domain spasial ke dalam domain frekuensi dengan menggunakan TFC. TFC bertujuan untuk memperoleh nilai spektrum Fourier dari citra, baik citra asli maupun citra dengan *noise*.

Transformasi citra bertujuan untuk mengubah citra dari domain spasial kedalam domain frekuensi. Dimana dari proses transformasi akan diperoleh spektrum fourier dari citra. Spektrum Fourier menampilkan frekuensi yang terkandung dalam citra domain spasial. Spektrum Fourier tersebut kemudian diolah dengan menerapkan filter sesuai dengan kebutuhan.

2. Filterisasi

Nilai spektrum Fourier yang diperoleh dari proses transformasi kemudian difilter dengan beberapa jenis *filter* berikut:

- a. *Low pass filter* berupa *Ideal Low Pass Filter*, *Butterworth Low Pass Filter* dan *Gaussian Low Pass Filter* dengan pengujian beberapa variasi rentang nilai *cut-off*.
- b. *High pass filter* berupa *Ideal High Pass Filter*, *Butterworth High Pass Filter* dan *Gaussian High Pass Filter* dengan pengujian beberapa variasi rentang nilai *cut-off*.
- c. Nilai *cut-off* yang digunakan adalah bilangan bulat positif dengan rentang nilai sepuluh, dimulai dari 10 sampai dengan 100. Representasi dua dimensi dari variasi nilai *cut-off* pada *low pass filter* dapat dilihat pada lampiran 1.

Lingkaran putih merupakan area yang meloloskan komponen frekuensi citra sedangkan kotak hitam merupakan jendela filter yang menahan atau mengatenuasi komponen frekuensi dari citra. Sedangkan representasi dua dimensi variasi nilai cut-off pada high pass filter dapat dilihat pada lampiran 2. Lingkaran hitam merupakan area yang menahan atau mengatenuasi komponen frekuensi citra sedangkan kotak putih merupakan jendela yang meloloskan komponen frekuensi dari citra.

3. Transformasi Balik Citra

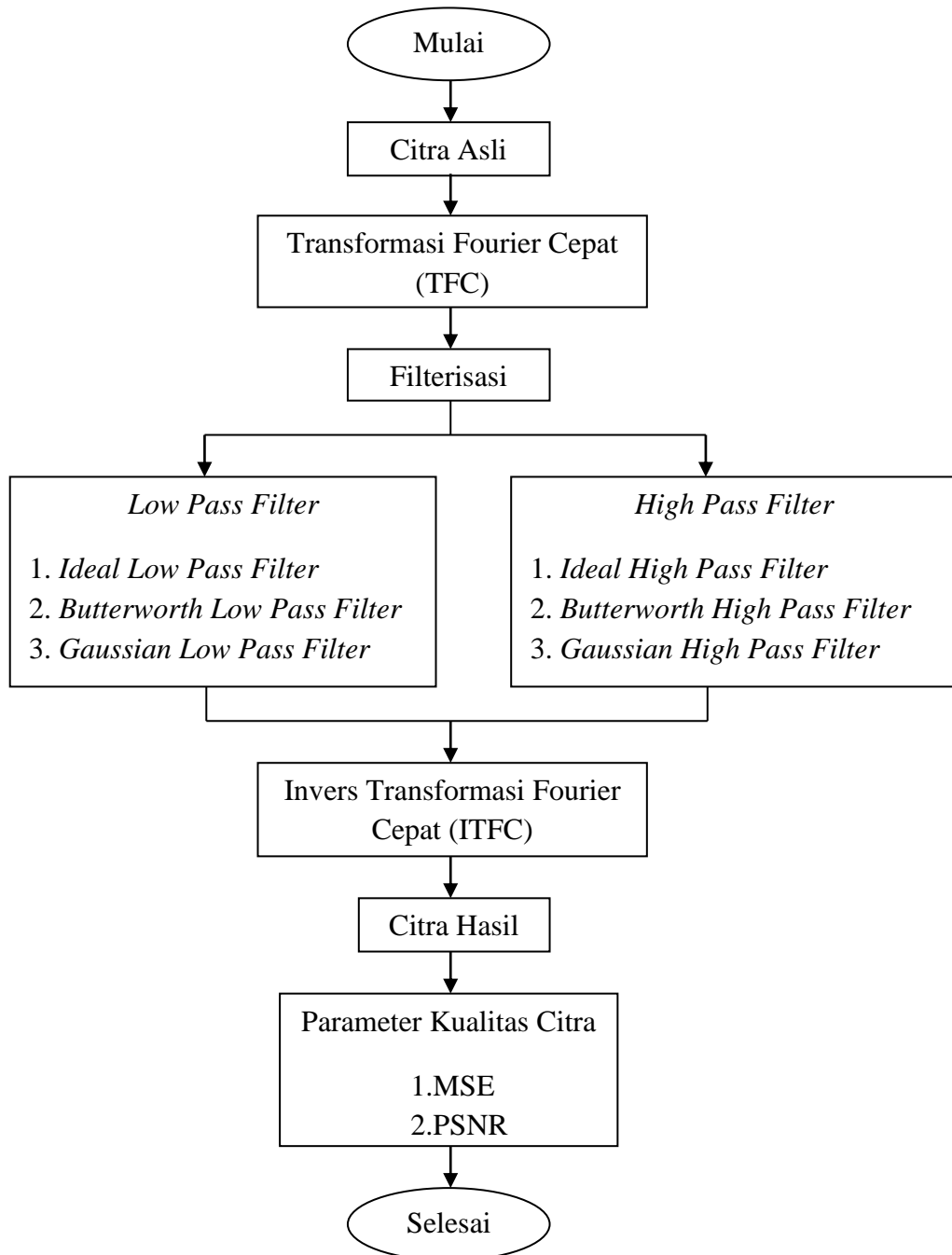
Citra hasil *filter* didalam domain frekuensi kemudian dikembalikan ke dalam domain spasial dengan menggunakan ITFC sehingga diperoleh gambaran secara visual dari citra hasil *filter* agar selanjutnya dapat dianalisis. Untuk dapat menilai citra hasil filter secara kuantitas dilakukan perbandingan nilai piksel citra dengan cara pencuplikan pada area citra dengan ukuran piksel 100x100 pada citra asli (citra acuan) dan setiap citra hasil terbaik dari masing-masing jenis filter. Kemudian diambil area pada matriks dengan ukuran 15x15 untuk dibandingkan dengan susunan nilai matriks citra asli. Dari data tersebut dipilih citra hasil terbaik dari nilai piksel citra hasil filter yang paling mendekati susunan komponen nilai matriks citra asli (citra acuan).

III.1.3 Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan cara pengukuran nilai *Mean Square Error* (MSE) dan *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR) citra hasil filter, baik citra hasil *lowpass filter* maupun citra hasil *highpass filter*. Penentuan kualitas citra berdasarkan perbandingan tinggi rendahnya nilai MSE dan PSNR masing-masing

citra hasil filter baik pada *low pass filter* maupun pada *high pass filter*. Nilai MSE dan PSNR yang diperoleh kemudian dicocokkan dengan kesesuaian susunan komponen nilai matriks citra asli (citra acuan) dengan komponen nilai matriks citra hasil terbaik dari masing-masing jenis filter.

III.2 Bagan Alir Penelitian



Gambar III.1 Bagan Alir Penelitian

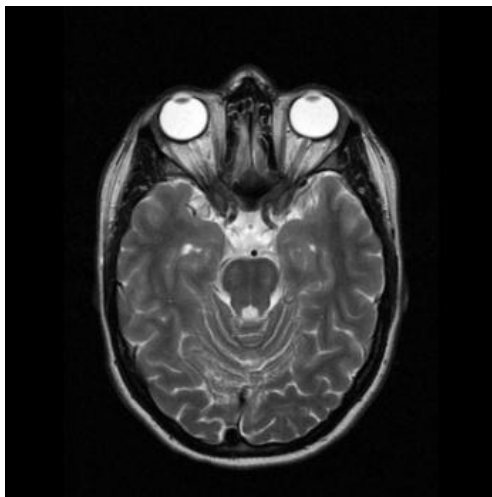
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

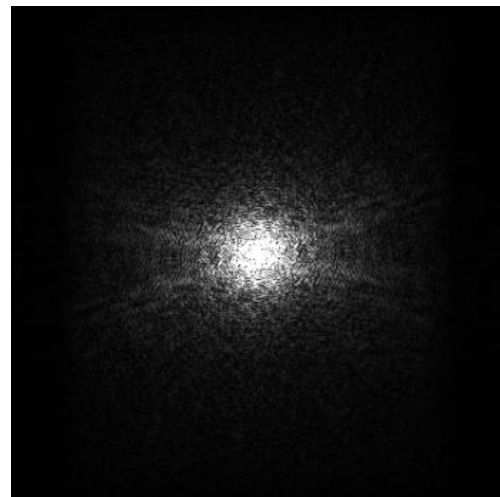
IV.1 Tampilan Citra Hasil Transformasi menggunakan Transformasi Fourier Cepat

Transformasi citra bertujuan untuk mengubah citra dari domain spasial kedalam domain frekuensi. Dimana dari proses transformasi akan diperoleh spektrum fourier dari citra. Spektrum Fourier menampilkan frekuensi yang terkandung dalam citra domain spasial. Spektrum Fourier tersebut kemudian diolah dengan menerapkan filter sesuai dengan kebutuhan.

Citra asli atau citra masukan awalnya tampak seperti pada gambar IV.1 (a) dan IV.2 (a) kemudian citra ditransformasi kedalam domain frekuensinya sehingga diperoleh spektrum Fourier dari citra seperti pada gambar IV.1 (b) dan IV.2 (b).

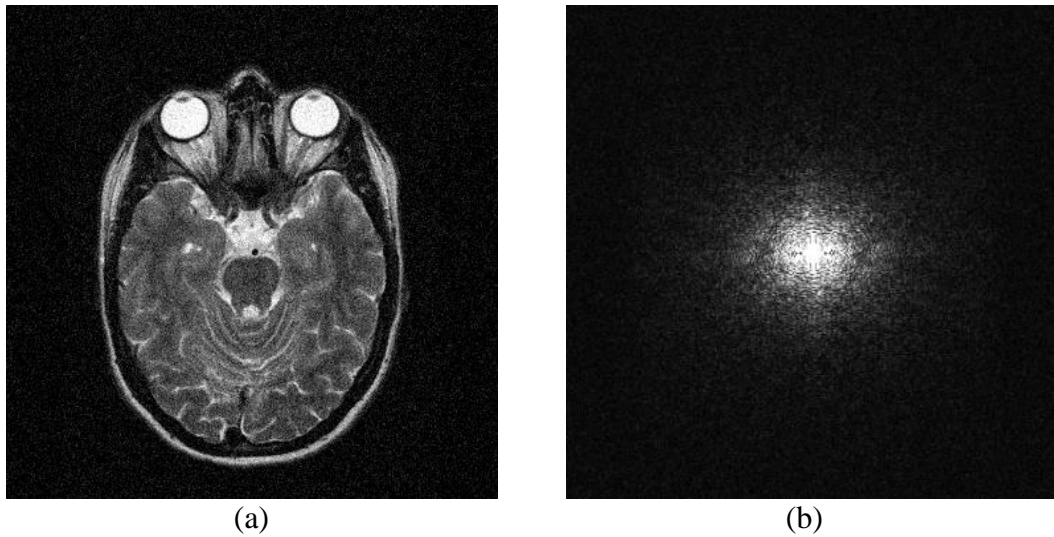


(a)



(b)

Gambar IV.1 (a) Citra Asli (b) Spektrum Fourier Citra Asli



Gambar IV.2 (a) Citra dengan *Noise* Gaussian (b) Spektrum Fourier Citra dengan *Noise* Gaussian

Hasil transformasi berupa sekumpulan titik-titik putih terang yang merepresentasikan nilai frekuensi yang terkandung dalam citra. Nilai frekuensi dari citra bervariasi, dapat berupa komponen frekuensi tinggi maupun komponen frekuensi rendah. Tampak pada gambar IV.2 (b) spektrum Fourier citra semakin terang yang berarti bertambahnya komponen frekuensi yang terkandung dalam citra karena adanya penambahan frekuensi dari *noise* yang diberikan pada citra asli.

IV.2 Tampilan Citra Hasil Transformasi menggunakan Invers Transformasi Fourier Cepat

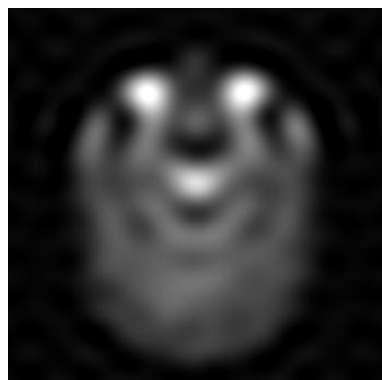
Transformasi balik citra bertujuan untuk mengembalikan citra yang telah diolah didalam domain frekuensi ke dalam domain spasialnya. Dimana komponen frekuensi citra yang digunakan adalah nilai frekuensi baru hasil olahan dari beberapa jenis filter yang digunakan dengan pemilihan beberapa variasi nilai

cut-off. Transformasi balik bertujuan untuk mengembalikan citra ke domain riil sehingga dapat divisualisasikan oleh mata manusia selaku pengamat.

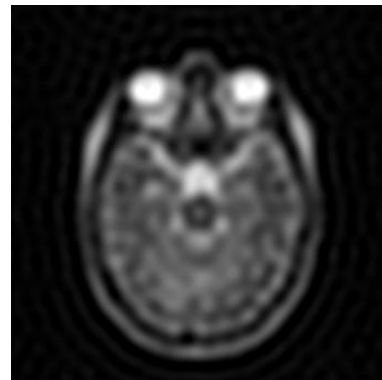
IV.2.1 Transformasi Balik Citra pada *Low Pass Filter*

Berikut ini merupakan citra hasil *low pass filter* dengan pemilihan beberapa nilai *cut-off*. *Low Pass Filter* mempunyai efek pemerataan derajat keabuan sehingga citra hasil yang diperoleh tampak kabur. Pemilihan nilai *cut-off* berpengaruh terhadap jumlah frekuensi yang ditahan atau diatenuasi maupun frekuensi yang diloloskan dari ketiga jenis *low pass filter* yang digunakan.

