

Rancang Bangun Modul EEG Untuk Menentukan Posisi Otak Saat Melakukan Aktivitas Tertentu Menggunakan Metoda Filter Digital IIR

Fitra Setiawan^{#1}, Ratna Adil^{#2}

[#]Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya
Kampus PENS-ITS Sukolilo, Surabaya

Fitra_setiawan@yahoo.co.id

²pembimbing1@eepis-its.edu

Abstrak— *Electroencephalograph (EEG) merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk menangkap aktivitas di lapisan terluar (celebral cortex) otak manusia. Dalam bidang robotika, arah pergerakan dari mobile robot dapat dikontrol dengan menggunakan sinyal EEG. Pada proyek akhir ini, akan dibahas bagaimana sinyal EEG yang diambil dari otak ditampilan pada PC serta dapat diketahui dari otak bagian mana sinyal EEG itu didapat. Sinyal EEG akan diproses pada PC dengan menggunakan metode FFT dan filter digital IIR. Untuk memproses sinyal EEG, maka diperlukan suatu perangkat lunak, dalam hal ini menggunakan Visual Basic sebagai bahasa pemrogramannya. Dengan menggunakan metode FFT dan filter digital IIR, maka diharapkan pemrosesan sinyal EEG dapat berhasil.*

Kata kunci— *Sinyal EEG, Electroencephalograph, FFT, IIR.*

I. PENDAHULUAN

Sinyal EEG merupakan sinyal aktifitas listrik di lapisan terluar kulit otak. Karakteristik sinyal EEG tidak periodik, tidak mempunyai pola baku, dan mempunyai amplitude tegangan yang kecil, sehingga sangat mudah tertimbun noise. Rancang bangun modul EEG menggunakan filter IIR dimana dalam modul tersebut memiliki rangkaian penguat dan mikrokontroler yang diisi dengan program filter IIR. Sinyal harus dikuatkan karena nilainya sangat kecil yaitu berorde mikrovolt. Filter digunakan untuk mengeliminasi noise yang ikut dalam sinyal EEG.

Pengukuran sinyal EEG dilakukan dengan cara meletakkan elektroda-elektroda pada kulit kepala dan hasil pengukurannya sangat dipengaruhi oleh beberapa variabel, seperti kondisi mental, gerakan dan aktivitas pada saat pengukuran, kondisi kesehatan, kondisi lingkungan pengukuran, usia, jenis kelamin, faktor stimulus.

A. Perumusan Masalah

Perancangan sebuah sistem modul EEG sehingga dapat terkoneksi dengan PC adalah sebagai berikut:

1. Pengambilan sinyal EEG
2. Pengolahan sinyal EEG
3. Perbandingan sinyal EEG antara otak kanan dan otak kiri
4. Pengeluaran sinyal pada program di komputer

B. Batasan Masalah

Alat yang dibuat mempunyai batasan masalah sebagai berikut:

1. Elektroda yang digunakan berjumlah 5 buah elektroda dengan mengacu pada sistem peletakan bipolar
2. Aktifitas yang dilakukan berpikir, berpikir keras, rileks, dan mendengarkan musik.
3. Subyek yang diukur adalah anak kecil, dewasa, dan orang tua.

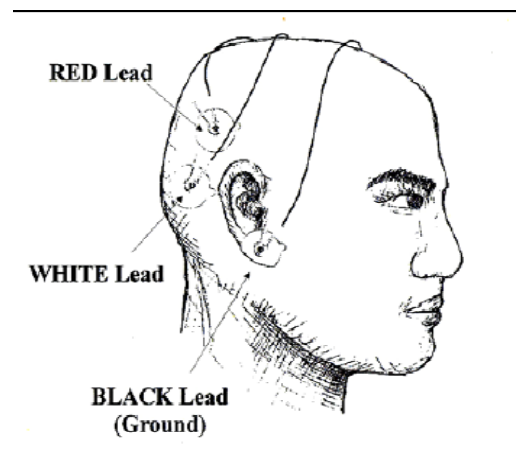
II. PERENCANAAN ALAT

Perencanaan alat pada proyek akhir ini terbagi dalam :

