

PERANCANGAN ELECTROENCEPHALOGRAPH SEBAGAI MEDIA MONITORING SINYAL OTAK TERINTEGRASI DENGAN ANDROID

Raden Ajeng Mumtaz Sakinah

D3 Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, ITS. Email: mumtaz.sakinah17@gmail.com

Septian Maulana Hidayad

D3 Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, ITS. Email: salbhut@gmail.com

Abstrak

Otak manusia mengeluarkan sinyal-sinyal biolistrik yang bersifat ritmik dan terus menerus. Untuk menangkap sinyal-sinyal yang dikeluarkan oleh otak diperlukan suatu alat yang disebut dengan *Electroencephalograph* (EEG). *Electroencephalograph* yang selanjutnya disebut EEG adalah alat yang digunakan untuk mengukur dan merekam aktivitas elektrik di lapisan terluar (*celebral cortex*) dari otak manusia. Seiring dengan perkembangan teknologi, sinyal otak tidak hanya digunakan untuk mendiagnosa penyakit yang berkaitan dengan otak dan kejiwaan pasien, melainkan telah banyak digunakan sebagai suatu sinyal control, sehingga dibutuhkan suatu EEG *portable*. Akan tetapi, harga dari EEG di pasaran relatif mahal yaitu sekitar 2 sampai 60 juta rupiah. EEG yang kami buat, mampu menyadap sinyal otak manusia dengan menggunakan 3 buah sensor elektroda yang ditempelkan pada titik –titik tertentu di daerah kulit tempurung kepala. Metode penyadapan dilakukan dengan cara bipolar, yaitu membandingkan besarnya tegangan elektroda di titik positif dan titik negatif tubuh. Sinyal yang ditangkap oleh sensor, kemudian masuk ke rangkaian *amplifier* dan *filter*. Selanjutnya data akan dikirim ke sistem *Android* melalui *Bluetooth*. Sinyal otak yang telah disadap, nantinya akan ditampilkan pada *Android*. Dengan adanya *electroencephalograph* (EEG) *portable* dengan harga yang murah ini, akan memberikan kemudahan dalam memonitoring sinyal otak seseorang.

Kata Kunci : *Android, bipolar, Bluetooth, celebral cortex, elektroda, electroencephalograph, portable*

Abstract

Human brain release rhythmic and continuous biolistric signals.. To capture the signals secreted by the brain needed a tool called Electroencephalograph (EEG). Electroencephalograph hereinafter called EEG is an instrument used to measure and record electrical activity in the outermost layer (cerebral cortex) of the human brain. Along with technological development, the brain signals used not only to diagnose diseases related to brain and psychiatric patients, but has been widely used as a control signal, so it takes a portable EEG. However, the price of the EEG in the market is relatively expensive at around 2 to 60 million rupiah. EEG that we made, capable of intercepting signals of the human brain by using 3 sensor electrodes attached to certain points on the skin area-point cranium. Tapping method is done by bipolar, which compares the magnitude of the voltage at the point of the positive electrode and the negative points of the body. Signals captured by the sensor, then go to the amplifier and filter circuit. Furthermore, the data will be sent to the Android system via Bluetooth. Brain signals that have been tapped, will be displayed on Android. With the electroencephalograph (EEG) portable with low prices, will provide ease of monitoring a person's brain signals.

Keywords : *Android, bipolar, Bluetooth, celebral cortex, electrode, electroencephalograph, portable*

PENDAHULUAN

Electroencephalograph (EEG) adalah alat perekam aktifitas listrik di lapisan terluar kulit kepala yang ditimbulkan oleh impuls-impuls neuron di dalam otak. Selain digunakan sebagai keperluan medis, hasil perekaman sinyal otak saat ini sudah banyak dimanfaatkan sebagai sinyal kontrol, seperti mengontrol lengan robot, mengontrol *drone*, mengontrol kursi roda, dan mengontrol suatu *game*. Sebelum memanfaatkan sinyal otak, terlebih dahulu harus bisa menampilkan dan menganalisa perubahan sinyal otak yang nantinya akan digunakan sebagai sinyal kontrol. Untuk itu diperlukan suatu EEG yang bersifat *portable* dan mudah dibawa. Namun harga EEG *portable* di pasaran relatif mahal, yaitu sekitar 2 juta rupiah sampai 60 juta rupiah. Hal ini tidaklah murah, terutama di kalangan mahasiswa. Pada tugas akhir ini, kami mendesain suatu *Electroencephalograph* (EEG) *portable* yang mudah