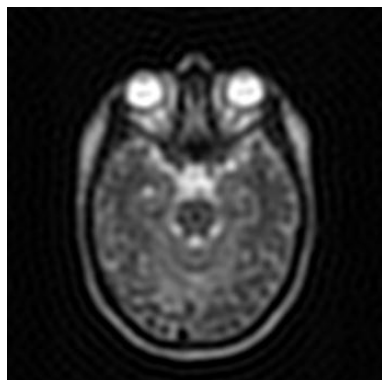
Gambar IV.3, gambar IV.4 dan gambar IV.5 berturut-turut merupakan citra hasil transformasi balik dari *Ideal Low Pass Filter*, *Butterworth Low Pass Filter* dan *Gaussian Low Pass Filter* dengan beberapa nilai frekuensi *cut-off*.



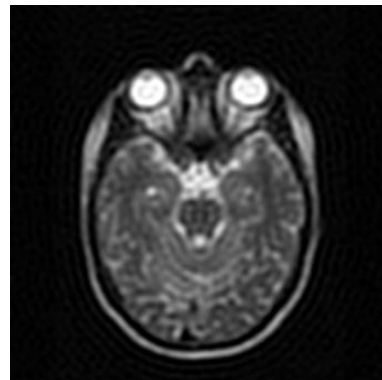
(a) *Cut-off* 10



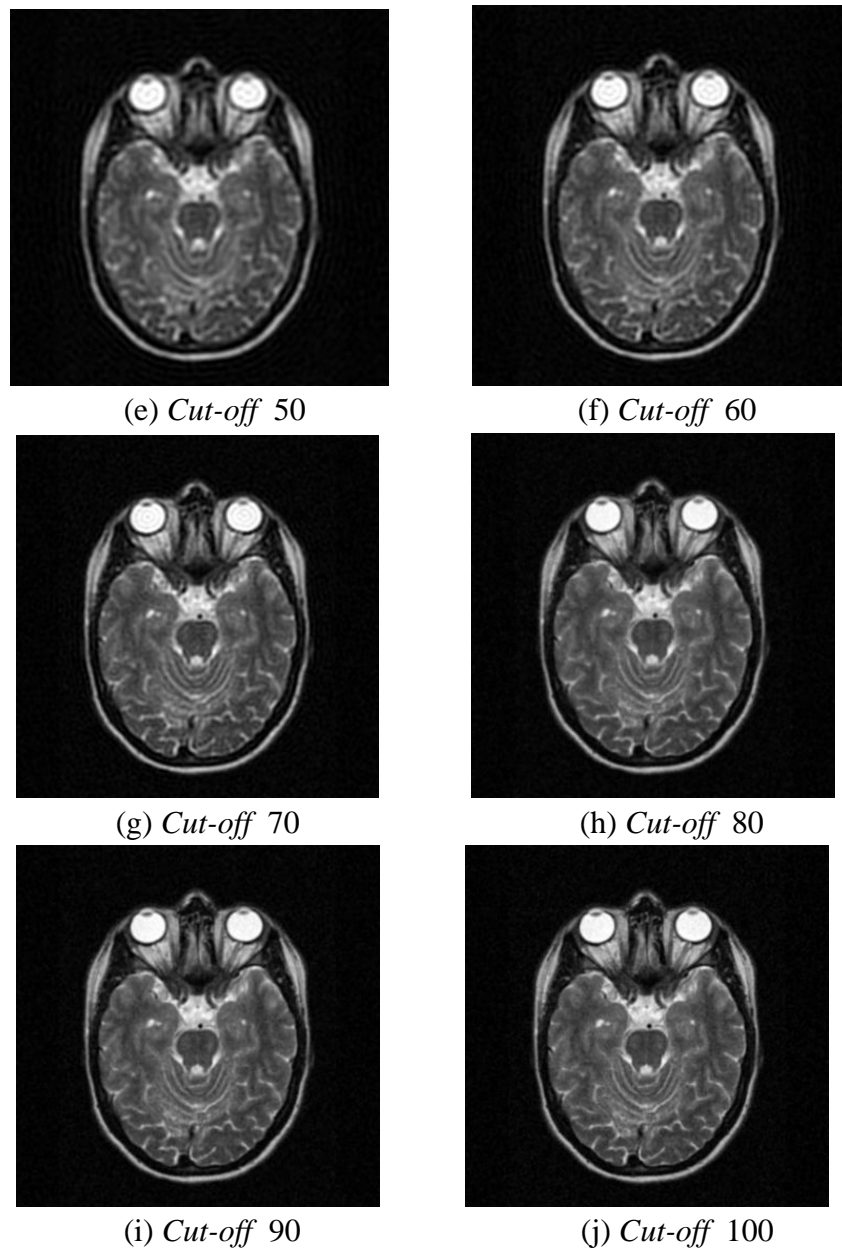
(b) *Cut-off* 20



(c) *Cut-off* 30

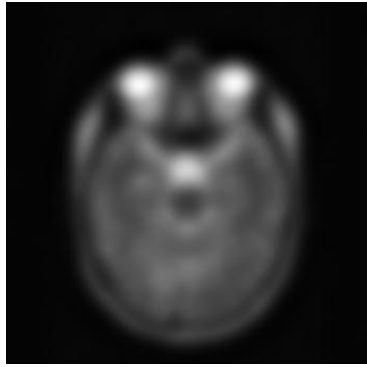


(d) *Cut-off* 40

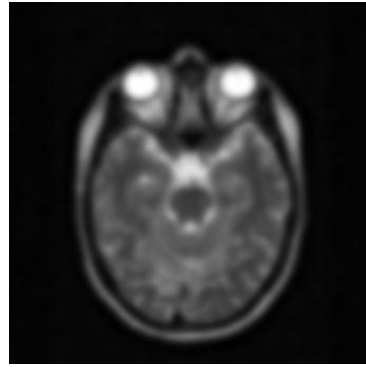


Gambar IV.3 Citra Hasil dari *Ideal Low Pass Filter* pada Beberapa Nilai *Cut-off*

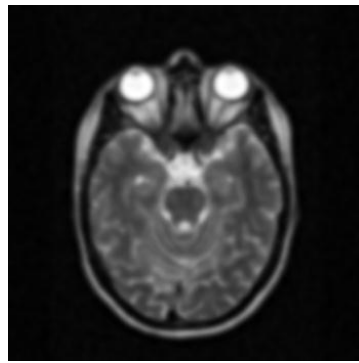
Pada gambar IV.3 citra hasil *Ideal Low Pass Filter* menampilkan citra yang sangat buram pada frekuensi *cut-off* 10 (gambar IV.3 (a)), pada frekuensi *cut-off* 20 dan 40 (gambar IV.3 (b) dan (d)) citra masih tampak buram dan kurang jelas, adapun pada frekuensi *cut-off* 50 sampai dengan 100 (gambar IV.3 (e) sampai dengan (j)) detail citra semakin tampak dan *noise* pada citra juga tereduksi.



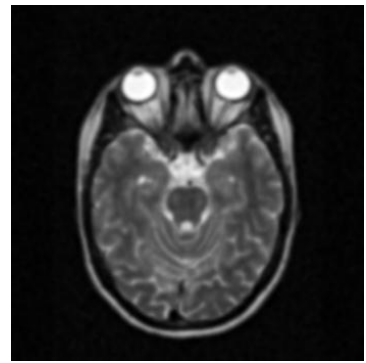
(a) *Cut-off 10*



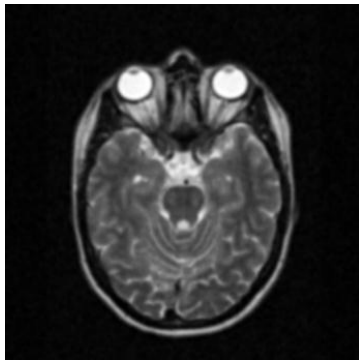
(b) *Cut-off 20*



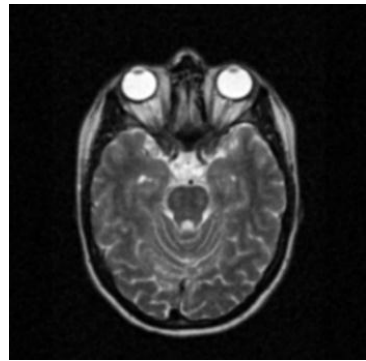
(c) *Cut-off 30*



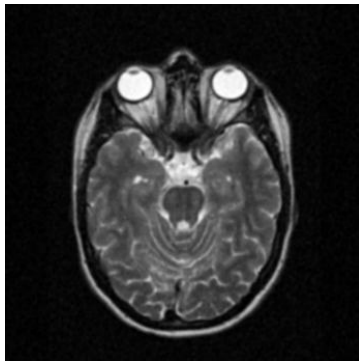
(d) *Cut-off 40*



(e) *Cut-off 50*



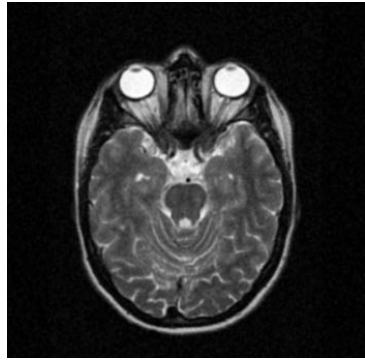
(f) *Cut-off 60*



(g) *Cut-off 70*



(h) *Cut-off 80*



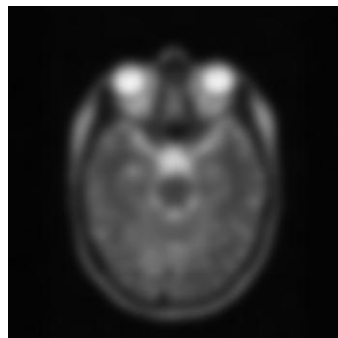
(i) *Cut-off* 90



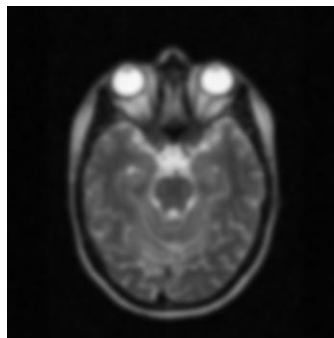
(j) *Cut-off* 100

Gambar IV.4 Citra Hasil dari *Butterworth Low Pass Filter* pada Beberapa nilai Nilai *Cut-off*

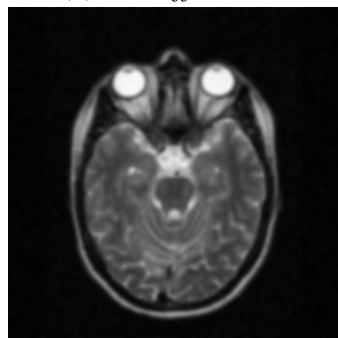
Pada gambar IV.4 citra hasil *Butterworth Low Pass Filter* menampilkan citra yang sangat buram pada frekuensi *cut-off* 10 (gambar IV.4 (a)), pada frekuensi *cut-off* 20 dan 30 (gambar IV.4 (b) dan (c)) citra masih tampak buram dan kurang jelas, adapun pada frekuensi *cut-off* 40 sampai dengan 100 (gambar IV.4 (d) sampai dengan (j)) detail citra semakin tampak dan *noise* pada citra juga tereduksi.



(a) *Cut-off* 10



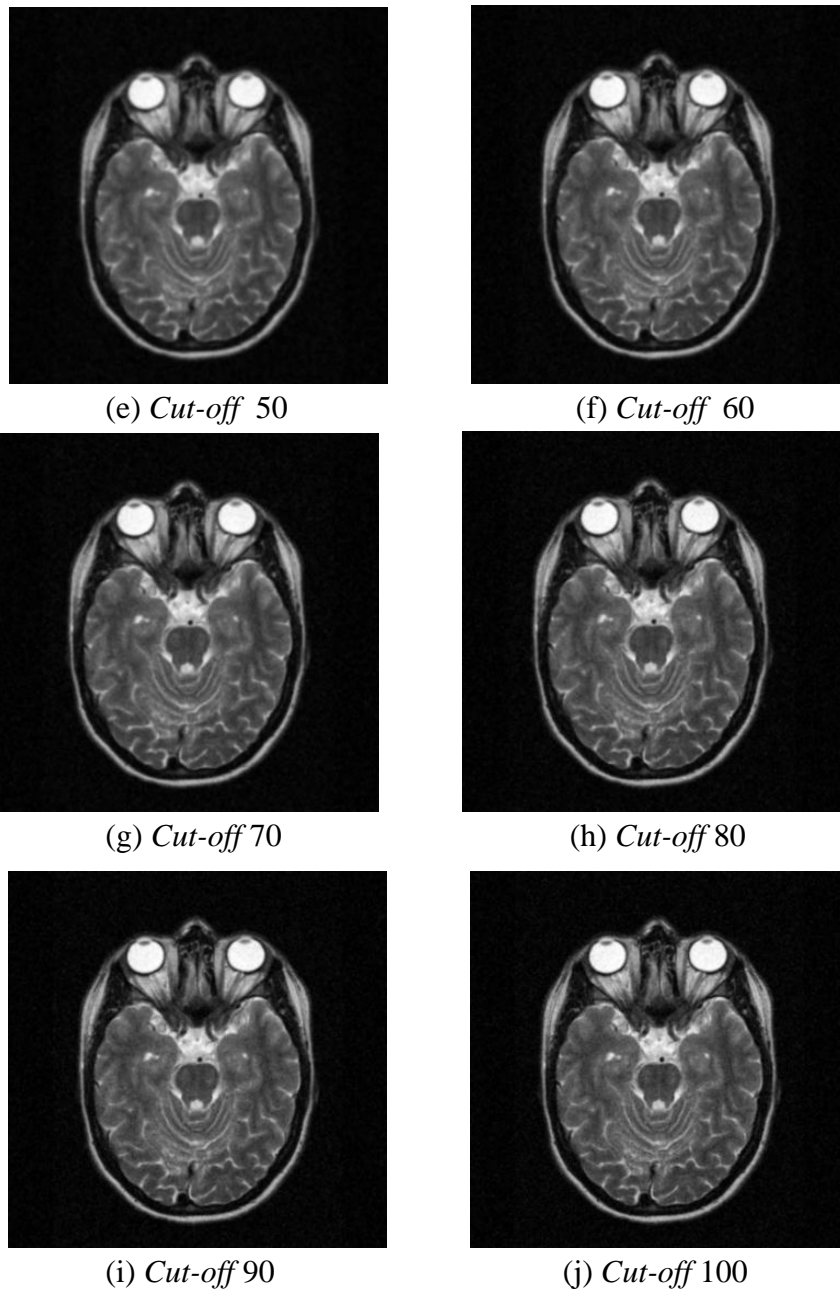
(b) *Cut-off* 20



(c) *Cut-off* 30



(d) *Cut-off* 40



Gambar IV.5 Citra Hasil dari *Gaussian Low Pass Filter* pada Beberapa Nilai *Cut-off*

Pada gambar IV.5 citra hasil *Butterworth Low Pass Filter* menampilkan citra yang sangat buram pada frekuensi *cut-off* 11 (gambar IV.5 (a)), pada frekuensi *cut-off* 20 dan 30 (gambar IV.5 (b) dan (c)) citra masih tampak buram dan kurang jelas. Adapun pada frekuensi *cut-off* 40 sampai dengan 100 (gambar

IV.5 (d) sampai dengan (j)) detail citra semakin tampak dan *noise* pada citra juga tereduksi. Apabila dibandingkan dengan citra hasil filter sebelumnya, detail citra hasil pada gambar IV.5 lebih jelas dibandingkan dengan detail citra hasil pada gambar IV.4.

