



**RANCANGAN DAN PEMBUATAN PROTOTYPE
ELEKTROENSEFALOGRAF UNTUK MENDETEKSI
SINYAL OTAK**

SKRIPSI

Oleh

**Paramita Darmasih Hartayu
NIM 051910201096**

**PROGRAM STUDI STRATA 1
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2012**



**RANCANGAN DAN PEMBUATAN *PROTOTYPE*
ELEKTROENSEFALOGRAF UNTUK MENDETEKSI
SINYAL OTAK**

SKRIPSI

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

Teknik

Oleh

Paramita Darmasih Hartayu

NIM 051910201096

**PROGRAM STUDI STRATA 1
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2012**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Allah, *nurrussamawati wal ardh*, Pembimbing yang sebenar-benarnya Pembimbing kepada cahaya-Nya siapa saja yang Dia kehendaki. Dari Allah lah semua ini berasal, dan kepada-Nya semua ini kembali.
2. Ayah ibu tercinta dan butiran-butiran doanya, yang meragam hinggap pada dedaunan umur dan menghampar luas pada samudera kelapangan jiwa. Kau awali pemintalan benang sejarahku dengan menghadiri undangan perennial lewat rahim sejarahmu.
3. Dessy Kusumahati, Rendra Harry Darmawan, dan harapan-harapannya. Fajar akan segera menyingsing bersama turunnya embun yang sejuk menyapa segala tanda. Mari memintal kepompong, dan segera terbang mentafakkuri peradaban.
4. Allam Muslech Afrianto dan kesabarannya. Mahligaiku, altar ilmu gema *hizb*. Asalkan maksud nak raih ijazah. Imbalan dari syahwah yang resah. Mari sepakati, *qabiltu*.
5. Justicia Jingga, Gilang Asmara, dan semangatnya. Tak perlu bertanya kepada salju, bagaimana berhias kelembutan. Karena kalian adalah salju.
6. Paramita Darmasih Hartayu

MOTTO

Bacalah! Dan Tuhanmu-lah Yang Maha Pemurah yang mengajarkan manusia
dengan pena
(Al Quran surah Al Alaq)

Sesungguhnya kesulitan itu diapit dua kemudahan
(Al Quran surah Al Insyirah)

Tuhanmu tiada meninggalkanmu, tiada pula membenci kamu.
(Al Quran surah Adh Dhuha)

Mintalah, maka akan diberikan kepadamu; carilah, maka kamu akan mendapat;
ketuklah, maka pintu akan dibukakan bagimu
(Alkitab Perjanjian Baru, Matius 7)

Janganlah takut, sebab Aku menyertai engkau, janganlah bimbang,
sebab Aku ini Allahmu; Aku akan meneguhkan, bahkan akan menolong engkau;
(Alkitab Perjanjian Lama, Yesaya 41)

Tuhan ada kalau aku tidak ada. Kalau aku ada, Tuhan tidak ada
(*Book of Life*, Jiddu Khrisnamurti)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

nama : Paramita Darmasih Hartayu

NIM : 051910201096

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis yang berjudul : *Rancangan dan Pembuatan Prototype Elektroensefalograf untuk Mendeteksi Sinyal Otak* adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 30 Oktober 2012

Yang menyatakan,

Paramita Darmasih Hartayu

NIM 051910201096

SKRIPSI

**RANCANGAN DAN PEMBUATAN PROTOTYPE
ELEKTROENSEFALOGRAF UNTUK MENDETEKSI SINYAL OTAK**

Oleh
Paramita Darmasih Hartayu
NIM 051910201096

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Sumardi, S.T, M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Widyono Hadi, M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul *Rancangan dan Pembuatan Prototype Elektroensefalograf untuk Mendeteksi Sinyal Otak* telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada :