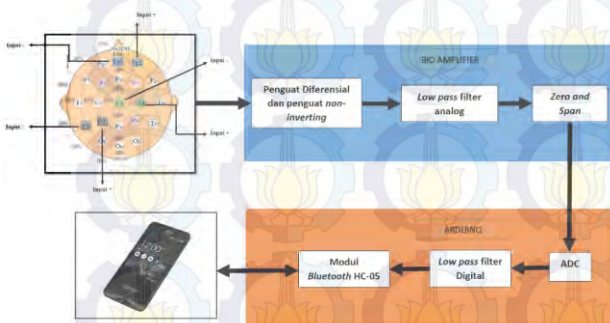
dioperasikan dengan nilai *error* rendah, sehingga perekaman sinyal otak bisa dilakukan dimanapun dan kapanpun. Sinyal otak disadap dengan metode bipolar, yaitu menempelkan 3 buah elektroda pada titik tertentu di permukaan kepala. Kemudian masuk ke rangkaian penguat diferensial yang menguatkan selisih tegangan antara titik positif dan titik negatif sampai level tegangan tertentu. Sinyal tersebut kemudian ditampilkan di *Android* melalui *Bluetooth*

METODE

Dalam pembuatan tugas akhir ini, ada beberapa tahap kegiatan yaitu meliputi tahap persiapan (*study literature*), tahap perancangan dan pembuatan alat, tahap pengujian dan analisa. Pada tahap studi literatur akan dipelajari mengenai konsep dasar cara kerja alat *electroencephalograph*, mempelajari karakteristik sinyal

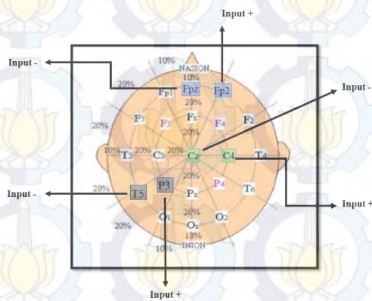
aktivitas otak manusia, mempelajari karakteristik kerja sensor elektroda yang akan digunakan sebagai penangkap sinyal, mempelajari rangkaian pengkondisi sinyal yang tepat agar sinyal otak yang terekam mampu dibaca oleh sistem, mempelajari sistem komunikasi antara hardware dengan Android via Bluetooth, mempelajari cara menampilkan sinyal aktivitas otak ke dalam suatu software pada Android dengan aplikasi Eclipse for Android.

Tahap perancangan dan pembuatan alat yaitu meliputi perancangan hardware dan software. Sinyal otak akan dikuatkan dan dihilangkan noisanya pada hardware Electroencephalograph (terdiri dari rangkaian penguat diferensial, penguat non-inverting, dan lowpass filter analog), kemudian sinyal dari Electroencephalograph akan dikonversi ke sinyal digital menggunakan internal ADC Arduino. Data digital ini kemudian diolah untuk difilter digital yang kemudian ditransfer ke Android melalui komunikasi serial menggunakan bluetooth seperti pada Gambar 1.



Gambar 1 Alur Kerja Sistem Keseluruhan

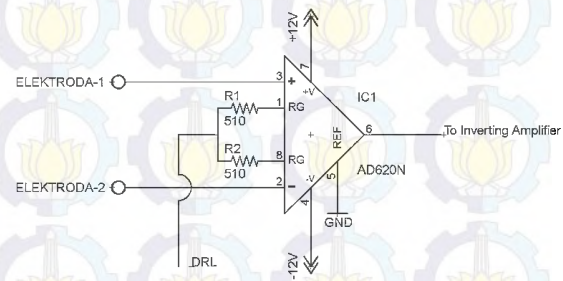
Untuk dapat menangkap sinyal otak yang terdapat pada kulit tempurung kepala maka dibutuhkan sensor elektroda jenis AgCl yang ditempelkan pada kulit kepala. Perancangan pada alat ini menggunakan tiga buah sensor elektroda kulit jenis AgCl, elektroda diletakkan pada titik Fpz-Fp2-Ground, Cz-C4-Ground dan T5-P3-Ground seperti pada Gambar 2.