Tampak pada citra hasil ketiga filter (gambar IV.3 (a), gambar IV.4 (a) dan gambar IV.5 (a)) tidak terdapat *noise* pada citra hasil filter namun citra yang dihasilkan sangat buram sehingga organ pada citra menjadi tidak jelas. Hal ini disebabkan karena nilai *cut-off* yang sangat kecil sehingga semakin sedikit pula komponen frekuensi citra yang diloloskan dari filter. Hal ini menyebabkan citra hasil filter yang semakin tidak mirip dengan citra acuan.

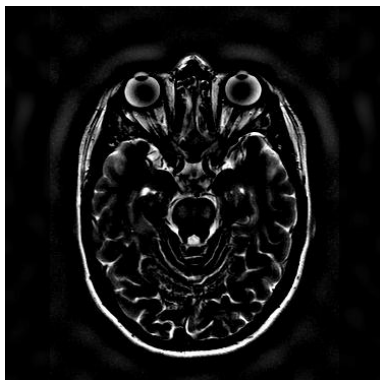
Sedangkan pada gambar IV.3 (j), gambar IV.4 (j) dan gambar IV.5 (j) *noise* pada citra tereduksi dengan citra hasil yang menyerupai citra asli. Karena nilai *cut-off* semakin besar maka semakin besar cakupan filter sehingga frekuensi yang diloloskan semakin banyak.

Pada gambar IV.3 (j), gambar IV.4 (j) dan gambar IV.5 (j) citra hasil filter tampak tidak jauh berbeda namun dapat dilihat bahwa pada nilai frekuensi *cut-off* yang sama *Gaussian Low Pass Filter* menghasilkan citra keluaran yang lebih mirip dengan citra acuan dibandingkan kedua filter lainnya. Hal ini disebabkan karena *Gaussian Low Pass Filter* bekerja dengan cara mengatenuasi lebih sedikit komponen frekuensi tinggi yang berada diluar frekuensi *cut-off* dengan radius yang lebih jauh dibandingkan kedua filter lainnya. Perbandingan citra hasil ketiga jenis *low pass filter* dengan variasi nilai frekuensi *cut-off* dapat dilihat pada lampiran 3.

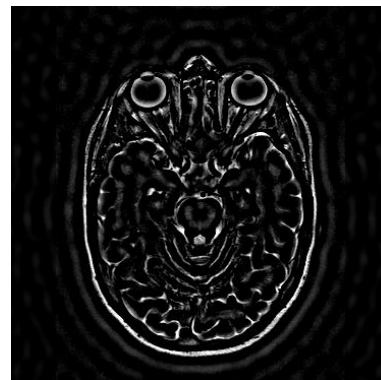
IV.2.2 Transformasi Balik Citra pada *High Pass Filter*

Berikut ini merupakan citra hasil *high pass filter* dengan pemilihan beberapa nilai *cut-off*. *High pass filter* mempunyai efek yang menonjolkan tepi dimana tepi menjadi terang sedangkan objek yang bukan tepi menjadi gelap sehingga kontras antara tepi dan objek lain menjadi meningkat. Pemilihan nilai *cut-off* berpengaruh terhadap jumlah frekuensi yang ditahan atau diatenuasi maupun frekuensi yang diloloskan dari ketiga jenis filter yang digunakan.

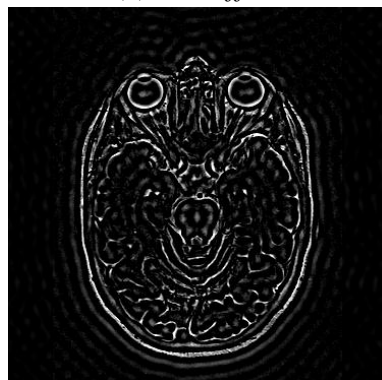
Gambar IV.6, gambar IV.7 dan gambar IV.8 berturut-turut merupakan citra hasil transformasi balik dari *Ideal High Pass Filter*, *Butterworth High Pass Filter* dan *Gaussian High Pass Filter* dengan beberapa nilai frekuensi *cut-off*.



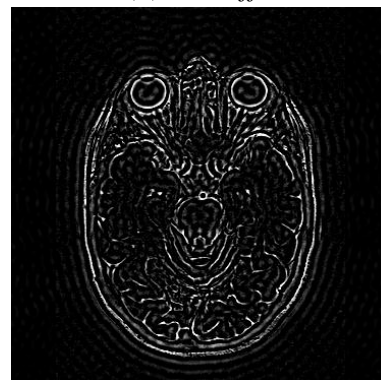
(a) *Cut-off* 10



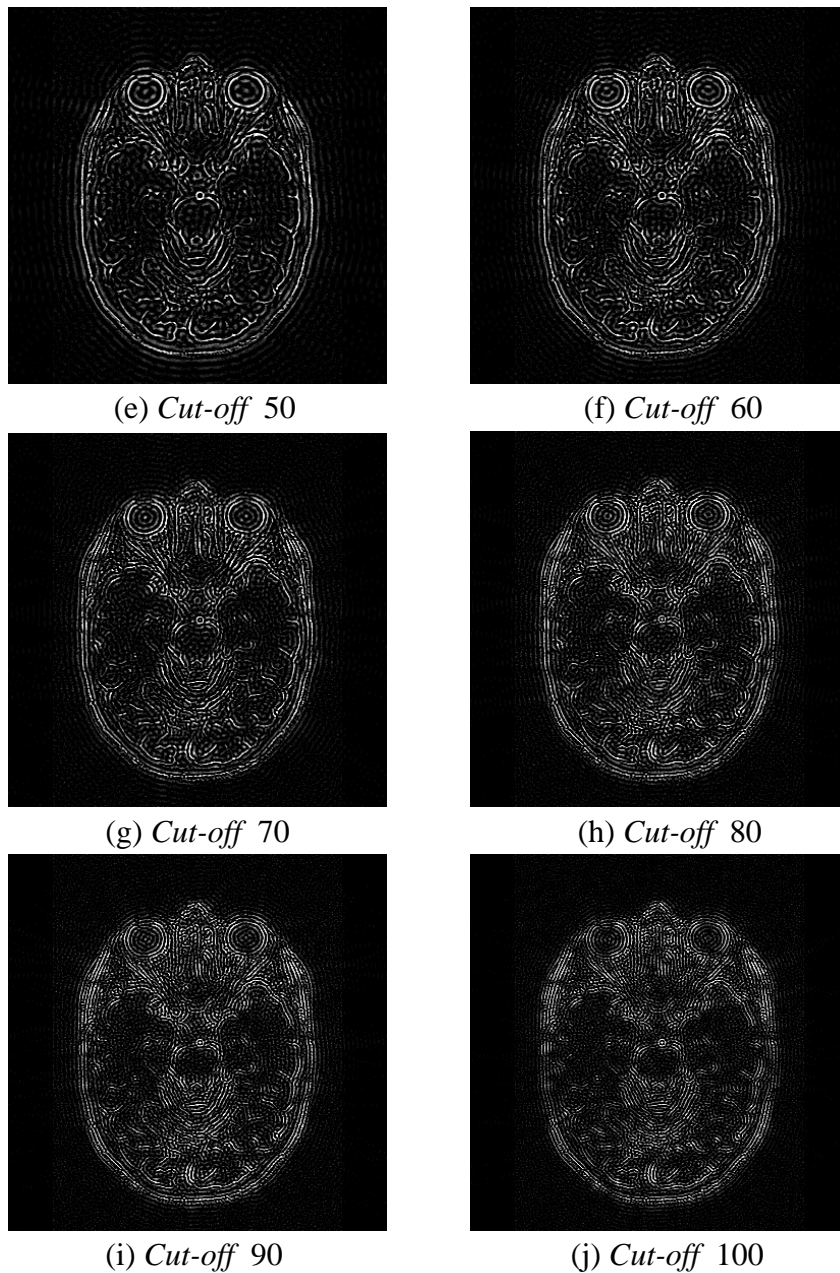
(b) *Cut-off* 20



(c) *Cut-off* 30



(d) *Cut-off* 40

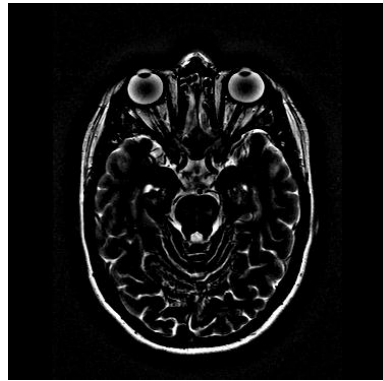


Gambar IV.6 Citra Hasil dari *Ideal High Pass Filter* pada Beberapa Nilai *Cut-off*

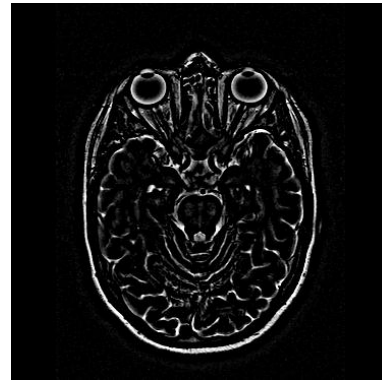
Pada gambar IV.6 citra hasil *Ideal High Pass Filter* menampilkan tepi yang tajam hanya pada frekuensi *cut-off* 10 dan 20 (gambar IV.6 (a) dan (b)), pada frekuensi *cut-off* 30 dan 40 (gambar IV.6 (c) dan (d)) tepi citra tampak buram dan

kurang jelas, adapun pada frekuensi *cut-off* 50 sampai dengan 100 (gambar IV.6

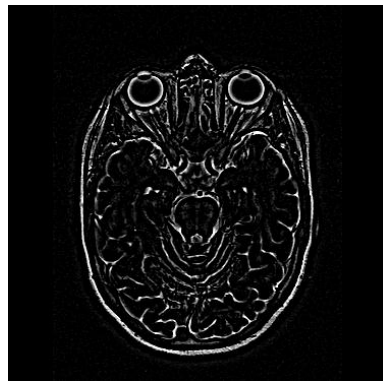
(e) sampai dengan (j)) tepi citra sangat buram dan hampir tidak terlihat lagi.



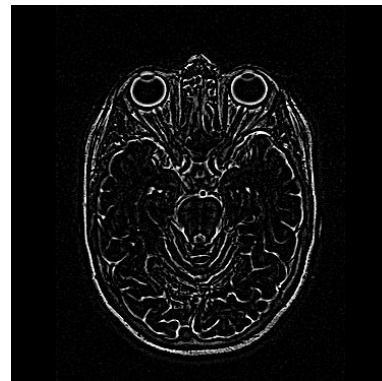
(a) *Cut-off* 10



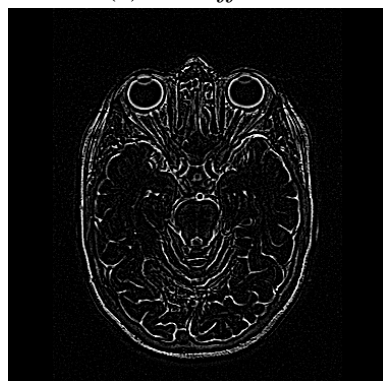
(b) *Cut-off* 20



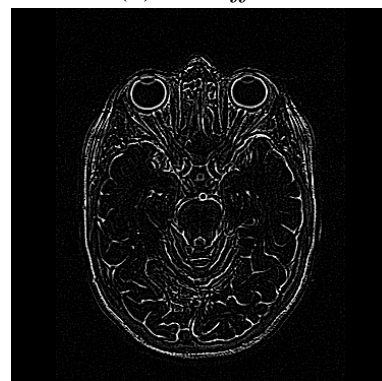
(c) *Cut-off* 30



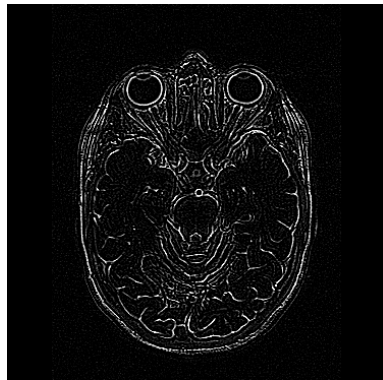
(d) *Cut-off* 40



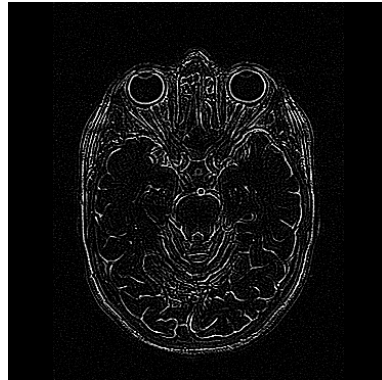
(e) *Cut-off* 50



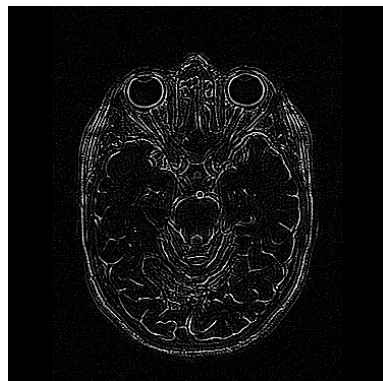
(f) *Cut-off* 60



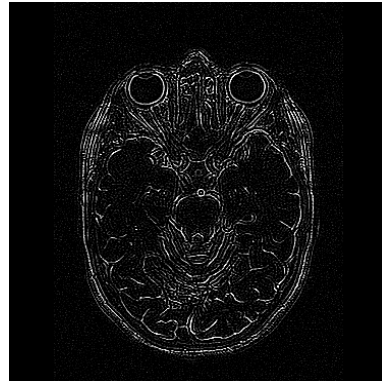
(g) *Cut-off* 70



(h) *Cut-off* 80



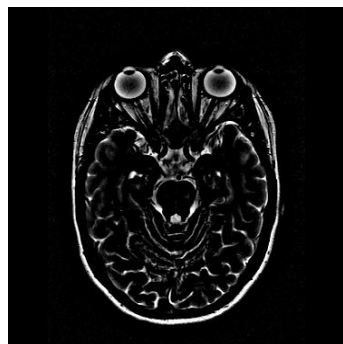
(i) *Cut-off* 90



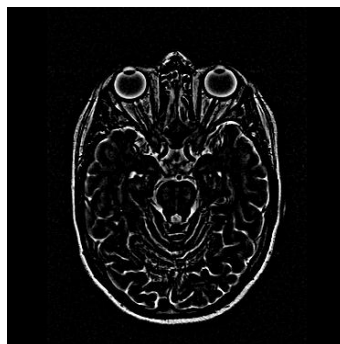
(j) *Cut-off* 100

Gambar IV.7 Citra Hasil dari *Butterworth High Pass Filter* pada Beberapa Nilai *Cut-off*