1. Proses kerja sistem
2. Perencanaan dan pembuatan hardware

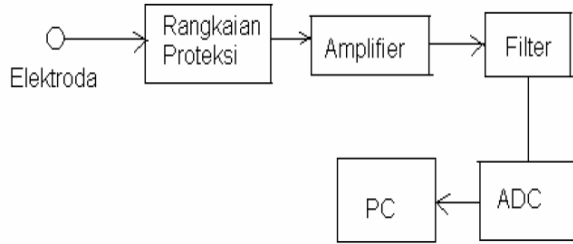
A. Proses Kerja Sistem

Pada proyek akhir ini akan dibuat sebuah modul EEG yang berfungsi sebagai pendeteksi bagian otak yang bekerja saat melakukan aktivitas tertentu. Sinyal otak diambil menggunakan elektroda dengan menggunakan sistem peletakan bipolar yang dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Sistem peletakan bipolar

Sinyal EEG yang ditangkap akan masuk pada rangkaian proteksi untuk menghilangkan noise dari interferensi tegangan AC, setelah itu dikuatkan oleh amplifier agar sinyal dapat terbaca oleh mikrokontroler karena nilainya sinyal EEG sangat kecil yaitu berorde mikrovolt, namun sebelum masuk pada mikrokontroler terlebih dahulu sinyal di filter untuk mengeliminasi noise yang ikut pada sinyal EEG. Blok diagram sistem dapat dilihat pada gambar 2.



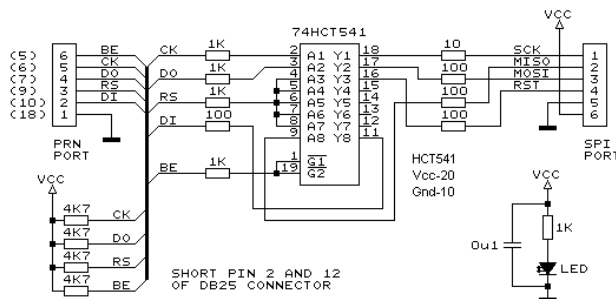
Gambar 2. Blok diagram system

B. Perencanaan dan Pembuatan Alat

Perencanaan dan pembuatan perangkat keras pada proyek akhir ini menggunakan Atmega8 sebagai pengolah sistem dan juga amplifier sebagai penguat sinyal serta filter sebagai penghilang noise.

1) Downloader Mikrokontroler Atmega8

Rangkaian ini digunakan untuk men-download program ke mikrokontroler untuk pengontrolan gerak dari mobile robot. Pemrograman secara *In System Programming* adalah *programmer* tidak perlu melepas IC mikrokontroler pada waktu akan di-download-kan, hal ini berarti pen-download-an program dapat langsung dilakukan pada rangkaian aplikasi. Yaitu dengan memanfaatkan pin-pin pada mikrokontroler ATmega8.

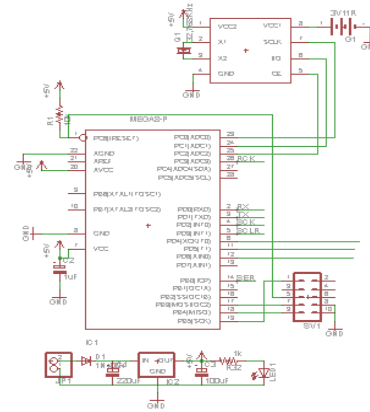


Gambar 3. Skema downloader mikrokontroler

2) Minimum Sistem Mikrokontroler ATmega8

Pada proyek akhir ini digunakan mikrokontroler ATmega8 sebagai pengolah informasi. ATmega8 cukup handal sebab sudah memiliki ADC, port I/O dan juga komunikasi serial untuk dapat digunakan sebagai komunikasi antara mikrokontroler dan PC. Digunakannya ATmega8 pada proyek akhir ini karena pada proyek akhir ini tidak terlalu dibutuhkan banyak port. Port yang digunakan adalah port

ADC sebagai port input dan beberapa port lainnya yang disetting sebagai port output.