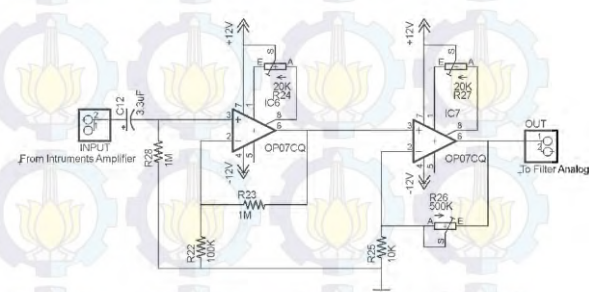
Gambar 2 Pola Peletakan Sensor Elektroda

IC yang digunakan sebagai penguat diferensial adalah IC AD620. Pada bagian ini sinyal akan dikuatkan sebanyak 50,4 kali. Tujuan dari sinyal yang hanya dikuatkan sebanyak 50,4 kali adalah untuk menghindari noise yang bisa ikut dikuatkan juga. Bila sinyal langsung dikuatkan dengan penguatan yang besar maka noise akan ikut dikuatkan dalam penguatan yang besar pula. Hal ini akan mengganggu sinyal EEG yang asli yang akan direkam. Rangkaian Right Leg Driver seperti

Gambar 2.10 ditambahkan setelah rangkaian penguat diferensial untuk mengurangi interferensi common mode. Right Leg Driver mampu mengeliminasi noise interferensi secara aktif (selain dengan notch filter untuk interferensi jala-jala). Penguat non-inverting berfungsi sebagai penguat sinyal tingkat kedua. Penguat non-inverting ini menggunakan OP07 dengan besar penguatan pertama ±11 kali dan ±50 kali untuk penguat kedua. Total penguatan keseluruhan yaitu ±27720 kali. Untuk rangkaian penguat diferensial dapat dilihat pada Gambar 3, dan untuk rangkaian penguat non-inverting 11 kali dan 50 kali yaitu pada Gambar 4.

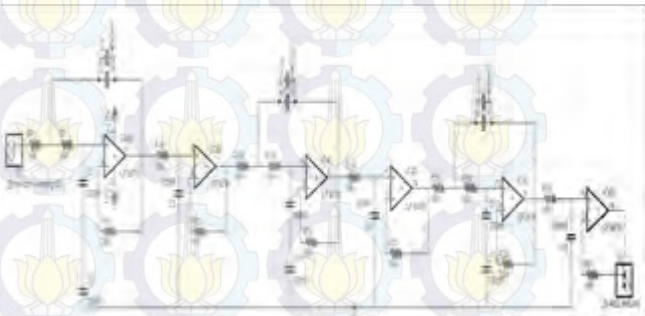


Gambar 3 Rangkaian Penguat Diferensial 50.4 kali



Gambar 4 Rangkaian Penguat Non-inverting

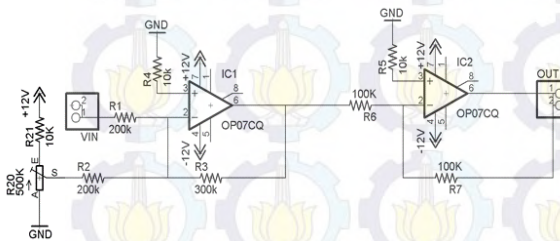
Pada perancangan tugas akhir ini, low pass filter digunakan untuk meredam masukan yang memiliki frekuensi diatas frekuensi cut off. Rangkaian pada Gambar 5. merupakan rangkaian low pass filter orde9, yang terdiri dari 3 buah filter Butterworth low pass filter orde 3. Dalam perancangan Electroencephalograph ini filter Butterworth low pass dirancang untuk meredam sinyal dengan frekuensi diatas 30 Hz.