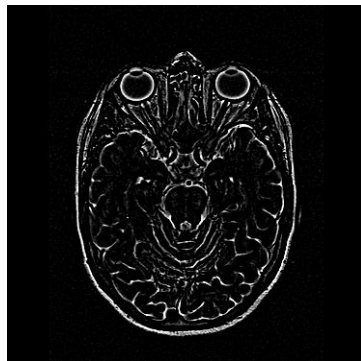
Pada gambar IV.7 citra hasil *Ideal High Pass Filter* menampilkan tepi yang tajam pada frekuensi *cut-off* 10 dan 20 (gambar IV.7 (a) dan (b)), pada frekuensi *cut-off* 30 dan 60 (gambar IV.7 (c) dan (f)) tepi citra tampak buram namun jelas, adapun pada frekuensi *cut-off* 70 sampai dengan 100 (gambar IV.7 (g) sampai dengan (j)) tepi citra tampak lebih buram.



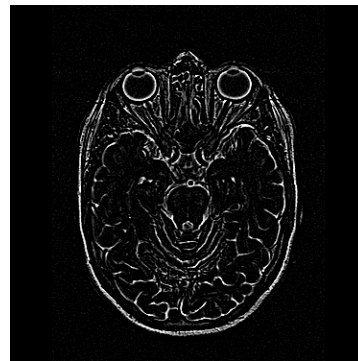
(a) *Cut-off* 10



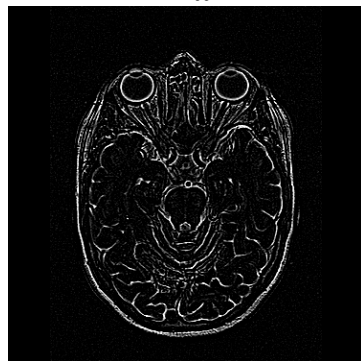
(b) *Cut-off* 20



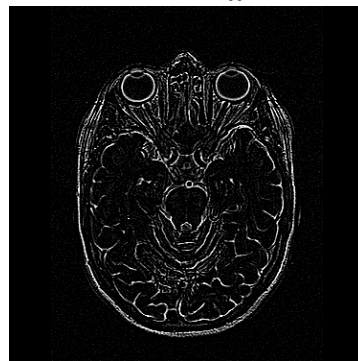
(c) *Cut-off 30*



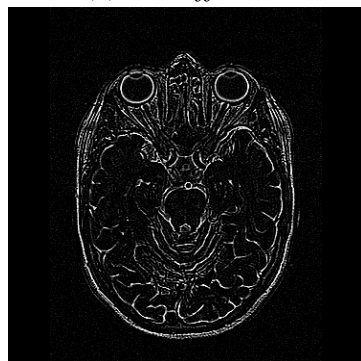
(d) *Cut-off 40*



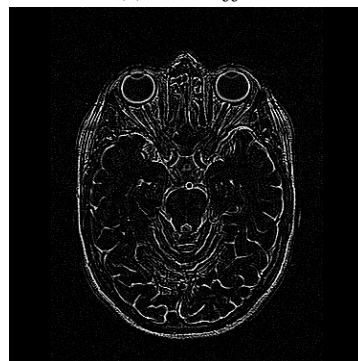
(e) *Cut-off 50*



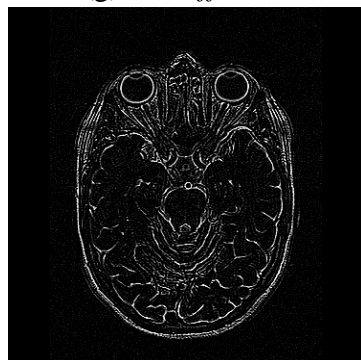
(f) *Cut-off 60*



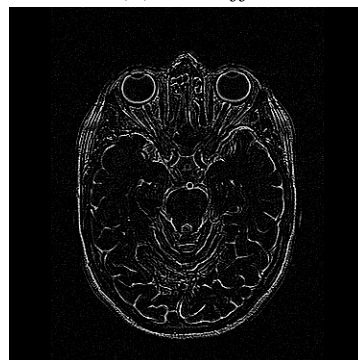
(g) *Cut-off 70*



(h) *Cut-off 80*



(i) *Cut-off 90*



(j) *Cut-off 100*

Gambar IV.8 Citra Hasil dari *Gaussian High Pass Filter* pada Beberapa Nilai *Cut-off*

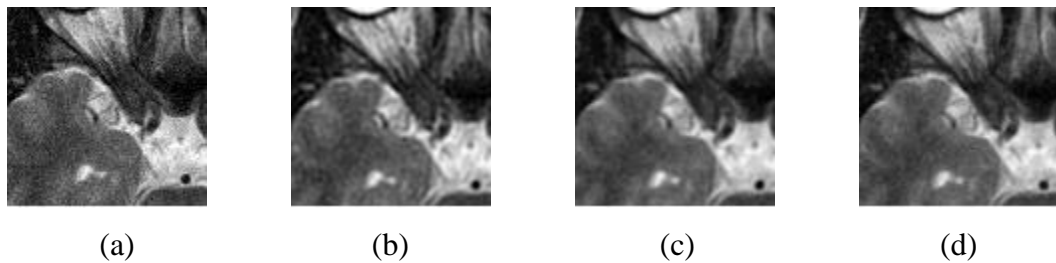
Pada gambar IV.8 citra hasil *Ideal High Pass Filter* menampilkan tepi yang tajam pada frekuensi *cut-off* 10 dan 20 (gambar IV.8 (a) dan (b)), pada frekuensi *cut-off* 30 dan 60 (gambar IV.8 (c) dan (f)) tepi citra tampak buram namun jelas, adapun pada frekuensi *cut-off* 70 sampai dengan 100 (gambar IV.8 (g) sampai dengan (j)) tepi citra tampak lebih buram. Apabila dibandingkan dengan citra hasil filter sebelumnya, tepi citra hasil pada gambar IV.8 lebih jelas dibandingkan dengan tepi citra hasil pada gambar IV.7.

Tampak pada citra hasil ketiga filter (gambar IV.6 (j), gambar IV.7 (j) dan gambar IV.8 (j)) penajaman tepi atau deteksi tepi yang dihasilkan tampak buram sehingga tepi pada citra menjadi tidak jelas. Hal ini disebabkan karena nilai *cut-off* yang sangat besar sehingga semakin sedikit komponen frekuensi citra yang diloloskan dari filter. Semakin besar nilai *cut-off* maka semakin kecil cakupan filter sehingga frekuensi yang diloloskan semakin sedikit. Hal ini menyebabkan citra hasil filter yang semakin tidak mirip dengan citra asli.

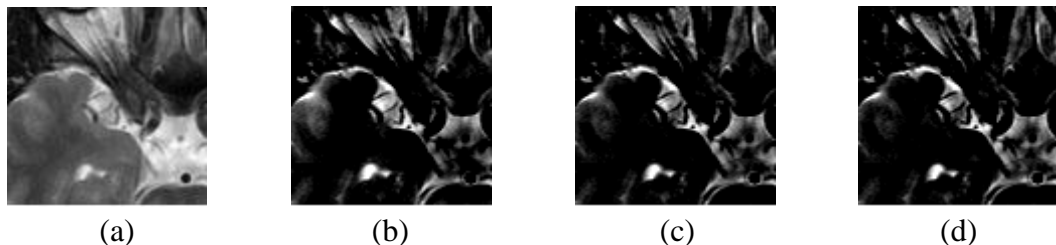
Pada gambar IV.6 (a), gambar IV.7 (a) dan gambar IV.8 (a) citra hasil filter tampak tidak jauh berbeda namun dapat dilihat bahwa pada nilai frekuensi *cut-off* yang sama *Gaussian High Pass Filter* menghasilkan citra keluaran dengan tepi citra yang lebih jelas dan kontras dibandingkan kedua filter lainnya. Hal ini disebabkan karena *Gaussian High Pass Filter* bekerja dengan cara mengatenuasi lebih sedikit komponen frekuensi rendah yang berada didalam frekuensi *cut-off* dengan radius yang lebih jauh dibandingkan kedua filter lainnya. Perbandingan citra hasil ketiga jenis *high pass filter* dengan variasi nilai frekuensi *cut-off* dapat dilihat pada lampiran 4.

IV.3 Tampilan Hasil Pencuplikan Citra Asli dan Citra Hasil Filter

Berikut ini merupakan hasil cuplik citra asli dan citra hasil filter dengan ukuran 100x100 piksel. Gambar IV.9 (a) dan IV.10 (a) merupakan tampilan hasil cuplik citra asli yang digunakan pada *low pass filter* dan *high pass filter*. Gambar IV.9 (b), (c) dan (d) merupakan tampilan cuplik citra hasil *low pass filter*, adapun gambar IV.10 (b), (c) dan (d)) merupakan tampilan cuplik citra hasil *high pass filter*.



Gambar IV. 9 Citra Hasil Cuplik (a) Citra Asli dengan *noise* (b) Citra Hasil ILPF (c) Citra Hasil BLPF (d) Citra Hasil GLPF



Gambar IV. 10 Citra Hasil Cuplik (a) Citra Asli (b) Citra Hasil IHPF (c) Citra Hasil BHPF (d) Citra Hasil GHPF

Dari gambar IV.9 (a) dan IV.10 (a) diatas dapat dilihat adanya perbedaan antara citra asli dan citra hasil setelah melalui proses filterisasi. Citra yang difilter menggunakan *low pass filter* tampak lebih lembut dari citra asli dengan noise yang tereduksi dari citra asli. Tingkat kelembutan dari ketiga citra hasil filter berbeda-beda. Sedangkan citra yang difilter menggunakan *high pass filter* tampak

daerah tepi pada citra lebih jelas dari citra asli. Tingkat kejelasan tepi dari ketiga citra hasil filter juga berbeda-beda.

Untuk membedakan ketiga citra hasil *low pass filter* dan *high pass filter* dibutuhkan suatu data yang dikandung oleh masing-masing citra. Data tersebut kemudian dibandingkan diantara ketiganya dengan menggunakan acuan susunan nilai komponen matriks citra asli. Adapun susunan komponen nilai matriks citra asli, citra asli dengan *noise*, maupun citra hasil *low pass filter* serta citra hasil *high pass filter* diberikan secara berturut-turut pada lampiran 5 sampai dengan lampiran 12 melalui tabel nilai matriks citra hasil cuplik. Tabel 5 sampai dengan tabel 12 merupakan nilai piksel masing-masing citra hasil cuplik dengan ukuran 15x15 piksel. Tabel 5 dan tabel 6 merupakan nilai piksel citra asli dan citra asli dengan *noise*, tabel 7, 8 dan 9 masing-masing merupakan nilai piksel citra hasil ILPF, BLPF dan GLPF. Sedangkan tabel 10, 11, dan 12 masing-masing merupakan nilai piksel citra hasil IHPF, BHPF dan GHPF.

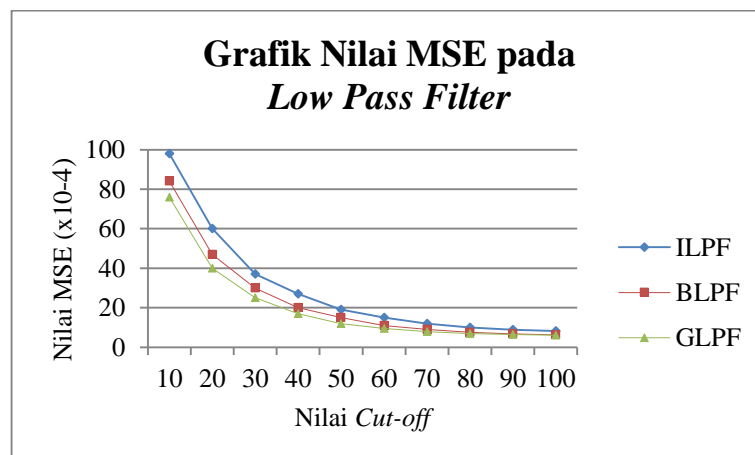
Dari tabel tersebut dapat dilihat adanya perbedaan susunan komponen nilai matriks untuk setiap piksel citra cuplik. Nilai matriks digunakan untuk menilai seberapa mirip susunan komponen citra asli dengan citra hasil filter. Citra hasil filter dengan susunan komponen nilai matriks yang mendekati citra asli merupakan citra hasil filter terbaik. Tabel 9 dan 12 menunjukkan nilai matriks dari citra hasil *gaussian low pass filter* dan *gaussian high pass filter* dengan susunan yang lebih mendekati susunan nilai matriks citra asli dibandingkan citra hasil dari jenis *low pass filter* lainnya (tabel 7 dan 8) serta citra hasil *high pass filter* lainnya (tabel 10 dan 11).

IV.4 Pengukuran Kualitas Citra Hasil Filter

Untuk mengetahui kualitas citra hasil filter, maka digunakan parameter berupa *Mean Square Error* (MSE) dan *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR). Nilai MSE yang rendah menunjukkan bahwa citra hasil pengolahan menjadi lebih baik begitupun sebaliknya semakin besar nilai MSE maka citra hasil pengolahan memiliki tingkat kesalahan yang semakin besar atau kualitas yang kurang baik.