Gambar 4. Minimum sistem mikrokontroler ATmega8

3) Komunikasi Serial

RS232 adalah standar komunikasi serial antar peripheral. Contoh paling sering kita pakai adalah antara komputer dengan modem, atau komputer dengan komputer.

Standar ini menggunakan beberapa piranti dalam implementasinya. Paling umum yang dipakai adalah plug DB9 atau DB25. Untuk RS232 dengan DB9, biasanya dipakai untuk serial port pada komputer. Fungsi dari masing-masing pin ditunjukkan pada Tabel 1.

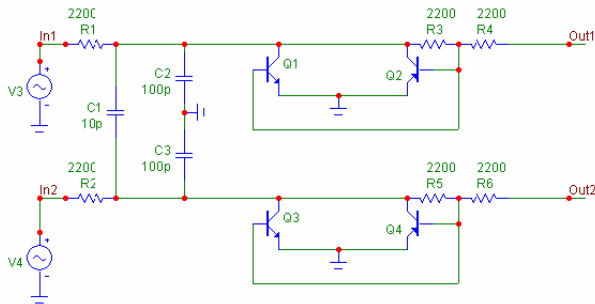
Tabel 1
Fungsi pin-pin DB9 standar RS232

Pin Number	Signal Name	Abbreviation
1	Carrier Detect	CD
2	Receive Data	RxD
3	Transmit Data	TxD
4	Data Terminal Ready	DTR
5	System Ground	SG
6	Data Set Ready	DSR
7	Request To Send	RTS
8	Clear To Send	CTS
9	Ring Indicator	RI

4) Rangkaian Proteksi

Rangkaian proteksi dihubungkan langsung dengan elektroda dan merupakan pemberhentian pertama sinyal EEG yang akan memasuki amplifier. Tiap channel terbagi dalam duasingnal yang berbeda yang memasuki rangkaian proteksi melewati sebuah sepasang resistor 2,2 kΩ dan tiga kapasitor (10pF, 100pF, 100pF) langkah ini akan menidas sinyal RF yang memasuki sistem dan yang melewati kabel elektroda. Pada sistem proteksi ini terdapat clamping dioda yaitu berupa sepasang transistor NPN dan PNP. Transistor mulai bekerja pada tegangan ±0,58V. Pada tegangan diatas level ini maka

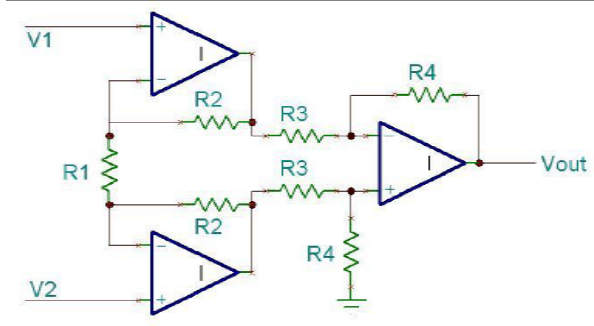
akan mendorong arus yang berbahaya ke ground. Proteksi ini akan melindungi pengguna dan sistem pada modul EEG.



Gambar 5. Rangkaian proteksi

5) Amplifier Instrumentasi

Amplifier instrumentasi merupakan komponen paling penting pada EEG modul mengingat kerjanya pada sistem ini. Amplifier instrumentasi ini terdiri dari dua tahap. Pertama-tama dua input sinyal yang berbeda akan dikuatkan namun outputnya saling dihubungkan melalui resistor. Sinyal input dapat bervariasi dalam polaritas dan amplitudo.