Gambar 5 Rangkaian Filter Analog Orde 9

Setelah Rangkaian filter, dilanjutkan pada rangkaian zero-span yang digunakan untuk menggeser sinyal supaya sinyal berada pada orde positif, sehingga dapat dibaca oleh ADC Arduino. Dalam perancangan

Electroencephalograph ini *zero-span* dirancang untuk menggeser sinyal yang memiliki amplitudo -1 volt menjadi 0 volt dan sinyal yang memiliki amplitudo 1 volt menjadi 3 volt. Dengan demikian sinyal dapat masuk ke ADC Arduino. Rangkaian *zero-zpan* ditunjukkan oleh Gambar 6.



Gambar 6 Rangkaian *Zero-Span*

Setelah melewati tahapan rangkaian di atas, selanjutnya sinyal otak diolah oleh *Arduino* untuk difilter digital dan dikirimkan ke *Android*. *Arduino* yang digunakan yaitu *Arduino Due*. Filter digital yang digunakan yaitu *lowpass filter digital* jenis *IIR Butterworth orde 3*. Program filter digital pada *Arduino* yaitu seperti Gambar 7.

```

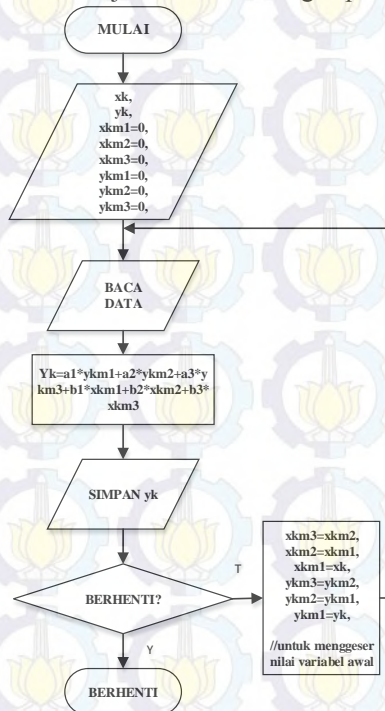
void loop() {
  a = analogRead(A10); //membaca data dari sensor
  xk=a/1024*5; //mengubah hasil pembacaan ke level 0-5v
  if(Serial.available()>0) { //menunggu adanya sambungan dari bluetooth
    yk= 2.625*ykm1 - 2.317*ykm2 + 0.6863*ykm3 + 0.0006935*xk
    + 0.002081*xkm1 + 0.002081*xkm2 + 0.0006935*xkm3; //persamaan filter digital
    Serial.println(xk); //mengirim data yk
    delay(20);

    ykm3=ykm2; //menggeser nilai sebelumnya
    ykm2=ykm1; //menggeser nilai sebelumnya
    ykm1=yk; //menggeser nilai sebelumnya
    xkm3=xkm2; //menggeser nilai sebelumnya
    xkm2=xkm1; //menggeser nilai sebelumnya
    xkm1=xk; //menggeser nilai sebelumnya
  }
}

```

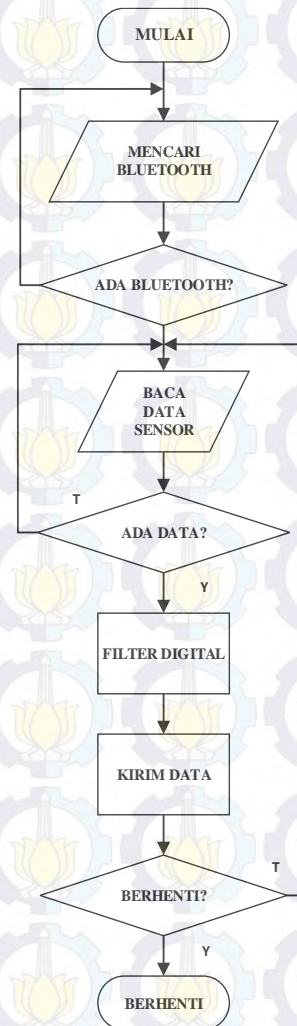
Gambar 7 Program Filter Digital

Untuk alur kerja dari filter analog dapat dilihat pada



Gambar 8 Flowchart Sistem Kerja dari *Filter Digital*

Data yang telah diolah akan dikirimkan ke *Android* melalui *Bluetooth* seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 9.