hari : Kamis

tanggal : 25 Oktober 2012

tempat : Program Studi S1 Jurusan Teknik Elektro

Tim Penguji,

Pembimbing Utama

Pembimbing Anggota,

Sumardi, ST., MT.
NIP. 19670113 199802 1 001

Ir. Widyono Hadi, MT.
NIP. 19610414 198902 1 001

Mengetahui,

Penguji I

Penguji II

Bambang Supeno, ST., MT.
NIP. 19690630 199512 1 001

Satryo Budi Utomo, ST., MT.
NIP. 19850126 200801 1 002

Mengesahkan,
Dekan,
Fakultas Teknik

Ir. Widyono Hadi, MT.
NIP. 19610414 198902 1 001

RANCANGAN DAN PEMBUATAN PROTOTYPE ELEKTROENSEFALOGRAF UNTUK MENDETEKSI SINYAL OTAK

Paramita Darmasih Hartayu

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Dewasa ini perkembangan teknologi elektronika semakin pesat, khususnya dalam bidang *biomedical instrumentation* sehingga aktivitas otak yang berhubungan dengan aktivitas indera dapat direkam dengan alat elektroensefalograf. Elektroensefalograf menghasilkan data berupa sinyal elektrik akibat aktivitas saraf otak (neuron) pada kulit kepala. Sinyal-sinyal otak yang diukur dengan metode 10-20 akan memberikan informasi berupa besar amplitudo dan frekuensi, sehingga dapat diklasifikasikan menjadi lima aktivitas, yaitu delta (dibawah 4 Hz), theta (4-8 Hz), alpha (8-13 Hz), beta (13-22 Hz) dan gamma (22-40 dan lebih). Masing-masing sinyal memberikan informasi tentang aktivitas seseorang. Amplitudo gelombang otak berada pada level mikrovolt, sehingga diperlukan sistem penguatan sebesar ribuan sampai jutaan kali pada penguat instrumentasi dan filter analog yang dipakai agar dapat diamati dengan osiloskop. Selanjutnya, bentuk perekaman ini akan dibandingkan dengan hasil perekaman dari RS. Dr. Soebandi dengan kondisi yang sama, yaitu kondisi berbicara. Perekaman yang dilakukan menggunakan metode bipolar dengan titik Fp1 dan Fpz sebagai titik pengukuran. Hasil perekaman dari RSUD. Dr. Soebandi dan *prototype* EEG menunjukkan adanya aktivitas theta dan delta. Dari *prototype* EEG aktivitas theta terjadi pada frekuensi 7 Hz, 9 μ V dan 4 Hz, 25 μ V dan delta terjadi pada frekuensi 2,5 Hz, 58 μ V dan 2,6 Hz, 13 μ V.

Kata kunci : Elektroensefalograf, Sinyal Otak, Sistem 10-20, Penguat Instrumentasi, Filter Analog

DESIGN AND MANUFACTURING ELECTROENCEPHALOGRAPH PROTOTYPE FOR DETECTING BRAINWAVES

Paramita Darmasih Hartayu

Electrical Engineering, Engineering Faculty, Jember University

ABSTRACT

Today, the development of electrical technology, particularly in biomedical instrumentation increase rapidly, so the brain activities in which influenced by sense can be monitored in electroencephalograph. Electroencephalograph informs neuron's activity waves in people's scalp. The brainwaves that measure in 10-20 system give amplitude dan frequency datas, such as delta waves (below 4 Hz), theta waves (4-8 Hz), alpha waves (8-13 Hz), beta waves (13-22 Hz), and gamma waves (22-40 and above). Every wave informs people's activity. Because of its amplitude range which is in microvolt level, thousands or millions gain are used in operating amplifier instrumentation and its filter. So then the waves can be read in oscilloscope. The brainwaves' recording result will be compared with Dr. Soebandi General Hospital's result of brainwaves recording by the same condition, talking activity. Bipolar Mode is used in this recording with Fp1 and Fpz as measuring point. Electroencephalograph prototype's and Dr. Soebandi's recording results show theta and delta activity. From EEG prototype result's, theta activities shown at 7 Hz, 9 μ V and 4 Hz, 25 μ V and delta activities shown at 2,5 Hz, 58 μ V dan 2,6 Hz, 13 μ V.