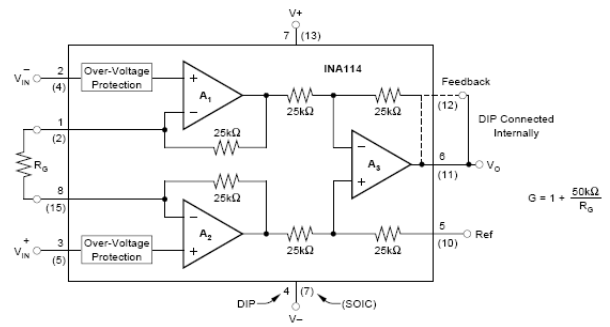
Gambar 6. Amplifier instrumentasi

Rumus V_{out} dari rangkaian amplifier instrumentasi diatas adalah

$$V_{out} = -(V1 - V2)(1 + 2R2/R1)(R4/R3)$$

Pada bagian pertama penguatan ini kita mensetting nilai R2 dan R1 kemudian pada bagian penguatan yang kedua kita mensetting nilai dari R4 dan R3.

Pada proyek akhir ini amplifier instrumentasi yang digunakan berada dalam satu chip yaitu INA114BP. Pada INA114BP ini kita dapat mensetting besarnya penguatan yang kita inginkan hanya dengan menambahkan resistor R_g untuk pengaturan nilai R2 seperti yang terlihat pada gambar rangkaian sebelumnya, pada INA114BP pengaturan R2 tidak diperlukan sebab dalam IC INA114BP sudah memiliki nilai R2 sebesar 25 kΩ begitu juga dengan R4 dan R3 semua besarnya sama yaitu 25 kΩ. Berikut gambar dari bagian dalam IC INA114BP.



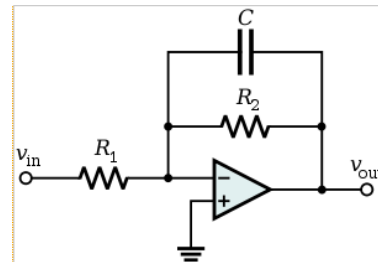
Gambar 7. INA114BP

6) Low Pass Filter

Low pass filter selain sebagai pengeliminasi noise juga digunakan sebagai pembatas pengambilan sinyal, dimana sinyal yang diambil 0 – 50 Hz. Filter ini juga berfungsi sebagai pembuang frekuensi 60 Hz yang berasal dari tegangan jala-jala PLN.

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \text{ Hz}$$

Untuk penggunaannya kita tentukan frekuensi cut off yang kita inginkan dan nilai kapasitor atau nilai resistor, untuk lebih mudahnya kita tentukan saja nilai kapasitor sebab nilai resistor lebih mudah dicari nilai terdekatnya daripada kapasitor.



Gambar 8. Contoh rangkaian low pass filter

7) Perencanaan dan pembuatan tampilan pada PC

Untuk mengetahui hasil sinyal yang didapatkan serta keputusan yang diambil maka diperlukan suatu program yang dapat menampilkannya. Dalam proyek akhir ini digunakan program Visual Basic untuk membuat program tersebut. Dalam program ini terdapat beberapa tampilan yaitu gambar sinyal yang didapat, gambar keputusan yang diambil berupa gambar otak kanan dan kiri yang bilamana aktif akan berubah warnanya menjadi merah serta beberapa tombol operasi antara lain tombol START digunakan untuk memulai menjalankan program, tombol EXIT digunakan untuk keluar dari program.

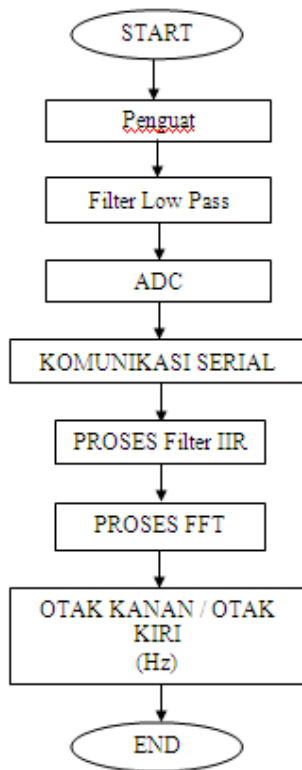
8) Proses FFT

Sinyal input domain waktu diubah ke domain frekuensi. Metode FFT merupakan algoritma untuk menghitung DFT sehingga jumlah perhitungannya menjadi lebih sedikit.