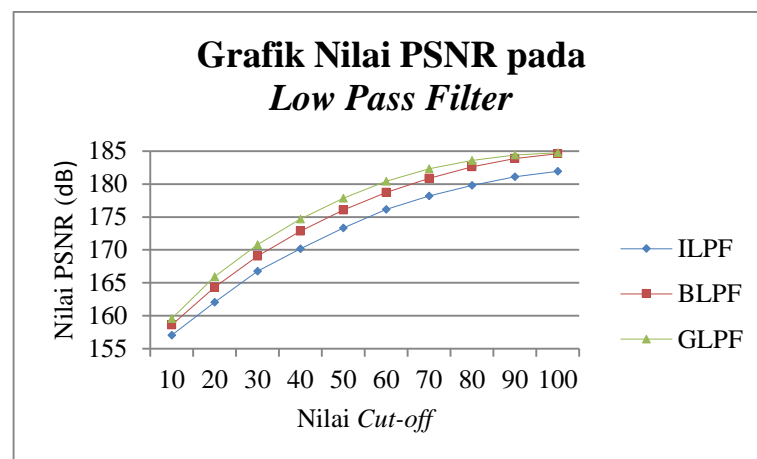
Adapun nilai PSNR yang rendah menunjukkan kualitas citra hasil pengolahan kurang baik. Standar nilai PSNR yang baik adalah diatas 30 dB. Semakin kecil nilai PSNR maka semakin buruk kualitas citra yang dihasilkan. Nilai PSNR yang tinggi menunjukkan citra yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik.

Berikut merupakan grafik ilai MSE dan PSNR dari citra hasil pengolahan dengan menggunakan *low pass filter* dan *high pass filter*. Gambar IV.11 dan IV.12 berturut-turut merupakan grafik nilai MSE dan PSNR dari citra hasil *low pass filter* sedangkan gambar IV.13 dan IV.14 berturut-turut merupakan grafik nilai MSE dan PSNR dari citra hasil *high pass filter*.



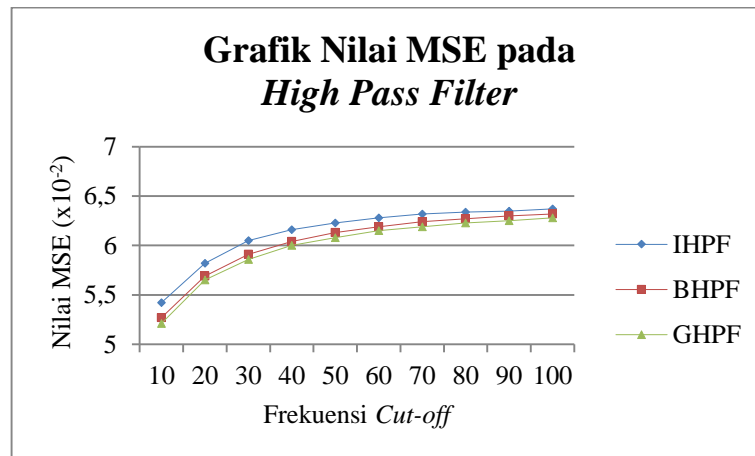
Gambar IV.11 Grafik Nilai MSE pada *Low Pass Filter*

Grafik pada gambar IV.11 menunjukkan nilai MSE dari ketiga jenis *low pass filter* yang digunakan yaitu ILPF, BLPF dan GLPF. Grafik menunjukkan bahwa semakin besar nilai *cut-off* yang diberikan maka semakin rendah nilai MSE dari citra hasil yang menandakan bahwa kualitas citra hasil filter semakin baik. Jika nilai MSE dari ketiga jenis filter dibandingkan maka diperoleh bahwa GLPF merupakan filter dengan citra hasil yang paling baik dengan nilai MSE paling rendah.



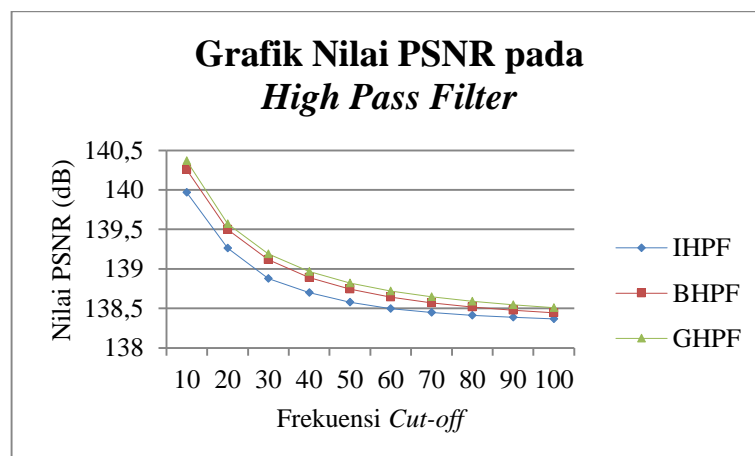
Gambar IV.12 Grafik Nilai PSNR pada *Low Pass Filter*

Grafik pada gambar IV.12 menunjukkan nilai PSNR dari ketiga jenis *low pass filter* yang digunakan yaitu ILPF, BLPF dan GLPF. Grafik menunjukkan bahwa semakin besar nilai *cut-off* yang diberikan maka semakin tinggi nilai PSNR dari citra hasil yang menandakan bahwa kualitas citra hasil filter semakin baik. Jika nilai PSNR dari ketiga jenis filter dibandingkan maka diperoleh bahwa GLPF merupakan filter dengan citra hasil yang paling baik dengan nilai PSNR paling tinggi.



Gambar IV.13 Grafik Nilai MSE pada *High Pass Filter*

Grafik pada gambar IV.13 menunjukkan nilai MSE dari ketiga jenis *high pass filter* yang digunakan yaitu IHPF, BHPF dan GHPF. Grafik menunjukkan bahwa semakin kecil nilai *cut-off* yang diberikan maka semakin rendah nilai MSE dari citra hasil yang menandakan bahwa kualitas citra hasil filter semakin baik. Jika nilai MSE dari ketiga jenis filter dibandingkan maka diperoleh bahwa GHPF merupakan filter dengan citra hasil yang paling baik dengan nilai MSE paling rendah. Daftar nilai MSE dan PSNR dari ketiga jenis *low pass filter* dengan variasi nilai *cut-off* dapat dilihat pada lampiran 13.



Gambar IV.14 Grafik Nilai PSNR pada *High Pass Filter*

Grafik pada gambar IV.14 menunjukkan nilai PSNR dari ketiga jenis *high pass filter* yang digunakan yaitu IHPF, BHPF dan GHPF. Grafik menunjukkan bahwa semakin kecil nilai *cut-off* yang diberikan maka semakin tinggi nilai PSNR dari citra hasil yang menandakan bahwa kualitas citra hasil filter semakin baik. Jika nilai PSNR dari ketiga jenis filter dibandingkan maka diperoleh bahwa GHPF merupakan filter dengan citra hasil yang paling baik dengan nilai PSNR paling tinggi. Daftar nilai MSE dan PSNR dari ketiga jenis *high pass filter* dengan variasi nilai *cut-off* dapat dilihat pada lampiran 14.

BAB V

PENUTUP

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Jenis *Low Pass Filter* yang paling sesuai untuk menghilangkan *noise* pada citra MRI adalah *Gaussian Low Pass Filter* (GLPF) dengan nilai MSE paling rendah dan nilai PSNR paling tinggi pada nilai *cut-off* 100.
2. Jenis *High Pass Filter* yang paling sesuai untuk penajaman tepi citra MRI adalah *Gaussian High Pass Filter* (GHPF) dengan nilai MSE paling rendah dan nilai PSNR paling tinggi pada nilai *cut-off* 10.

V.2 Saran

Pada penelitian selanjutnya, disarankan :

1. *Low Pass Filter* dapat diterapkan pada citra dengan jenis *noise* yang lain dengan densitas yang bervariasi.
2. *Low Pass Filter* dapat diterapkan pada citra dengan gangguan berupa artefak pada citra baik pada citra MRI maupun pada citra hasil modalitas pencitraan medik lainnya.
3. *High Pass Filter* dapat diterapkan untuk deteksi tepi pada citra tumor atau kanker sehingga dapat dimanfaatkan lebih lanjut untuk menghitung luasan tumor atau kanker pada organ.

DAFTAR PUSTAKA

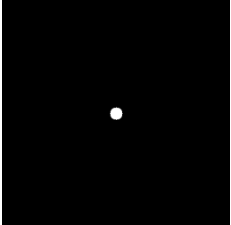
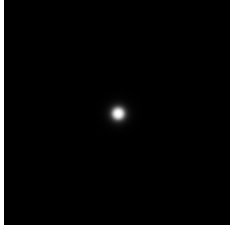
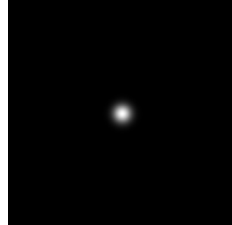
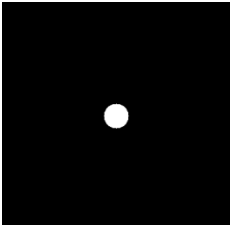
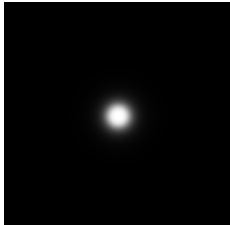
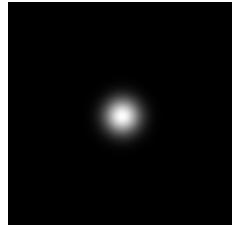
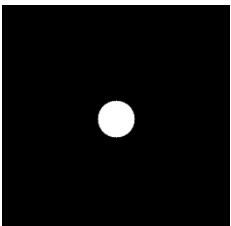


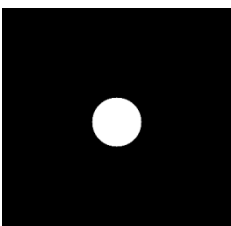

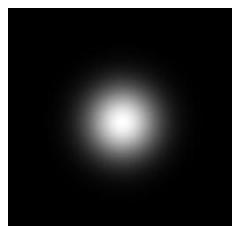
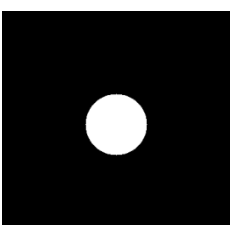
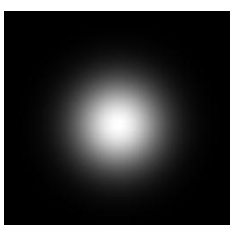
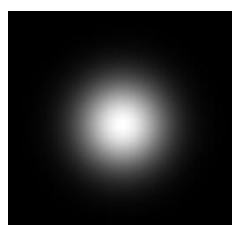
- [1] Kraugesteeliana, Napitupulu P., 2009, 'Penerapan Citra Medik pada Visualisasi Pencitraan Diagnostik Tumor Otak Secara Sagital Menggunakan MRI', *Prosiding SENTIA*, Politeknik Negeri Malang.
- [2] Salahuddin, Tulus & Fahmi, 2013, 'Klasifikasi dan Peningkatan Kualitas Citra Sidik Jari Menggunakan FFT (Fast Fourier Transform)', *SNASTIKOM*, hh. 137-142.
- [3] Herditomo, Sunaryo & Naba A., 2014, 'Penerapan Metode Hybrid Fuzzy C-Means dan Particle Swarm Optimization (FCM-PSO) untuk Segmentasi Citra Geografis', *Jurnal EECCIS*, vol.8, no.1, hh. 27-32.
- [4] Soesanti I., Susanto A., & Widodo T. S., 2011, 'Ekstraksi Ciri dan Identifikasi Citra Otak MRI Berbasis Eigenbrain Image', *Forum Teknik*, vol. 34, no. 1, hh. 47-52.
- [5] Jagtap V., 2010, 'Fast Fourier Transform Using Parallel Processing for Medical Applications', *MSc Tesis, Biomedical Engineering*, University of Akron, Ohio.
- [6] Kuperman V., 2000, *Magnetik Resonance Imaging-Physical Principles and Application*, Academic Press, Chicago.
- [7] Nobil M. N., Yousuf M. A., 'A New Method to Remove Noise in Magnetic Resonance and Ultrasound Images', *JSR Publication*, vol. 3, no. 1, hh. 81-89.
- [8] Munir R., 2006, 'Aplikasi Image Thresholding untuk Segmentasi Objek', *SNATI*, hh. F1-F6.
- [9] Saselah G., Weku W., & Latumakulita L., 2013, 'Perbaikan Citra Digital dengan Menggunakan Filtering Technique dan Similarity Measurement', *JdC*, vol. 2, no. 2.