Keywords: Electroencephalograph, Brainwaves, 10-20 System, Operating Amplifier Instrumentation, Analog Filters

RINGKASAN

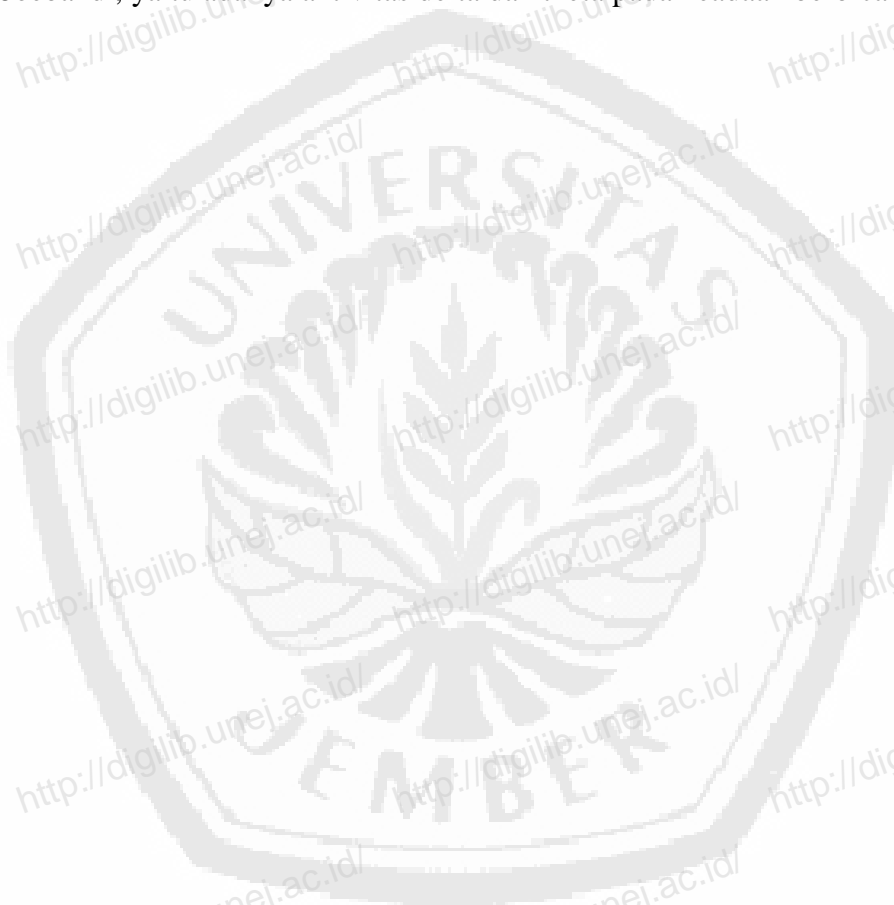
Rancangan dan Pembuatan *Prototype* Elektroensefalograf untuk Deteksi Gelombang Otak: Paramita Darmasih Hartayu, 051910201096; 2012; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Salah satu bentuk pengamatan aktivitas saraf otak adalah dengan menggunakan elektroensefalograf (EEG). Elektroensefalograf menghasilkan data berupa sinyal elektrik yang dapat diklasifikasikan berdasarkan *range* frekuensinya, yaitu gelombang delta (0-4 Hz), theta (4-8 Hz), alpha (8-13 Hz), beta (13-22 Hz), dan gamma (22-40 Hz dan lebih). Sinyal-sinyal elektrik ini memiliki amplitudo sangat kecil (μV) sehingga sangat sulit diamati dengan osiloskop. Diperlukan adanya sistem penguatan tertentu agar amplitudo sinyal otak berada pada *level* milivolt atau volt. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membuat *prototype* elektroensefalograf dengan sistem penguatan yang dapat menaikkan *level* tegangan sinyal otak dalam *range* milivolt atau volt sehingga dapat terbaca osiloskop.