Operasi dari metode FFT ini adalah mengubah N bilangan domain waktu menjadi N sinyal domain frekuensi yang masing-masing bilangan tunggal (single point), dari langkah tersebut dilanjutkan dengan menghitung nilai N spectra frekuensi dari semua N sinyal domain waktu. Langkah terakhir adalah operasi sintesa pada N spectra menjadi bentuk spectrum frekuensi tunggal.

9) Proses Filter IIR

Filter IIR digunakan sebagai pengambil keputusan, setelah sinyal diubah kembali dalam bentuk frekuensi oleh FFT, maka sinyal tersebut akan di filter kembali oleh filter IIR dengan mengambil frekuensi 15 – 30 kHz. Jika ada sinyal yang masuk dalam area tersebut maka akan diambil keputusan bagian otak mana yang memiliki sinyal tersebut. Untuk flowchart dari sistem dapat dilihat pada gambar 9.



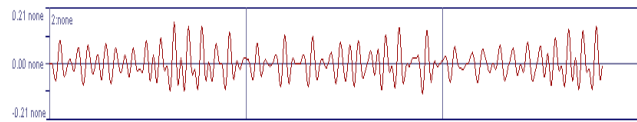
Gambar 9. Flowchart sistem

II. PENGUJIAN DAN ANALISA

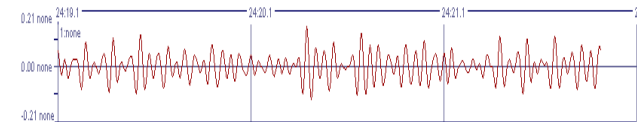
Pada bagian ini alat akan dilakukan pengujian secara menyeluruh yaitu dengan menggabungkan antara *hardware* dan *software*. Pengujian bertujuan untuk mengambil sinyal eeg dari subyek untuk kemudian dibandingkan dengan hasil rekaman alat pembanding yaitu Biopac. Sinyal yang diambil adalah sinyal betha dengan range antara 12 Hz sampai 30 Hz. Jenis aktivitas yang dilakukan adalah berpikir, berpikir keras, rileks, dan mendengarkan musik.

Berikut adalah hasil sinyal dari percobaan yang telah dilakukan dari tiap aktivitas.

Pengujian Pada Aktivitas Berpikir

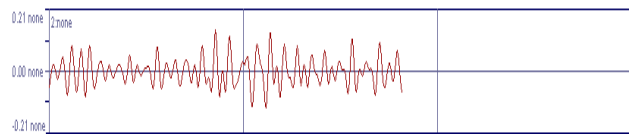


Gambar 10. Sinyal berpikir dari otak kanan dengan modul penguat dan *software*

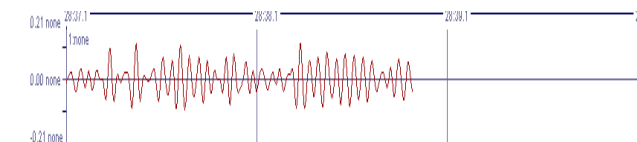


Gambar 11. Sinyal berpikir dari otak kiri dengan modul penguat dan *software*

Pengujian Pada Aktivitas Berpikir Keras

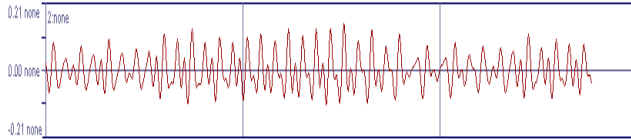


Gambar 12. Sinyal berpikir keras dari otak kanan dengan modul penguat dan *software*