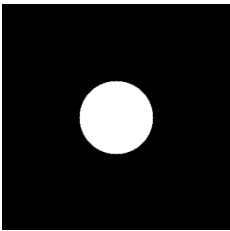

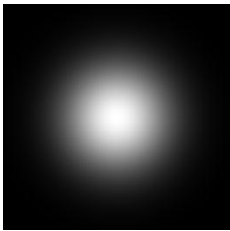
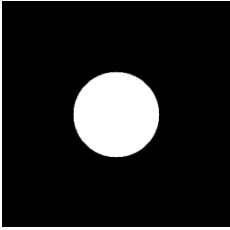

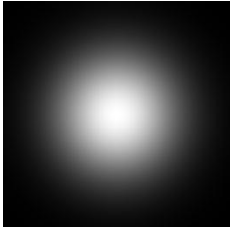
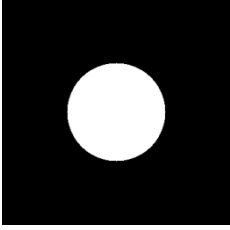
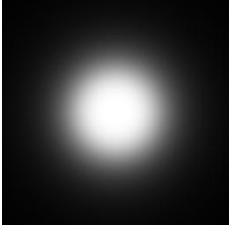
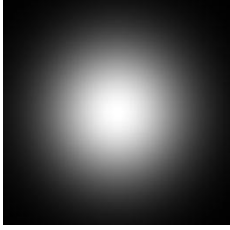
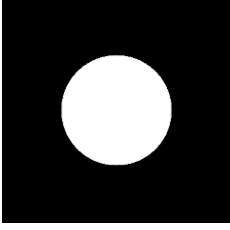

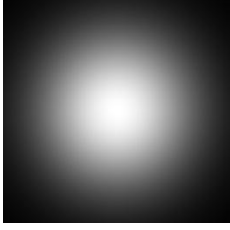
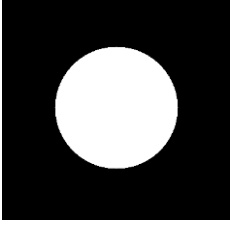
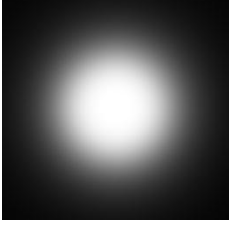
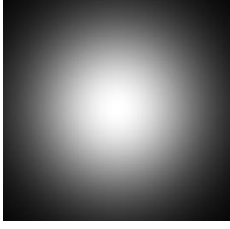
- [10] Astuti E. Z., 2010, 'Transformasi Fourier untuk Peningkatan Kualitas Citra', *Tecno.com*, vol. 9, no.1, hh. 53-65
- [11] Umamageswari D., Sivasakthi L., & Vani R., 2014, 'Quality Analysis and Image Enhancement using Transformation Techniques', *IJAREEIE*, vol. 3, no. 1, hh. 298-303.
- [12] Arunachalam S., Khairnar S. M., & Desale B. S., 2015, 'Implementation of Fast Fourier Transform and Vedic Algorithm for Image Enhancement using Matlab', *Applied Mathematical Sciences*, vol. 9, no. 45, hh. 2221-2234.
- [13] Siregar A., Aryanta D., 2013, 'Simulasi dan Analisis Perbaikan Citra Digital Domain Frekuensi dengan Transformasi Fourier', *Jurnal Reka Elkonika*, vol. 1, no. 3, hh. 98-209.
- [14] Anike M., 2015, 'Analisa Pengolahan Citra menggunakan Metode Transformasi Fourier', *Konferensi Nasional Sistem dan Informatika*, hh. 13-136.
- [15] Sari D. P., Hapsari Y. D., & Darminto, 2011, 'Studi Apparent Diffusion Coefficient dari Hidrogel PVA pada MRI dan Korelasinya dengan Hasil Pengukuran Konsistensi Menggunakan Penetrometer', Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [16] Notosiswoyo M., Suswaty S., 2004, 'Pemanfaatan Magnetic Resonance Imaging (MRI) sebagai Sarana Diagnosa Pasien', *Media Litbang Kesehatan*, vol. 14, no. 3, hh.8-13.
- [17] Haque M. N., Uddin M. S., 2011, 'Accelerating Fast Fourier Transformation for Image Processing using Graphics Processing Unit', *CIS*, vol. 2, no. 8, hh. 367-375.
- [18] Devi M., Shinde A. A., 2013, 'Sinyal Analysis of Real Time to Remove Noise', *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, vol. , no. 1, hh. 426-428.

- [19] Wang S., 2007, 'Applications of Fourier Transform to Imaging Analysis'.
- [20] Makandar A., Halalli B., 2015, 'Image Enhancement Technique using Hignpass and Lowpass Filters', *International Journal of Computer Application*, vol. 109, no. 14, hh. 12-15.
- [21] Gonzalez R.C., Rafael E.W., 2008, *Digital Image Processing*, Edisi 3, United Stated Of America.
- [22] Dep R., Sengupta D., & Das R., 2015, 'Development of an Image Enhancement Method and a GUI', *International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition*, vol. 8, no. 6, hh. 227-234.
- [23] Wang Z., Bovik A. C., 2009, 'Mean Squared Error: Love It or Leave It? A New Look at Sinyal Fidelity Measures', *IEEE Signal Processing Magazine*, vol.26. no.1, hh. 98-117.
- [24] Suhartono D., Salman A. G., & Rojali, 2012, 'Aplikasi Penyembunyian Pesan pada Citra JPEG dengan Algoritma F5 dalam Perangkat Mobile Berbasis Android', *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI)*, Yogyakarta.
- [25] Isa I. S., Sulaiman S. N., & Mustapha M., 2015, 'Evaluating Denoising Performances of Fundamental Filters for T2-Weighted MRI Images', *Procedia Computer Science*, hh. 760-768.
- [26] E-Health Laboratory Department of Computer Science University of Cyprus 2004, dilihat 28 Februari 2017, <<http://www.medinfo.cs.ucy.ac.cy/index.php/downloads/dataset>>.

Lampiran 1

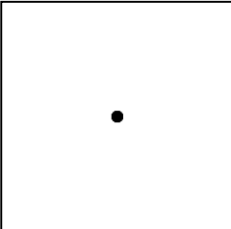
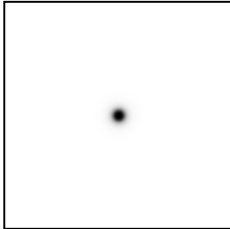
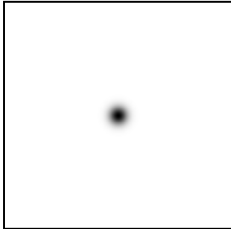
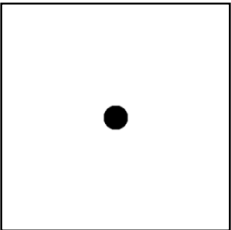
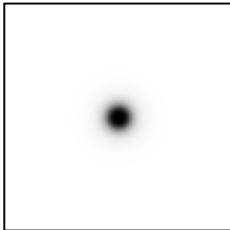
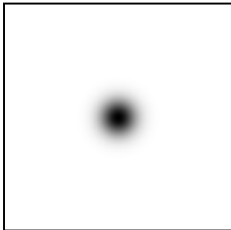
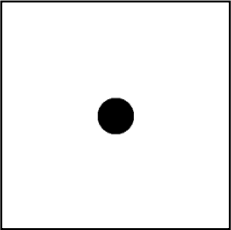
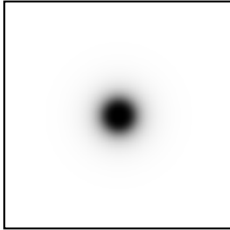
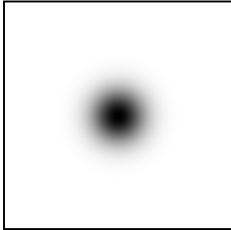
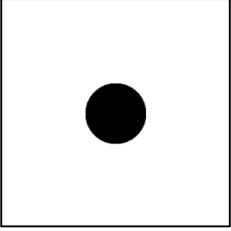
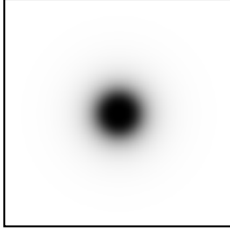
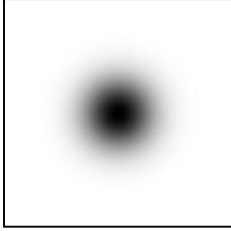
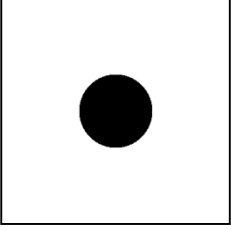
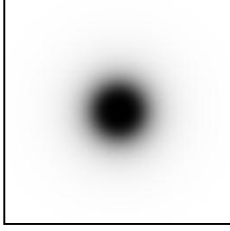
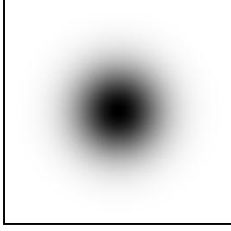
Tabel 1. Representasi Dua Dimensi Variasi Nilai *Cut-off* pada *Low Pass Filter*

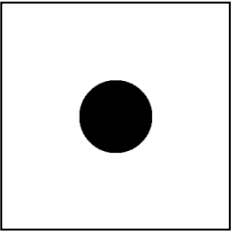
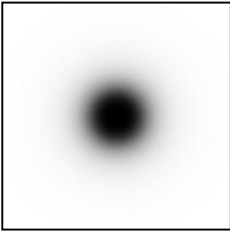
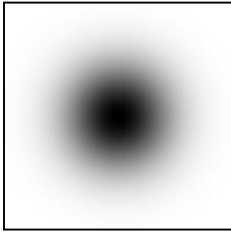
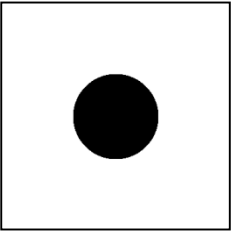
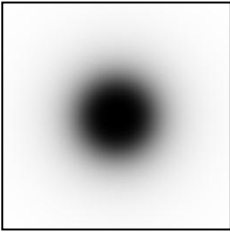
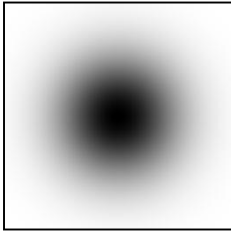
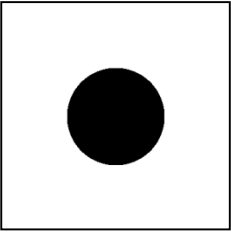
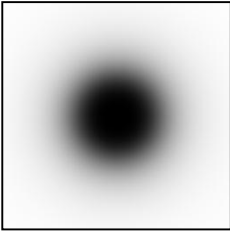
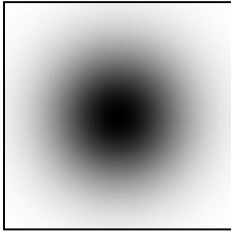
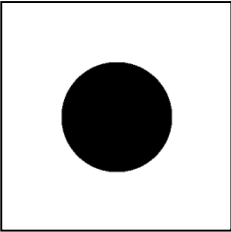
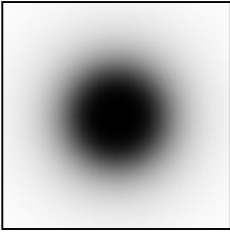
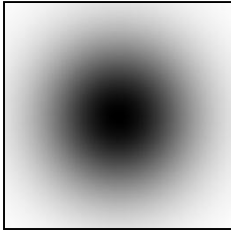
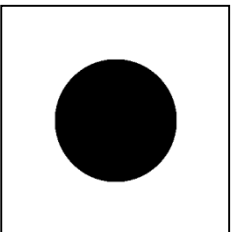
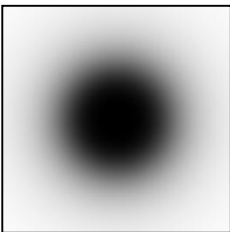
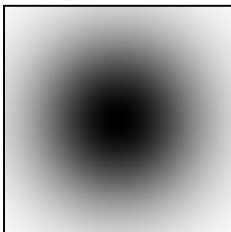
No.	Nilai <i>Cut-off</i>	Jenis Filter		
		ILPF	BLPF	GLPF
1	10			
2	20			
3	30			
4	40			
5	50			

6	60			
7	70			
8	80			
9	90			
10	100			

Lampiran 2

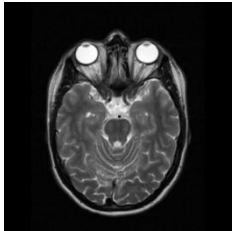
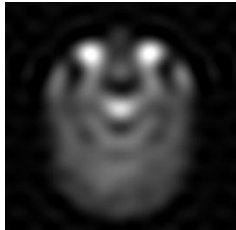
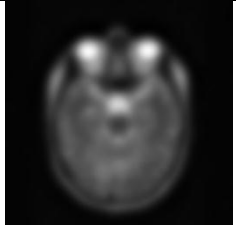
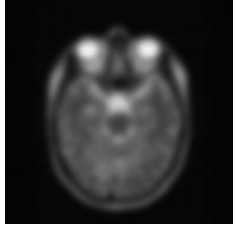
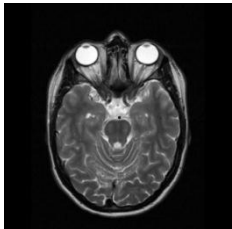
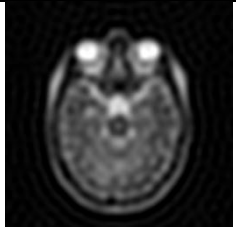
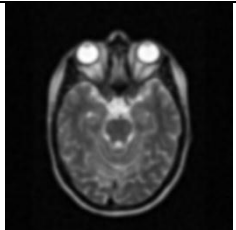
Tabel 2. Representasi Dua Dimensi Variasi Nilai *Cut-off* pada *High Pass Filter*

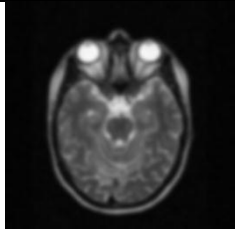
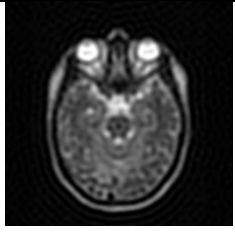
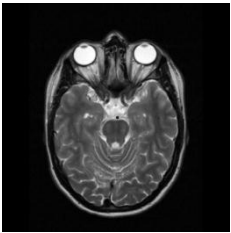
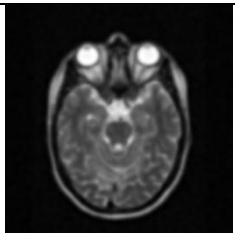
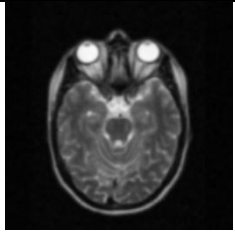
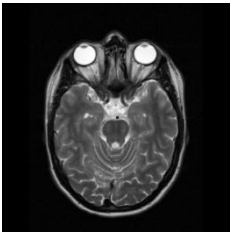
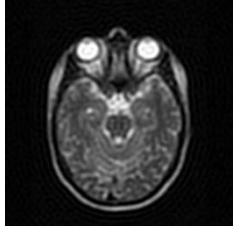
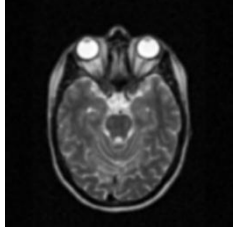
No.	Nilai <i>Cut-off</i>	Jenis Filter		
		IHPF	BHPF	GHPF
1	10			
2	20			
3	30			
4	40			
5	50			

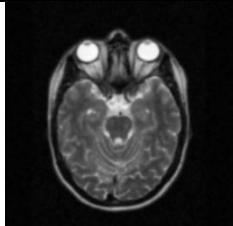

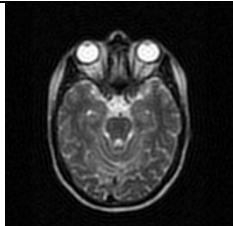
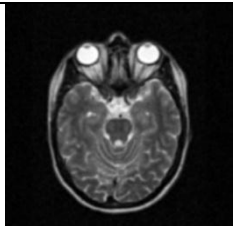