Perancangan perangkat keras dilakukan di kediaman penulis, dan pembuatannya dilakukan di Laboratorium Fisika Dasar dan Optik Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember. Perangkat keras terdiri dari perancangan elektroda aktif (*dry electrode*) sebagai sensor, penguat instrumentasi dan filter untuk sistem penguatannya, dan rangkaian pembagi tegangan untuk menurunkan *level* tegangan masukan dari *function generator*.

Pengujian perangkat keras dilakukan dalam dua tahap, yaitu pengujian rangkaian penguat dan pengujian rangkaian keseluruhan. Pengujian rangkaian penguat meliputi pengujian rangkaian instrumentasi dan pengujian filter. Pada pengujian rangkaian penguat instrumentasi didapatkan *error* terbesar, yaitu 13,75 % sedang pada pengujian rangkaian filter didapat *error* terbesar, yaitu 28,27% dalam frekuensi *cut off*, dan sebesar 30,86% diluar frekuensi *cut off*. Pengujian simulasi menggunakan *function generator* sebagai pembangkit sinyal. Pada pengujian

simulasi, alat sudah dapat menerima sinyal masukan dalam frekuensi yang distandarkan EEG, yaitu delta (3,79 Hz), theta (7,02 Hz), alpha (10,60 Hz), beta (15,98 Hz), dan gamma (30,61 Hz). Pada pengujian di kulit kepala, dengan titik Fp1 dan Fpz sebagai titik pengukuran dengan keadaan berbicara, terdapat aktivitas theta (7 dan 9 Hz) dan delta (2,5 dan 2,6 Hz). Hasil ini sama dengan pengujian dari RSUD. Dr. Soebandi, yaitu adanya aktivitas delta dan theta pada keadaan berbicara.



PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala kehendak dan ilmu-Nya, sehingga penulis diberi kemudahan, kesabaran, pengetahuan serta hasil yang terbaik dalam menyelesaikan skripsi yang berjudul: “Rancangan dan Pembuatan *Prototype* Elektroensefalograf untuk Mendeteksi Sinyal Otak” yang disusun guna memenuhi salah satu syarat menyelesaikan program studi teknik elektro dan mencapai gelar sarjana teknik pada Fakultas Teknik Universitas Jember.

Skripsi ini dapat terselesaikan karena adanya bantuan serta dorongan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. Widyono Hadi, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik, sekaligus Dosen Pembimbing Anggota yang telah membimbing dengan sabar dan bijak serta memberi banyak masukan kepada penulis agar skripsi ini menjadi lebih bermakna;
2. Bapak Sumardi, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro sekaligus Dosen Pembimbing Utama yang telah memberi banyak masukan kepada penulis agar skripsi ini menjadi lebih berkembang;
3. Bapak Bambang Supeno, ST., MT. dan Bapak Satryo Budi Utomo, ST., MT. selaku Dosen Penguji I dan II yang telah banyak memberikan bantuan, masukan, saran, dan kritik selama di Jember maupun di Surabaya sehingga skripsi ini rampung dikerjakan.
4. Segenap Dosen dan staf karyawan Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro yang telah mengajar, mendidik, dan memberikan banyak fasilitas dalam penyusunan skripsi ini;
5. Bapak Paulus, selaku Dosen Politeknik Elektronika Negeri Surabaya dan Sukma Firdaus, selaku alumni Institut Teknologi Sepuluh November, yang telah

memberikan banyak pengetahuan dasar Elektronika Medika dan dalam perancangan alat;

6. Kedua orang tua, kedua saudara, dan ribuan doa, harapan, dan semangat yang turecurahkan kepada penulis selama masa pendidikan sampai skripsi ini selesai disusun;
7. Teman-teman Fakultas Teknik Universitas Jember, khususnya S1 Teknik Elektro angkatan 2005;
8. Seluruh pihak yang belum sempat disebutkan diatas yang telah membantu penyusunan skripsi ini.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaannya skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, Oktober 2012