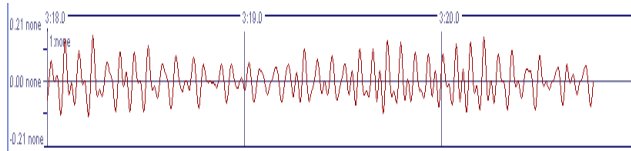


Gambar 13. Sinyal berpikir keras dari otak kiri dengan modul penguat dan *software*

Pengujian Pada Aktivitas Berpikir Rileks

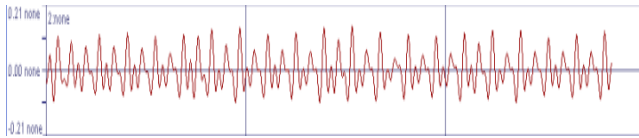


Gambar 14. Sinyal rileks dari otak kanan dengan modul penguat dan software

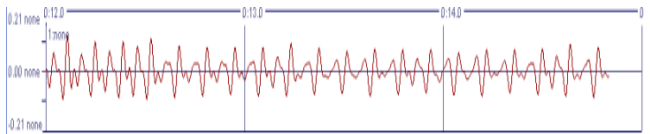


Gambar 15. Sinyal rileks dari otak kiri dengan modul penguat dan software

Pengujian Pada Aktivitas Mendengarkan Musik



Gambar 16. Sinyal saat sedang mendengarkan musik dari otak kanan dengan modul penguat dan software



Gambar 17. Sinyal saat sedang mendengarkan musik dari otak kiri dengan modul penguat dan software

Pengambilan Data

Setelah serangkaian pengambilan data yang telah dilakukan, maka dilakukan kembali pengambilan data pada beberapa subyek antara lain anak kecil, orang dewasa, dan orang tua. Berikut data yang telah diperoleh.

Tabel 2 Pengujian terhadap variasi subyek

No	Nama	Jenis aktivitas							
		Berpikir		Berpikir keras		Rileks		Daun jagu	
		Ki (Hz)	Ka (Hz)	Ki (Hz)	Ka (Hz)	Ki (Hz)	Ka (Hz)	Ki (Hz)	Ka (Hz)
1	Baktia (P) (5 th)	21,84	22,06	21,55	21,65	21,58	20,64	20,96	20,46
		19,26	22,08	21,61	20,68	21,46	21,29	20,22	19,86
		21,24	21,13	21,65	21,34	19,79	19,73	16,69	18,89
% Error	66,67 %	66,67 %	66,67 %	66,67 %	100 %	100 %	66,67 %	66,67 %	
2	Diva (P) (7 th)	14,37	14,70	22,33	20,30	14,26	16,87	20,39	23,29
		22,00	19,9211	21,44	21,45	18,37	16,45	19,96	19,35
		15,50	7,34	20,90	20,55	21,71	21,06	19,19	21,05
% Error	66,67 %	66,67 %	33,34 %	33,34 %	66,67 %	66,67 %	33,34 %	33,34 %	
3	Azzahra (L) (11 th)	22,49	21,76	21,49	20,71	19,84	21,62	21,73	21,30
		21,71	21,19	22,96	21,31	19,94	19,29	14,37	14,19
		22,09	21,41	22,42	21,58	19,87	21,97	15,06	15,16
% Error	0 %	0 %	0 %	0 %	33,34 %	33,34 %	33,34 %	33,34 %	
4	Ghoziul (L) (22 th)	18,74	19,18	21,36	20,29	20,92	21,75	20,23	22,74
		19,16	23,82	20,17	18,93	22,60	22,31	21,00	21,34
		22,42	21,69	19,65	19,05	22,95	23,07	21,00	21,19
% Error	66,67 %	66,67 %	0 %	0 %	33,34 %	33,34 %	0 %	0 %	
5	Nafisah (L) (23 th)	21,93	20,25	21,03	20,53	21,12	22,15	19,15	20,90
		19,40	20,60	22,10	20,90	20,80	21,98	20,14	20,75
		21,35	19,43	20,60	20,79	20,40	21,57	20,47	20,87
% Error	33,34 %	33,34 %	33,34 %	33,34 %	0 %	0 %	0 %	0 %	
6	Adi (L) (23 th)	21,17	17,62	21,71	19,53	21,01	19,95	22,05	21,7
		21,61	19,80	22,21	19,38	21,72	19,57	20,16	21,19
		21,61	19,11	21,06	19,98	21,32	18,01	20,35	21,31
% Error	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %	100 %	33,34 %	33,34 %	
7	Lina (P) (29 th)	21,74	17,15	20,74	14,87	21,36	22,27	20,98	21,37
		21,27	19,03	21,75	16,36	21,29	23,73	21,57	22,99
		21,18	17,61	22,09	16,44	21,39	24,45	22,36	22,70
% Error	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	
8	Suzatin (L) (55 th)	22,02	20,69	20,79	21,55	18,44	19,73	20,55	23,51
		21,91	21,77	18,69	18,66	18,98	15,90	21,32	20,61
		19,41	17,43	20,21	19,64	20,16	22,67	21,33	23,78
% Error	0 %	0 %	33,34 %	33,34 %	33,34 %	33,34 %	33,34 %	33,34 %	