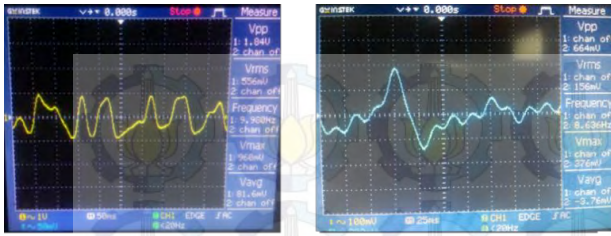
Gambar 9 Flowchart Sistem Kerja Aplikasi *Android*

Perancangan dan pembuatan *software Android* pada Tugas Akhir ini menggunakan IDE dari *eclipse*. Aplikasi *Android* yang dirancang yaitu terdiri dari *Main Activity*, *Main Bluetooth* dan *Splash Layout*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui bentuk gelombang sinyal otak yang mampu disadap oleh rangkaian dengan beberapa pola peletakan yang berbeda. Pada pengujian ini, kami mencoba menyadap sinyal otak pada 2 objek dengan 3 pola peletakan sensor elektroda yang berbeda, yaitu *Fpz-Fp2-Ground*, *Cz-C4,Ground* dan *T5-P3-Ground*. Kedua objek diupayakan berada pada kondisi yang sama, yaitu dalam kondisi terbangun atau rileks.

Pengujian dengan pola peletakan pertama yaitu *Fpz* berperan sebagai titik negatif, *Fp2* sebagai titik positif, dan posisi di belakang telinga sebagai titik *Ground* tubuh. Hasil pengujian rangkaian ditampilkan pada *oscilloscope* untuk membantu proses pembacaan data seperti Gambar 10, sehingga diperoleh data pada Tabel 1.



(a) (b)

Gambar 10 (a) Gelombang Sinyal Otak pada Objek 1 (b) Gelombang Sinyal Otak pada Objek 2

Tabel 1 Data Hasil Pengujian dengan Pola Fpz-Fp2

Pembacaan Data	Objek 1	Objek 2	Jenis Sinyal
Frekuensi (Hz)	9.980	8.636	Alpha
Vpp (mV)	1840	664	
Vmax(mV)	960	376	
Vpp Otak Sebelum Penguatan (μ V)	38.4	15.04	

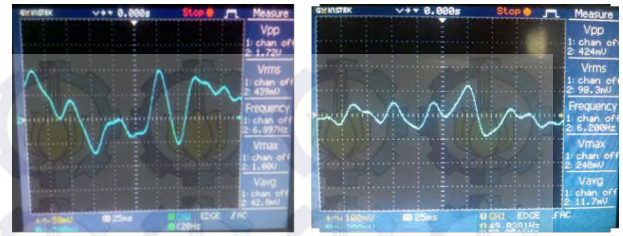
Pengujian selanjutnya yaitu mencoba mengirim sinyal yang telah disadap ke *Android* melalui *Bluetooth*. Hasil gelombang jauh berbeda dibandingkan dengan sinyal yang ditampilkan pada *oscilloscope*. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan *time sampling* antara program di *arduino* dengan program di *Android*. Berdasarkan pengujian aplikasi *Android*, aplikasi hanya bisa menampilkan bentuk gelombang dengan baik saat diberi sinyal masukan yang memiliki frekuensi di bawah 2 Hz saja. Sedangkan sinyal otak yang akan ditampilkan memiliki fekuensi antara 8-13 Hz. Oleh karena itu gelombang yang ditampilkan di *Android* memiliki bentuk gelombang yang sangat jelek seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 11



(a) (b)

Gambar 11 (a) Gelombang Sinyal Otak di *Android* pada Objek 1 (b) Gelombang Sinyal Otak di *Android* pada Objek 2

Pengujian selanjutnya yaitu pengujian dengan pola peletakan CZ-C4-Ground. Pada pola peletakan Cz-C4, Cz berperan sebagai titik negatif, C4 sebagai titik positif, dan posisi di belakang telinga sebagai titik Ground tubuh sehingga diperoleh hasil seperti pada Gambar 12 dan Tabel 2.



