

Sistem Electroencephalogram (EEG) Untuk Analisis Sinyal Gelombang Otak Pada Pasien Depresi

Rivaldy Anggara¹⁾, Yusnita Rahayu²⁾

^{1,2)}Program Studi Teknik Elektro S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya, Jl. H. R. Soebrantas Km. 12,5 Simpang Baru, Panam
Pekanbaru 28293

Email: rivaldy.anggara@student.unri.ac.id; yusnita.rahayu@lecturer.unri.ac.id

ABSTRACT

Electroencephalogram (EEG) is a brain signal processing technique used to detect abnormal brain waves. EEG signal recording uses electrodes placed on the scalp. AD620 is used to obtain high input impedance. The EEG signal is amplified by transmitting the signal into the notch filter, high pass filter and low pass filter to improve the quality of the signal such as eliminating and reducing noise. EEG recording focuses on analyzing alpha waves to determine whether the subject is suffering from depression. For cases of depression, the lobes of the brain placed electrodes are the Occipital and Parietal lobes of the brain. The selection of participants in this study was based on the results of tests using the Patient Health Questionnaire-9 (PHQ-9) method. The results obtained after recording EEG are there is theta wave shaped abnormally large and abnormal alpha wave who shaped abnormally large.

Keywords : Electroencephalogram, amplifier, depresi, PHQ-9

I. PENDAHULUAN

Otak manusia adalah salah satu sistem paling kompleks di alam semesta dan terdiri dari miliaran sel otak yang disebut neuron, yang menjadi pusat koordinasi dalam tubuh manusia untuk berkomunikasi satu sama lain. Saat ini berbagai teknologi ada untuk merekam gelombang otak dan *electroencephalogram* (EEG) adalah salah satunya [Sasikumar Gurumurthy, 2013].

Electroencephalogram adalah suatu instrumen yang digunakan untuk merekam aktivitas listrik statis yang dihasilkan dari rangsangan yang diterima otak [M.E.Chandrasiri, 2013]. Sinyal EEG terdiri dari komponen-komponen frekuensi yang direpresentasikan dalam domain waktu. Komponen frekuensi yang dimiliki sinyal EEG menginformasikan kondisi otak dan pengamatan visual terhadap sinyal EEG secara langsung sangat susah mengingat amplitudo sinyal EEG sangat rendah dan polanya yang sangat kompleks (Wahyu Eko Zulianto, 2016). Disamping itu sinyal EEG amat dipengaruhi oleh berbagai variabel, antara lain kondisi mental, kesehatan, aktivitas dari pasien, lingkungan perekaman, gangguan listrik dari organ tubuh lain, rangsangan luar, dan usia dari pasien (Esmeralda C. Djamal, 2005). Salah satu bentuk pengukuran pada sinyal EEG yaitu

pengukuran yang dilakukan untuk melihat pola gelombang tingkat depresi seseorang.

Depresi adalah gangguan mental yang berkembang di seluruh dunia yang memiliki efek langsung pada kinerja otak [Yousef Mohammadi, 2019] dan menurut *World Health Organization* (WHO), pada tahun 2020, depresi menjadi gangguan paling signifikan kedua setelah kardiovaskular dengan jumlah pasien lebih dari 350 juta [Mojtaba Hajian, 2017]. Mendiagnosis tingkat depresi pada tahap awal sangat penting karena depresi mempengaruhi semua orang tanpa memandang usia, lokasi geografis, demografi atau posisi sosial dan lebih sering mempengaruhi wanita daripada pria (U. Rajendra Acharya, 2015).

Sistem ini berfokus pada analisis gelombang alfa untuk menentukan apakah subjek menderita depresi. Untuk kasus depresi, lobus pada otak yang akan dipasangkan elektroda yaitu lobus Occipital dan Parietal otak dengan klasifikasi bahwa subjek dinyatakan depresi jika frekuensi dasar dibawah 8 Hz dan dikatakan normal jika memiliki frekuensi dasar 8 Hz atau lebih (Shamla Mantri, 2015).

Sistem penempatan elektroda 10-20 standar internasional digunakan untuk mengumpulkan data EEG. Sinyal EEG diukur dengan menempatkan sejumlah elektroda pada kulit kepala. Sebelum

elektroda ditempatkan terlebih dahulu dilapisi dengan pasta konduksi yang bertujuan untuk mengurangi atenuasi sinyal [Jian Shen, 2017].

II. TEORI DASAR

Electroencephalogram

Elektroencephalogram adalah instrumen untuk yang digunakan untuk menangkap aktifitas listrik di otak. EEG mencerminkan status kerja otak manusia dan dianggap sebagai data fisiologis paling baik yang dapat digunakan sebagai alat untuk mendeteksi dan mendiagnosis depresi suatu kelainan [Jian Shen, 2019].