Dari data diatas maka didapatkan data sebagai berikuit

- Subyek pertama rata-rata % error sebesar 75 %
- Subyek kedua rata-rata % error sebesar 50 %
- Subyek ketiga rata-rata % error sebesar 16,67 %
- Subyek keempat rata-rata % error sebesar 25 %
- Subyek kelima rata-rata % error sebesar 16,67 %
- Subyek keenam rata-rata % error sebesar 33,33 %
- Subyek ketujuh rata-rata % error sebesar 0 %
- Subyek kedelapan rata-rata % error sebesar 25 %

Total keseluruhan error yang didapatkan adalah sebesar 30,20 %.

II. DAFTR PUSTAKA

- [1] _____ . "AT Mega8 Datasheet". Atmel
- [2] Adiguna, Buce Patria, 2007, "Tugas Akhir: Algoritma Pendeteksi Otomatis Dan Pengurangan Dari Periode ECG ke Periode EEG Paska Aktifitas Dengan Menggunakan Histogram". Surabaya. PENS-ITS
- [3] Bayu, Bima Sena. 2008. "Slide Filter Digital". Surabaya. PENS-ITS.
- [6] Gayakwad, Ramakant A. 1992. "Op-amps and Linear Integrated Circuits". Prentice-Hall. USA
- [7] <http://en.wikipedia.org/wiki/EEG> (diakses pada 4 April 2009)
- [8] http://en.wikipedia.org/wiki/Operational_amplifier (diakses pada 24 januari 2010)
- [9] <http://openeeg.sf.net> (diakses pada 4 April 2009)
- [10] Hughes, Frederick W. 1994. "Panduan Op Amp". Jakarta. Elexmedia Komputindo

- [11] Irwin, Allen. 2007. *“Tugas Akhir: Kontrol Mobile Robot Berbasis Sinyal EEG: Pengenalan Sinyal EEG Sebagai Sinyal Kontrol”*. Surabaya. PENS-ITS
- [12] Kemalasari. 2009. *“Slide EEG (Electroencephalograph)”*. Surabaya. PENS-ITS
- [13] Kemalasari. 2009. *“Slide elektroda”*. Surabaya. PENS-ITS
- [14] Kemalasari. 2009. *“Slide Otak dan Sistem Saraf”*. Surabaya. PENS-ITS
- [15] Setiyawan, Tri Budhi. 2005. *“Tugas Akhir: Rancang Bangun Eelctroencephalograph Berbasis Mikrokontroller”*. Surabaya. PENS-ITS
- [16] Widiyanto, Ridla. 2004. *“Tugas Akhir: Rancang Bangun Elektroencephalograph Dengan 8 Elektrode Berbasis PC”*. Surabaya. PENS-ITS