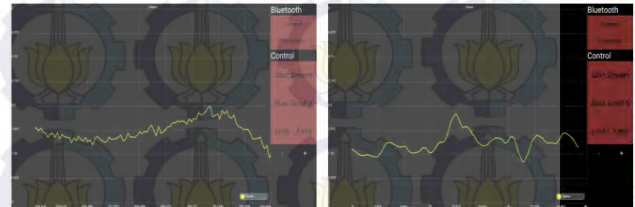
(a) (b)

Gambar 12 (a) Gelombang Sinyal Otak pada Objek 1 (b) Gelombang Sinyal Otak pada Objek 2

Tabel 2 Data Hasil Pengujian dengan Pola Cz-C4

Pembacaan Data	Objek 1	Objek 2	Jenis Sinyal
Frekuensi (Hz)	6.897	6.2	Theta
Vpp (mV)	1720	424	
Vmax (mV)	439	248	
Vpp Otak Sebelum Penguatan (μ V)	17.56	9.92	

Kendala yang sama juga terjadi saat menampilkan gelombang sinyal otak pada *Android*. Karena *time sampling* antara program di *arduino* dan program di *Android* berbeda, bentuk gelombang sinyal otak yang ditampilkan di *Android* jauh berbeda dengan tampilan pada *oscilloscope* seperti pada Gambar 13



(a) (b)

Gambar 13 (a) Gelombang Sinyal Otak di *Android* pada Objek 1 (b) Gelombang Sinyal Otak di *Android* pada Objek 2

Pada pengujian dengan pola penempatan T5-P3-Ground, objek dikondisikan dalam keadaan terbangun dan rileks. Titik positif tubuh diambil dari titik P3 dan titik T5 sebagai titik negatif tubuh, sedangkan untuk titik *ground* tubuh diambil dari titik dibawah daun telinga sehingga diperoleh hasil pada Gambar 14. Dari hasil pengujian tersebut juga didapatkan data pada Tabel 3.



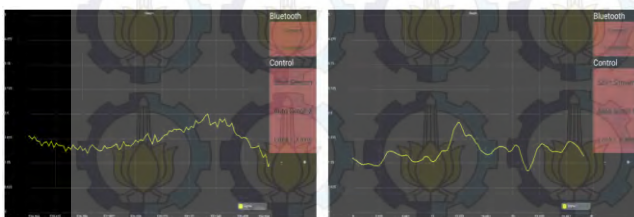
(a) (b)

Gambar 14 (a) Gelombang Sinyal Otak pada Objek 1 (b) Gelombang Sinyal Otak pada Objek 2

Tabel 3 Data Hasil Pengujian dengan Pola T5-P3

Pembacaan Data	Objek 1	Objek 2	Jenis Sinyal
Frekuensi (Hz)	6.173	5.294	Theta
Vpp (mV)	560	1.01	
Vmax (mV)	280	384	
Vpp Otak Sebelum Penguatan (μ V)	11.2	15.36	

Pengujian selanjutnya yaitu mencoba mengirim sinyal yang telah disadap ke *Android* melalui *Bluetooth*. Karena *Android* hanya mampu menampilkan sinyal dengan frekuensi di bawah 2Hz, gelombang yang ditampilkan di *Android* memiliki bentuk gelombang yang sangat jelek seperti pada Gambar 15.



(a) (b)

Gambar 15 (a) Gelombang Sinyal Otak di *Android* pada Objek 1 (b) Gelombang Sinyal Otak di *Android* pada Objek 2

SIMPULAN

Dari rangkaian *electroencephalograph* yang telah direalisasikan, didapatkan nilai presentase *error* dari setiap rangkaian. Untuk penguat diferensial AD620 memiliki presentase *error* tegangan keluaran sebesar 3.869823807%, penguat *non-inverting* dengan penguatan 11 kali diperoleh *error* tegangan keluaran sebesar 2.547731435 %, penguat *non-inverting* dengan penguatan 50 kali diperoleh *error* tegangan keluaran sebesar 1.168111828 %, sedangkan untuk lowpass filter analog, didapatkan frekuensi *cut-off* pada frekuensi 24 Hz. Artinya rangkaian ini dapat digunakan atau dilanjutkan untuk penelitian selanjutnya. *Electroencephalograph* ini hanya mampu menampilkan sinyal otak yang dominan pada saat itu saja, belum mampu menampilkan level dari masing – masing sinyal *alpha*, *beta*, *tetha* dan *delta* secara bersamaan pada kondisi tertentu. Aplikasi android yang telah dibuat masih belum bisa menampilkan bentuk sinyal otak yang asli, karena adanya perbedaan *time sampling* antara *Arduino* dan *Android*.