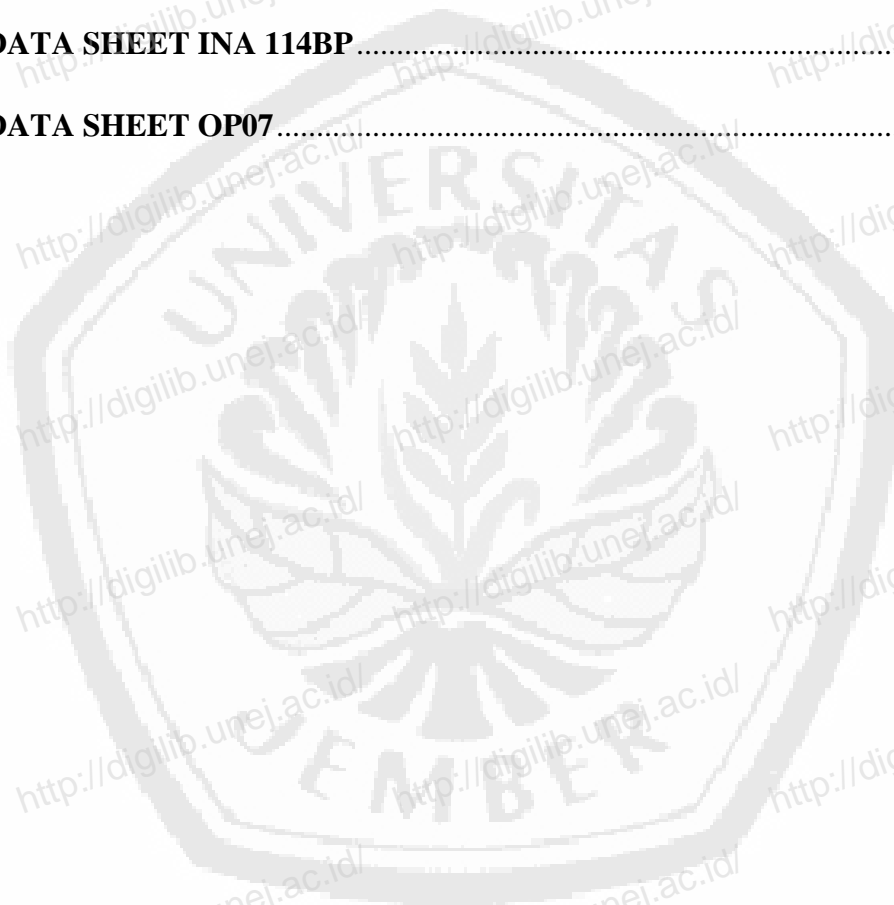
Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
RINGKASAN	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Batasan Masalah	2
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Otak	3
2.2 Gelombang Otak	4
2.3 Elektroda	6
2.3.1 Jenis-Jenis Elektroda.....	7
2.3.2 Lokasi Titik Pengukuran dan Penempatan Elektroda.....	8

2.4 Operational Amplifier	10
2.4.1 Penguat <i>Non Inverting</i> dan Penguat <i>Inverting</i>	11
2.4.2 Penguat Instrumentasi	13
2.4.3 Filter Aktif	14
2.4.4.1 <i>Low Pass Filter</i>	14
2.4.4.2 <i>High Pass Filter</i>	16
2.5 Rangkaian Pembagi Tegangan	18
2.6 Soundcard	19
2.7 Soundcard Oscilloscope	19
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian	21
3.2 Tahapan Perancangan	21
3.3 Perancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	21
3.3.1 <i>Power Supply</i>	22
3.3.2 Elektroda	22
3.3.3 Penguat Instrumentasi	23
3.3.4 Filter Aktif	25
3.3.5 Rangkaian Pembagi Tegangan dan Trafo <i>Step Down</i>	29
3.3.6 <i>Soundcard</i> sebagai <i>Interface</i>	30
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Pengujian Rangkaian Penguat Instrumentasi	32
4.2 Pengujian Rangkaian Filter	34
4.3 Pengujian Rangkaian Elektroensefalograf dengan Simulasi	42
4.4 Pengujian Rangkaian Elektroensefalograf dengan Sinyal Otak	47
4.5 Sinyal Otak dari Prototype EEG dengan Sinyal Otak dari RS.	
Dr. Soebandi	48
BAB 5. PENUTUP	51
5.1 Kesimpulan	51