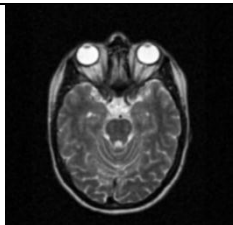
6	60			
7	70			
8	80			
9	90			
10	100			

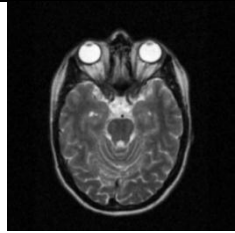


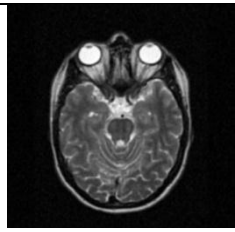
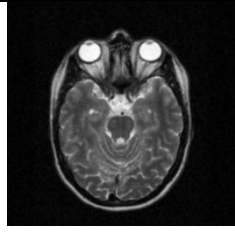

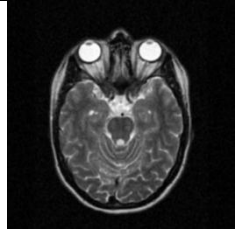
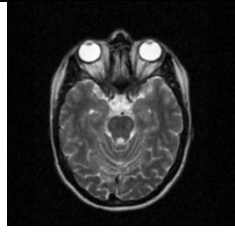
Lampiran 3

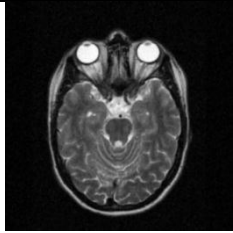


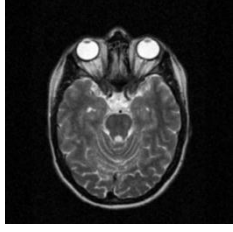

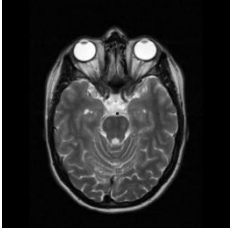

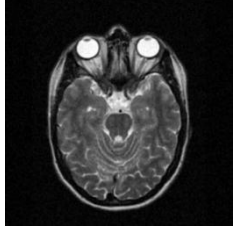
Tabel 3. Citra Hasil Low Pass Filter dengan Variasi Nilai Cut-off (D_0)


No.	Jenis Filter	Citra Asli	Nilai <i>Cut-off</i>	Citra Hasil
1	ILPF		$D_0=10$	
	BLPF			
	GLPF			
2	ILPF		$D_0=20$	
	BLPF			

	GLPF			
3	ILPF		D ₀ =30	
	BLPF			
	GLPF			
4	ILPF		D ₀ =40	
	BLPF			

	GLPF			
5	ILPF		$D_0=50$	
	BLPF			
	GLPF			
6	ILPF		$D_0=60$	
	BLPF			


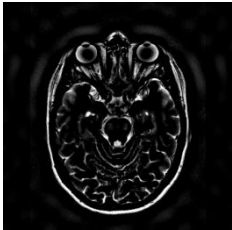
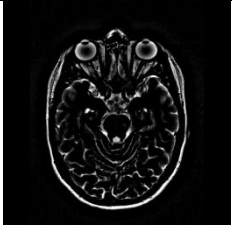
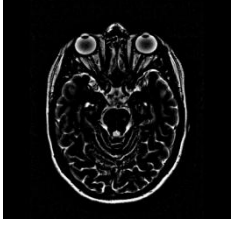

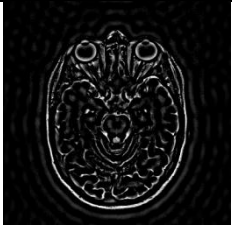
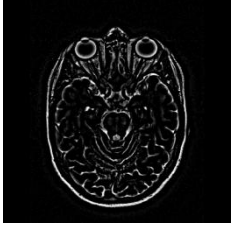
	GLPF			
7	ILPF		D ₀ =70	
	BLPF			
	GLPF			
8	ILPF		D ₀ =80	
	BLPF			

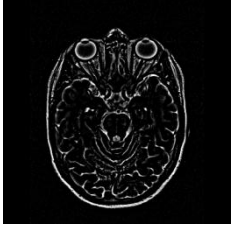


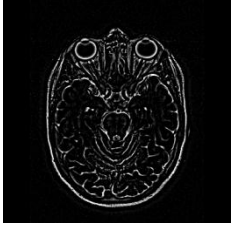
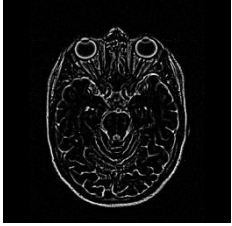

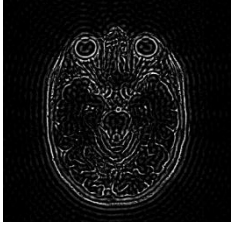
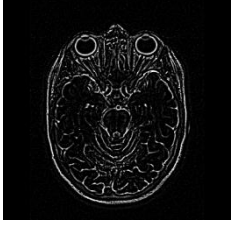
	GLPF			
9	ILPF		$D_0=90$	
	BLPF			
	GLPF			
10	ILPF		$D_0=100$	
	BLPF			

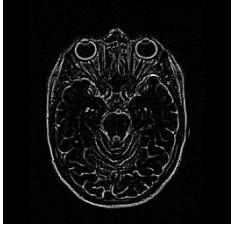


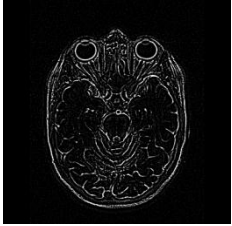
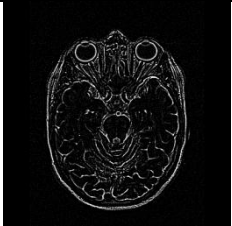


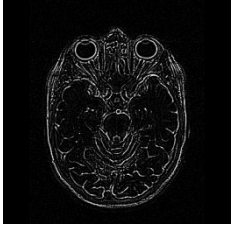
	GLPF			
--	------	--	--	---

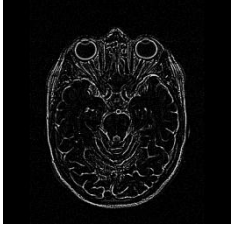

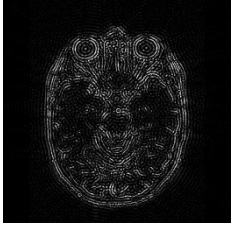
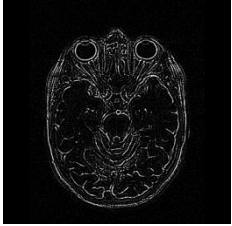
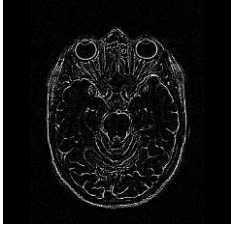

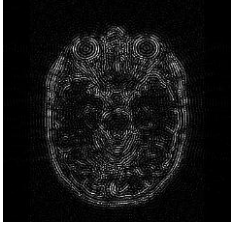

Lampiran 4

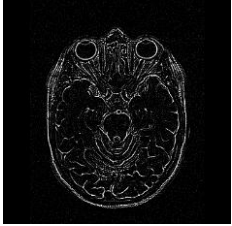

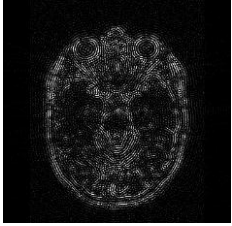
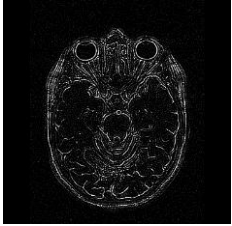
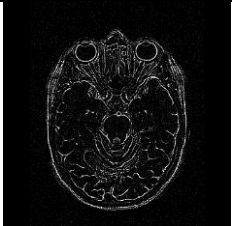

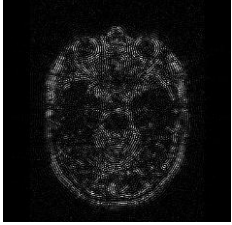

Tabel 4. Citra Hasil High Pass Filter dengan Variasi Nilai Cut-off (D_0)

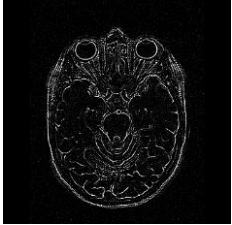
No.	Jenis Filter	Citra Asli	Nilai <i>Cut-off</i>	Citra Hasil
1	IHPF		$D_0=10$	
	BHPF			
	GHPF			
2	IHPF		$D_0=20$	
	BHPF			

	GHPF			
3	IHPF		$D_0=30$	
	BHPF			
	GHPF			
4	IHPF		$D_0=40$	
	BHPF			

	GHPF			
5	IHPF		$D_0=50$	
	BHPF			
	GHPF			
6	IHPF		$D_0=60$	
	BHPF			

	GHPF			
7	IHPF		$D_0=70$	
	BHPF			
	GHPF			
8	IHPF		$D_0=80$	
	BHPF			

	GHPF			
9	IHPF		$D_0=90$	
	BHPF			
	GHPF			
10	IHPF		$D_0=100$	
	BHPF			

	GHPF			
--	------	--	--	---

Lampiran 5

Tabel 5. Data Susunan Komponen Nilai Matriks Citra Asli

78	15	18	18	17	18	10	10	12	13	13	10	8	9	30
61	38	25	21	33	32	23	16	7	9	13	8	4	8	30
61	26	12	22	23	17	29	38	24	11	11	10	5	1	20
55	11	12	19	14	16	14	20	29	25	20	18	15	7	7
32	22	19	17	17	9	19	30	19	18	20	13	19	18	5
26	19	19	29	24	13	33	47	29	18	14	10	16	15	5
21	21	21	28	25	18	24	28	30	32	21	9	16	17	5
19	20	21	25	15	12	21	16	10	25	35	17	15	22	6
29	29	35	30	14	19	21	12	9	12	32	32	24	25	7
37	42	40	20	10	18	16	15	15	10	19	29	35	41	21
32	28	24	17	16	18	20	24	17	16	20	18	37	64	45
33	26	25	23	15	5	13	24	18	18	20	24	43	63	55
23	23	22	18	24	13	8	20	19	19	20	27	51	65	56
16	19	18	15	28	22	9	15	22	17	15	36	62	72	59
23	25	24	24	25	18	14	13	15	15	13	20	32	51	49

Lampiran 6

Tabel 6. Data Susunan Komponen Nilai Matriks Citra Asli dengan *Noise*

67	9	3	23	13	23	0	5	13	18	8	2	28	17	41
50	37	25	21	30	33	25	4	12	19	24	0	0	10	47
37	33	0	25	50	17	17	31	17	0	10	10	11	0	24
53	10	8	25	4	3	12	37	24	16	30	12	17	9	0
46	33	8	25	0	1	18	25	21	16	12	5	21	17	1
6	14	24	17	24	27	8	59	30	36	38	10	27	7	16
30	14	11	24	36	17	25	16	16	33	27	12	12	34	0
29	0	40	26	9	16	18	13	20	17	34	6	25	31	24
28	37	49	26	2	19	22	0	46	10	34	30	31	42	23
35	61	38	24	16	12	18	14	7	1	8	18	15	46	12
33	19	21	3	22	22	8	14	25	19	5	15	46	48	72
27	34	26	4	0	0	23	21	0	19	2	28	31	85	46
26	32	26	33	29	0	0	15	27	24	0	25	45	53	73
41	22	25	0	19	29	3	21	35	6	17	30	85	85	78
22	4	13	22	45	14	24	9	11	30	35	0	24	50	31

Lampiran 7

Tabel 7. Data Susunan Komponen Nilai Matriks Citra Hasil *Ideal Low Pass Filter* (ILPF) pada Nilai *Cut-off* 100

3,00	3,58	3,93	3,31	1,79	0,38	0,04	0,25	0,44	0,33	0,32	0,51	0,53	0,26	0,15
3,66	4,04	4,18	3,53	2,10	0,66	0,00	0,08	0,32	0,36	0,33	0,41	0,47	0,34	0,21
3,99	4,49	4,44	3,51	2,03	0,78	0,25	0,25	0,33	0,24	0,08	0,09	0,30	0,48	0,46
3,86	4,81	4,66	3,20	1,46	0,56	0,56	0,75	0,68	0,40	0,11	0,03	0,27	0,61	0,61
3,65	5,10	4,88	2,87	0,85	0,28	0,83	1,24	1,08	0,75	0,52	0,38	0,42	0,58	0,53
3,76	5,31	4,88	2,57	0,53	0,24	0,97	1,30	1,04	0,84	0,90	0,84	0,61	0,46	0,37
4,34	5,38	4,42	2,09	0,43	0,39	0,98	1,01	0,65	0,68	1,08	1,17	0,81	0,44	0,37
5,30	5,35	3,66	1,50	0,41	0,57	0,92	0,78	0,53	0,75	1,24	1,36	0,99	0,59	0,49
6,25	5,22	2,93	1,07	0,51	0,69	0,82	0,77	0,82	1,09	1,32	1,28	1,01	0,74	0,61
6,53	4,64	2,21	0,91	0,75	0,78	0,68	0,79	1,10	1,23	1,06	0,87	0,84	0,86	0,80
5,81	3,43	1,39	0,87	1,09	0,94	0,61	0,75	1,10	1,00	0,05	0,44	0,69	0,98	1,06
4,61	2,14	0,73	0,94	1,44	1,19	0,73	0,79	1,00	0,76	0,34	0,33	0,67	0,96	1,12
3,84	1,52	0,60	1,15	1,69	1,37	0,87	0,83	0,92	0,69	0,44	0,49	0,62	0,65	0,87
3,69	1,59	0,88	1,35	1,67	1,28	0,78	0,67	0,70	0,60	0,57	0,64	0,51	0,32	0,69
3,61	1,71	1,06	1,32	1,45	1,07	0,63	0,48	0,44	0,42	0,56	0,72	0,58	0,41	0,93

Lampiran 8

Tabel 8. Data Susunan Komponen Nilai Matriks Citra Hasil *Butterworth Low Pass Filter* (BLPF) pada Nilai *Cut-off* 100