Pengamatan visual terhadap sinyal EEG secara langsung sangat sukar mengingat amplitudo sinyal EEG demikian rendah ($100 \mu\text{V} - 1 \text{mV}$) dan polanya yang sangat kompleks. Disamping itu sinyal EEG amat dipengaruhi oleh berbagai variabel, antara lain kondisi mental, kesehatan, aktivitas dari pasien, lingkungan perekaman, gangguan listrik dari organ tubuh lain, rangsangan luar, dan usia dari pasien (Esmeralda C. Djamal, 2005).

Berdasarkan analisis gelombang otak yang telah didapatkan melalui EEG, kita dapat mengklasifikasikan karakteristik gelombang otak tersebut kedalam gelombang otak normal dan gelombang otak abnormal. Hasil pemeriksaan EEG menunjukkan perbedaan pola gelombang otak sebagai berikut (Jan Nissl, 2006) :

- a. Normal
 - Hasil dua sisi otak menunjukkan pola serupa dari aktivitas elektrik
 - Orang dewasa yang terjaga, EEG menunjukkan gelombang alfa lebih banyak dibanding dengan gelombang beta.
 - Tidak ada gambaran gelombang abnormal dari aktivitas elektrik dan tidak ada gelombang yang lambat
 - Jika pasien dirangsang dengan cahaya (photic) selama test maka hasil gelombang tetap normal.
- b. Abnormal
 - Hasil dua sisi otak menunjukkan pola tidak serupa dari aktivitas elektrik
 - EEG menunjukkan gambaran gelombang abnormal yang cepat atau lambat, hal ini mungkin disebabkan oleh tumor otak, infeksi/peradangan, injuri, strok, atau epilepsi.

- Berbagai keadaan dapat mempengaruhi gambaran EEG. EEG yang abnormal dapat disebabkan kelainan di dalam otak yang tidak hanya terbatas pada satu area khusus di otak, misalnya intoksikasi obat, infeksi otak (ensefalitis), atau penyakit metabolisme (Diabetik ketoasidosis)
- EEG menunjukkan gelombang delta atau gelombang teta pada orang dewasa yang terjaga. Hasil ini menandai adanya injuri otak
- EEG tidak menunjukkan aktivitas elektrik di dalam otak (flat/garis lurus). Menandai fungsi otak telah berhenti, yang mana pada umumnya disebabkan oleh tidak adanya (penurunan) aliran darah atau oksigen di dalam otak.

Depresi

Depresi adalah gangguan suasana hati yang umum, yang dapat menyebabkan perasaan sedih yang terus-menerus, kehilangan minat, dan gangguan memori dan konsentrasi. Pasien yang depresi biasanya mengalami gangguan kognitif dan menderita depresi emosi yang panjang dan berat. Dalam kasus yang parah, beberapa pasien akan mengalami paranoid dan ilusi. Menurut statistik World Health Organization (WHO), > 300 juta orang menderita depresi di seluruh dunia sekitar 800.000 orang meninggal karena itu setiap tahun (Hanshu Cai, 2018).

Depresi dicirikan oleh reaksi afektif, ekspresif, perilaku dan kognitif tertentu seperti kehilangan minat, pesimisme, ketidakberdayaan, perasaan tidak berharga, ketakutan, frustrasi, perilaku yang merusak diri sendiri, dll. Pemaparan berulang terhadap perasaan depresi seperti itu pada akhirnya dapat menyebabkan kelainan serius pada manusia seperti sistem kekebalan yang lemah, pola tidur tidak teratur, otot / jantung / berat badan dan gangguan hormonal dan pikiran atau kecenderungan bunuh diri yang paling berbahaya [Shamla Mantri, 2015]

Otak

Otak bekerja menggunakan sistem kelistrikan, yaitu menghasilkan sinyal listrik kecil dalam pola teratur dan disalurkan melalui jaringan sel-sel saraf yang disebut neuron. Perbedaan komposisi ionik pada cairan intraseluler dan ekstraseluler menghasilkan gradien voltase listrik melintasi membran yang disebut potensial membran.

Potensial inilah yang direkam oleh *elektroencephalograph*.

Otak manusia terdiri atas beberapa bagian dimana setiap bagian memiliki peran terhadap suatu proses pada tubuh. Secara umum otak terbagi menjadi 3 bagian sebagai berikut (Valerie, 2007) :

1. Otak Besar

Bagian paling besar dari otak manusia adalah otak besar. Otak besar dibagi kepada dua belahan (hemisphere) yaitu kanan dan kiri. Belahan kiri mengatur fungsi tubuh bagian kanan dan begitu pula sebaliknya. Masing-masing belahan otak ini terdiri dari 4 lobus yaitu frontal, pariental, temporal dan occipital.