SARAN

Dengan adanya beberapa kendala yang terjadi, untuk penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan elektroda khusus untuk EEG, agar sinyal yang didapat lebih bagus dan lebih fleksibel. Pada aplikasi android, perlu diperbaiki agar antara *arduino* dan *android* memiliki *time sampling* yang sama, sehingga bisa menampilkan bentuk gelombang yang bagus/ hampir sama dengan sinyal masukannya. Agar mampu menampilkan masing – masing sinyal secara bersamaan, sinyal otak yang telah disadap sebaiknya di proses lebih lanjut lagi

menggunakan suatu metode khusus agar gelombang yang dihasilkan dapat dipecah dan dianalisa lebih lanjut lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Coughlin, Robert F., dan Driscoll, Frederick F., “Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linier”, Erlangga, Jakarta, 1983
- [2] Amri, M.C., dan Adil, R.M.T. , “Rancang Bangun Modul Eeg Untuk Pengklasifikasian Keadaan Stress Dengan FIR”, *Tugas Akhir*, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Surabaya, 2011.
- [3] Bryan, S.M., “Pembuatan Aplikasi Penerima Data Eeg Tiga Kanal”, *Tugas Akhir*, Universitas Telkom Indonesia, Bandung, 2014.
- [4] Hapsoro, D., dan Adil, R. M.T. , “Desain Tutup Kepala Dengan Pemanfaatan Logam Cu Sebagai Aplikasi Untuk Menentukan Lokasi Sinyal Otak Saat Beraktifitas”, *Tugas Akhir*, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Surabaya, 2011.
- [5] Pujitrestani, A.,” Analisis Spektrum Gelombang Otak Berbasis Fast Fourier Transform (Fft) Pada Studi Kasus Keadaan Normal Dan Epilepsi”, *Tugas Akhir*, Institut Teknologi Bandung, Bandung, 2013.
- [6] Putera, O.A.K., dan Faradisa, I.S. , “Rancang Bangun Electroencephalograph (EEG) Sebagai Perekam Dan Pendeteksi Sinyal Biolistrik Otak Yang Terintegrasi Dengan PC Berbasis Mikrokontroler ATMEGA8535 “, *Tugas Akhir*, Institut Teknologi Nasional Malang, Malang, 2011 (ISSN: 2086-8944)
- [7] Rusli, J.W., Siwindarto, P., dan Nurussa’adah, “Desain Alat Instrumentasi Medis Electroencephalograph (EEG)”, *Jurnal Seminar Hasil*.
- [8] Teplan, M., “Fundamentals Of Eeg Measurement”, *Measurement Science Review*, Slovak Academy Of Science, Slovakia, 2002.
- [9] Thatcher, R., “Validity and reliability of quantitative EEG (QEEG)” *Journal of Neurotherapy*, 14 (2): 122-152. 2009.
- [10] Ujayantilal, S.Hardik.,” Interfacing of AT Command based HC-05 Serial Bluetooth Module”, Gujarat Technological University, Ahmedabad, India, 2014
- [11] Glenn, Elert., “Frequency of Brain Waves” <http://hypertextbook.com/facts/2004/SamanthaCharles.shtml> (diakses tanggal 17 Februari 2016)
- [12] _____, “Arduino Board Due” <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardDue> (diakses pada 23 Februari 2016)
- [13] Lynas, Hezier., “Human Brainwaves Mapping” <http://www.psych.westminster.edu/psybio/BN/Labs/Brainwaves.htm> (diakses tanggal 17 Februari 2016)
- [14] Gayakwad Ramakant, *Op-Amps and Linear Integrated Circuit*, Prentice Hall, New Jersey, 2000
- [15] Rizzo, Eric.,”*Android Development Info*”

<http://www.eclipse.org/forum/index.php> (diakses tanggal 28 Februari 2016)