3,02	3,38	3,69	3,24	1,60	0,50	0,37	0,58	0,43	0,37	0,39	0,35	0,52	0,35	0,32
3,07	3,40	3,89	3,30	1,45	0,31	0,23	0,51	0,60	0,50	0,40	0,38	0,50	0,38	0,25
3,19	3,56	4,34	3,33	1,34	0,45	0,34	0,50	0,69	0,56	0,46	0,47	0,47	0,40	0,35
3,16	4,12	4,96	3,46	1,35	0,68	0,76	0,75	0,75	0,75	0,79	0,68	0,41	0,39	0,36
3,52	5,13	5,08	3,02	1,36	0,81	0,88	0,95	0,91	1,05	1,05	0,87	0,52	0,46	0,27
3,67	5,17	4,52	2,36	0,91	0,67	0,85	0,92	0,92	1,33	1,41	1,01	0,73	0,48	0,25
4,16	5,01	3,91	1,81	0,58	0,51	0,88	0,97	0,95	1,13	1,23	1,03	0,84	0,69	0,39
5,57	5,40	3,47	1,54	0,75	0,78	0,95	1,00	0,82	1,08	1,34	1,15	0,90	0,55	0,33
6,35	5,08	2,72	1,10	0,80	0,96	1,08	1,00	0,91	1,34	1,67	1,52	1,07	0,48	0,30
6,27	4,32	2,09	0,86	0,81	0,97	1,04	1,11	1,05	1,24	1,41	1,57	1,28	0,75	0,52
5,65	3,35	1,48	0,82	0,98	1,15	1,06	1,10	0,96	0,80	0,72	0,85	1,06	1,02	0,93
4,88	2,50	1,25	0,90	1,10	1,34	1,24	0,93	0,70	0,61	0,52	0,58	0,84	1,15	1,15
4,30	2,30	1,26	0,99	1,00	1,14	1,04	0,82	0,69	0,70	0,69	0,65	0,69	0,96	1,13
3,92	2,24	1,39	1,13	0,81	0,76	0,77	0,60	0,52	0,76	0,76	0,66	0,66	0,76	0,95
3,75	2,17	1,52	1,16	0,81	0,82	0,81	0,54	0,34	0,57	0,76	0,60	0,64	0,80	0,94

Lampiran 9

Tabel 9. Data Susunan Komponen Nilai Matriks Citra Hasil *Gaussian Low Pass Filter* (GLPF) pada Nilai *Cut-off* 100

3,40	3,53	3,59	2,79	1,26	0,77	0,58	0,42	0,60	0,48	0,29	0,40	0,33	0,25	0,11
3,16	3,22	3,94	3,46	1,38	0,54	0,63	0,38	0,23	0,21	0,46	0,41	0,21	0,15	0,10
3,23	3,33	4,20	3,23	1,26	0,58	0,85	0,57	0,33	0,35	0,77	0,53	0,30	0,12	0,13
2,88	3,69	4,27	2,48	0,97	0,77	0,77	0,73	0,79	0,56	0,62	0,65	0,50	0,20	0,18
3,21	5,00	4,80	2,74	1,23	0,73	0,91	1,12	1,03	0,87	0,78	0,42	0,36	0,39	0,38
3,63	5,29	4,78	2,71	1,19	0,73	1,21	1,05	0,89	0,97	1,01	0,59	0,24	0,40	0,52
4,20	4,83	3,93	1,75	0,56	0,39	0,68	0,58	0,62	0,45	0,61	0,76	0,43	0,47	0,32
5,73	5,58	3,73	1,29	0,36	0,43	0,69	0,66	0,77	0,60	0,83	0,84	0,71	0,61	0,36
6,56	5,23	2,73	1,20	0,47	0,56	0,87	1,03	1,16	0,99	1,38	1,38	0,93	0,52	0,48
5,99	4,18	2,00	1,24	0,86	1,04	1,06	0,97	1,06	0,83	1,06	1,54	1,29	0,79	0,55
5,28	2,96	1,28	0,88	0,77	1,05	1,17	0,67	0,64	0,61	0,57	0,78	1,06	1,08	0,52
4,42	2,13	1,26	0,98	0,79	1,19	1,07	0,92	0,95	0,44	0,39	0,58	0,71	0,91	0,63
3,52	1,83	1,52	1,34	1,33	1,29	0,75	0,59	0,76	0,59	0,88	0,99	0,56	0,72	0,95
3,46	1,65	1,04	1,25	1,35	1,16	0,73	0,57	0,64	0,91	1,14	0,80	0,49	0,39	0,64
3,81	2,12	1,38	1,28	1,00	0,92	0,75	0,57	0,52	0,65	0,74	0,82	0,91	0,75	1,01

Lampiran 10

Tabel 10. Data Susunan Komponen Nilai Matriks Citra Hasil *Ideal High Pass Filter* (IHPF) pada Nilai *Cut-off* 10

5,02	3,85	7,84	6,02	13,7	18,3	17,2	13,4	9,79	4,66	2,60	0,47	3,18	5,71	3,64
3,37	0,58	10,0	11,6	11,0	18,1	16,4	13,2	9,59	4,46	2,80	1,01	3,68	5,02	4,93
4,57	3,32	21,3	11,8	14,4	19,0	15,2	11,6	7,99	2,91	1,38	3,92	5,69	5,78	6,06
5,10	3,80	26,8	3,18	18,6	14,0	10,2	6,61	2,23	1,60	1,74	5,28	7,67	8,80	7,81
0,60	31,8	26,9	3,11	9,05	10,6	8,35	0,28	3,75	3,79	4,17	3,15	5,71	8,22	6,31
0,14	27,0	20,4	2,66	13,1	15,0	7,30	3,08	1,77	6,26	12,6	9,36	5,75	6,45	5,94
8,80	14,0	13,3	4,50	18,3	14,3	7,84	6,13	1,90	0,35	5,22	10,6	10,2	8,69	7,57
30,8	34,1	8,60	12,9	13,3	10,8	8,00	4,50	4,46	2,18	8,65	5,85	6,28	7,18	3,87
35,4	18,2	6,24	14,6	13,8	10,1	2,66	1,32	2,73	7,49	14,7	8,84	4,99	3,22	0,83
33,7	12,2	11,2	15,9	12,2	8,58	2,39	0,47	0,60	3,79	6,77	8,30	9,19	4,36	1,41
27,0	2,72	16,1	15,9	11,7	7,76	2,86	3,90	2,74	2,49	1,58	0,38	5,24	8,35	0,01
14,9	7,11	15,5	11,2	7,37	1,41	0,16	3,75	0,27	2,46	0,36	1,49	0,88	5,86	4,34
5,21	12,1	15,2	7,25	1,37	1,43	3,30	4,71	0,24	0,57	0,59	0,33	2,47	0,27	1,94
6,12	15,2	17,3	8,38	5,95	3,94	3,66	1,70	0,69	2,34	4,06	0,80	0,67	0,62	3,24
3,92	12,4	9,18	7,15	5,83	2,64	0,47	1,39	3,87	0,07	4,16	1,09	0,16	1,03	1,38

Lampiran 11

Tabel 11. Data Komponen Susunan Nilai Matriks Citra Hasil *Butterworth High Pass Filter* (BHPF) pada Nilai *Cut-off* 10

11,5	11,2	15,6	13,9	6,36	11,9	12,4	10,7	9,57	7,18	7,90	7,46	7,09	6,41	9,76
9,91	6,62	17,5	19,1	4,12	12,2	12,2	11,1	9,97	7,49	8,52	7,22	6,75	7,15	8,42
11,0	10,2	28,4	18,8	8,18	13,8	11,7	10,2	8,92	6,38	4,59	4,39	4,63	6,10	6,87
1,24	10,4	33,4	9,49	13,0	9,60	7,42	5,80	3,67	5,39	4,33	2,89	2,27	2,48	4,32
6,77	38,0	33,0	2,56	4,17	6,92	6,24	0,51	1,89	0,17	1,83	4,65	3,57	2,14	4,66
6,07	32,8	26,0	2,33	9,00	12,0	5,86	3,38	3,94	2,23	6,87	2,11	2,63	2,70	3,57
14,4	19,4	18,2	0,20	14,9	12,1	7,04	6,90	4,31	3,62	0,15	4,12	2,93	0,96	0,23
36,1	38,9	12,8	9,36	10,7	9,38	7,81	5,71	7,04	1,65	3,77	0,22	0,22	1,02	2,07
40,2	22,5	2,60	11,8	11,9	9,37	3,08	2,94	5,45	3,84	10,4	4,13	0,22	1,30	3,19
38,1	15,9	8,26	13,8	11,1	8,55	3,43	02,5	3,45	0,33	2,99	4,52	5,70	1,43	3,56
31,0	5,85	13,8	14,6	11,4	8,49	4,53	6,34	5,75	0,79	1,68	3,31	2,94	6,90	0,44
18,4	4,57	13,9	10,7	7,90	2,91	2,47	6,64	2,92	0,73	3,21	3,69	2,16	5,70	5,42
8,23	10,2	14,4	7,55	2,72	0,83	6,26	8,09	3,21	2,61	1,98	1,31	2,93	0,60	4,23
8,66	13,9	17,2	9,45	8,10	6,97	7,29	05,6	3,08	0,94	1,62	0,47	0,55	1,01	0,06
5,98	11,7	9,76	8,98	8,75	6,41	4,77	5,83	8,04	3,56	1,71	0,01	0,28	1,05	2,30

Lampiran 12

Tabel 12. Data Susunan Komponen Nilai Matriks Citra Hasil *Gaussian High Pass Filter* (GHPF) pada Nilai *Cut-off* 10

14,2	13,5	17,4	14,9	6,19	12,7	14,2	13,3	12,9	11,2	12,5	12,4	12,3	11,8	15,2
12,7	9,08	19,4	20,1	3,97	13,1	14,0	13,8	13,4	11,6	13,1	12,2	12,1	12,7	14,0
14,0	12,8	30,3	19,9	8,04	14,7	13,6	12,9	12,3	10,4	9,24	9,46	10,0	11,6	12,5
4,32	13,1	35,4	10,6	12,9	10,4	9,24	8,48	7,09	9,44	8,91	7,90	7,60	8,03	9,98
9,96	40,8	35,1	3,69	4,04	7,80	8,05	2,12	1,45	4,14	6,31	9,56	8,82	7,62	10,2
9,34	35,6	28,0	3,44	8,90	12,9	7,66	5,99	7,23	1,64	2,49	2,67	7,77	8,09	9,12
17,7	22,2	20,2	0,85	14,9	13,0	8,85	9,48	7,55	7,42	4,42	0,54	2,07	4,30	5,68
39,5	41,7	14,8	8,39	10,7	10,3	9,65	8,28	10,2	5,37	0,39	4,33	4,65	4,11	7,40
43,7	25,2	0,74	10,9	12,0	10,4	4,95	5,51	8,62	0,17	6,35	0,30	4,52	6,30	8,38
41,6	18,6	6,51	13,0	11,3	9,68	5,35	5,09	6,61	3,28	1,01	0,17	1,07	3,42	8,60
34,4	8,46	12,2	14,0	11,8	9,71	6,51	8,97	8,91	4,39	5,65	7,58	1,57	2,19	5,30
21,8	2,07	12,4	10,2	8,38	4,23	4,52	9,31	6,10	4,32	7,14	7,89	6,57	1,13	0,72
11,5	7,88	13,0	7,21	3,32	2,26	8,40	10,8	6,42	6,20	5,88	5,44	7,25	3,83	0,29
11,9	11,7	16,0	9,26	8,83	8,50	9,51	8,38	6,33	4,54	2,25	4,56	4,78	3,31	4,45
9,21	9,60	8,69	8,93	9,61	8,06	7,08	8,68	11,3	7,19	2,15	4,06	3,88	3,17	1,93

Lampiran 13

Tabel 13. Nilai MSE dan PSNR *Low Pass Filter* dengan Variasi Nilai *Cut-off* (D_0)

No.	Nilai <i>Cut-off</i>	Jenis Filter	Nilai MSE ($\times 10^{-4}$)	Nilai PSNR (dB)
1	10	ILPF	98	157,0422
		BLPF	84	158,5775
		GLPF	76	159,5797
2	20	ILPF	60	162,0269
		BLPF	47	164,3343
		GLPF	40	165,9396
3	30	ILPF	37	166,7466
		BLPF	30	169,0203
		GLPF	25	170,8027
4	40	ILPF	27	170,1478
		BLPF	20	172,8357
		GLPF	17	174,6759
5	50	ILPF	19	173,3309
		BLPF	15	176,0491
		GLPF	12	177,8320
6	60	ILPF	15	176,1354
		BLPF	11	178,7444
		GLPF	9,4848	180,4318
7	70	ILPF	12	178,2059
		BLPF	9,0954	180,8509
		GLPF	7,8630	182,3070
8	80	ILPF	10	179,7973
		BLPF	7,6339	182,6027
		GLPF	6,9153	183,5913
9	90	ILPF	8,8489	181,1257
		BLPF	6,7215	183,8756
		GLPF	6,3608	184,4272
10	100	ILPF	8,1584	181,9382
		BLPF	6,2356	184,6260
		GLPF	6,1680	184,7349

Lampiran 14

Tabel 14. Nilai MSE dan PSNR *High Pass Filter* dengan Variasi Nilai *Cut-off* (D_0)

No.	Nilai <i>Cut-off</i>	Jenis Filter	Nilai MSE ($\times 10^{-2}$)	Nilai PSNR (dB)
1	10	IHPF	5,42	139,9678
		BHPF	5,27	140,2555
		GHPF	5,21	140,3667
2	20	IHPF	5,82	139,2626
		BHPF	5,69	139,4982
		GHPF	5,65	139,5687
3	30	IHPF	6,05	138,8778
		BHPF	5,91	139,1184
		GHPF	5,86	139,1907
4	40	IHPF	6,16	138,6980
		BHPF	6,04	138,8901
		GHPF	6,00	138,9674
5	50	IHPF	6,23	138,5773
		BHPF	6,13	138,7433
		GHPF	6,08	138,8213
6	60	IHPF	6,28	138,4970
		BHPF	6,19	138,6425
		GHPF	6,15	138,7193
7	70	IHPF	6,32	138,4464
		BHPF	6,24	138,5703
		GHPF	6,19	138,6447
8	80	IHPF	6,34	138,4127
		BHPF	6,27	138,5170
		GHPF	6,23	138,5882
9	90	IHPF	6,35	138,3857
		BHPF	6,30	138,4766
		GHPF	6,25	138,5443
10	100	IHPF	6,37	138,3656
		BHPF	6,32	138,4453
		GHPF	6,28	138,5095