5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN-LAMPIRAN	
A. SINYAL OTAK KEADAAN BERBICARA (TALKING) DARI RSUD	
DR. SOEBANDI	54
B. DATA SHEET INA 114BP	55
C. DATA SHEET OP07	67



DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Nilai Penguatan LPF.....	16
2.2 Nilai Penguatan HPF.....	18
4.1 Penguatan Rangkaian Instrumentasi	32
4.2 <i>Error %</i> Penguat Instrumentasi.....	32
4.3 Respon Penguatan terhadap Frekuensi	33
4.4 <i>Error %</i> Penguat Insrumentasi terhadap Frekuensi	33
4.5 Penguatan HPF <i>Channel</i> I dan II	34
4.6 <i>Error %</i> HPF <i>Channel</i> I dan II.....	35
4.7 Penguatan LPF 1 <i>Channel</i> I dan II.....	36
4.8 <i>Error %</i> LPF <i>Channel</i> I dan II.....	37
4.9 Penguatan LPF 2 <i>Channel</i> I dan II.....	39
4.10 <i>Error %</i> LPF <i>Channel</i> I dan II.....	40

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Otak Manusia	3
2.2 Gelombang Otak pada Manusia Normal.....	6
2.3 (a) Elektroda Aktif <i>Non Gel</i> ; (b) dan (c) Elektroda Pasif dengan <i>Gel</i>	7
2.4 Sistem Pengukuran 10-20	8
2.5 <i>Unipolar Mode</i>	9
2.6 <i>Averaging Mode</i>	10
2.7 <i>Bipolar Mode</i>	10
2.8 Penguat <i>Non Inverting</i>	11
2.9 Penguat <i>Inverting</i>	12
2.10 Penguat Instrumentasi	13
2.11 <i>Low Pass Filter</i>	15
2.12 <i>High Pass Filter</i>	17
2.13 Rangkaian Pembagi Tegangan.....	18
3.1 Rangkaian Op Amp pada Elektroda.....	22
3.2 Elektroda <i>Dry</i> dengan Op Amp sebagai Buffer.....	23
3.3 Konfigurasi INA 114BP.....	24
3.4 Rangkaian Instrumentasi.....	25
3.5 Rangkaian <i>High Pass Filter</i>	26
3.6 Rangkaian <i>Low Pass Filter</i>	28
3.7 Rangkaian Pembagi Tegangan.....	29
3.8 Trafo <i>Step Down</i>	30
4.1 Grafik Respon Frekuensi terhadap Penguatan pada LPF 1 Channel I.....	38
4.2 Grafik Respon Frekuensi terhadap Penguatan pada LPF 1 Channel II.....	38
4.3 Grafik Respon Frekuensi terhadap Penguatan pada LPF 2 Channel I.....	41
4.4 Grafik Respon Frekuensi terhadap Penguatan pada LPF 2 Channel II.....	41
4.5 Diagram Alir Pengujian Rangkaian EEG dengan Simulasi.....	42

4.6 Rangkaian Instrumentasi dan Filter	43
4.7 Rangkaian Simulasi EEG	43
4.8 Simulasi Sinyal Delta	44
4.9 Simulasi Sinyal Theta	45
4.10 Simulasi Sinyal Alpha	45
4.11 Simulasi Sinyal Beta	46
4.12 Simulasi Sinyal Gamma	47
4.13 Rangkaian EEG	48
4.14 Sinyal Otak pada Titik <i>Frontal</i>	48
4.15 Sinyal Otak Keadaan Berbicara dari RSUD	49
4.16 Sinyal Otak Keadaan Berbicara dari <i>Prototype</i> EEG	50



DAFTAR LAMPIRAN

A. Sinyal Otak Keadaan Berbicara (<i>Talking</i>) dari RSUD. Dr. Soebandi.....	54
B. Data Sheet INA 114BP.....	55
C. Data Sheet OP 07	67