2. Otak Tengah

Otak tengah berfungsi membantu pergerakan mata, menyempit dan melebar pupil, reflex pendengaran, pusat pengendalian dan keseimbangan, serabut saraf yang menghubungkan bagian depan dan belakang otak.

3. Otak Belakang

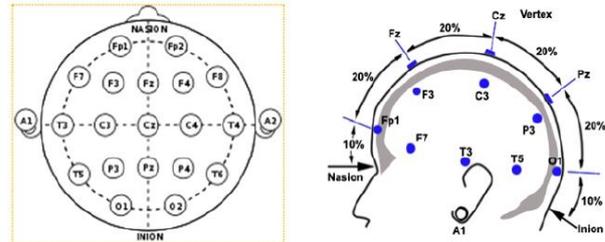
Otak belakang memiliki beberapa bagian :

- Otak kecil (cerebellum) : bagian terbesar otak belakang berada dibawah lobus occipital. Otak kecil terbagi menjadi belahan kanan dan kiri yang berfungsi untuk pengatur keseimbangan tubuh, sikap dan posisi tubuh serta koordinasi otot ketika sadar.
- Jembatan Varol : merupakan saraf penghubung antara otak kecil dan otak besar dan belahan kiri dan kanan dari otak kecil
- Sumsum Lanjutan : Membentuk bagian bawah batang otak serta menghubungkan jembatan varol dengan sumsum tulang belakang.

Elektroda

Berdasarkan sifatnya, elektroda bisa dibagi menjadi dua jenis yaitu *active electrode* dan *passive electrode*. *Active electrode* adalah elektroda yang memiliki pre-amplifier didalamnya. Dengan adanya pre-amplifier, impedansi yang besar dari kulit kering (beberapa M Ω) dapat diatasi karena pre-amplifier yang digunakan memiliki spesifikasi impedansi *input* yang tinggi. *Passive electrode* adalah elektroda biasa tanpa pre-amplifier didalamnya. Dalam penggunaannya, dibutuhkan impedansi yang rendah antara permukaan elektroda dan kulit. Oleh karena itu perlu diberikan persiapan khusus pada permukaan yang saling bersentuhan antara kulit dan elektroda,

seperti pengikisan epidermis dan pemberian gel (Robinsar Parlindungan, 2008). Adapun Sistem penempatan elektroda 10-20 standar internasional seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.4. Standar Internasional Peletakan Elektroda 10-20

Instrumentation Amplifier

Instrumentation amplifier adalah bagian pertama dari konfigurasi rangkaian EEG [Andrew Paul Simms, 2014]. Karena impedansi output yang tinggi dari sumber EEG (kulit kepala), untuk memperoleh sinyal, *instrumentation amplifier* diimplementasikan di bagian depan desain yang memiliki impedansi input tinggi lebih dari sepuluh kali impedansi output dari sumber [M. E. Chandrasiri, 2013].

Instrumentation amplifier yang digunakan adalah IC AD620. IC ini sangat cocok untuk aplikasi instrumentasi medis dan menggunakan konsumsi daya rendah (1,5mW pada 3V), yang membuatnya baik untuk desain portabel [M. Emin Sahin, 2016]. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. IC AD620

AD620 adalah penguat instrumentasi dengan akurasi tinggi berbiaya rendah yang hanya membutuhkan satu resistor eksternal untuk mengatur gain 1 hingga 10000 dengan rentang supply 2.3V-18V. Dengan demikian, menjadikannya perangkat keras yang cocok untuk digunakan dalam instrumentasi kesehatan [Bipra Chatterjee, 2017]. Adapun spesifikasi dari AD620 seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Spesifikasi AD620

Pin 1	Gain Setting
Pin 2	Negatif Input
Pin 3	Positif Input
Pin 4	-Vs
Pin 5	Ref
Pin 6	Output
Pin 7	+Vs
Pin 8	Gain Setting

Filter

Secara umum tujuan dari penggunaan filter adalah untuk meningkatkan kualitas dari sebuah sinyal misalnya menghilangkan dan mengurangi noise. Filter juga dapat digunakan untuk mendapatkan informasi yang dibawa oleh sinyal. Seringkali sinyal asli memiliki amplitude yang lebih kecil daripada noise. Semakin rendah frekuensi sinyal semakin sulit sinyal tersebut terdeteksi. Oleh karena itu, untuk meredam sinyal – sinyal interferensi tersebut digunakan rangkaian filter (Herbert, 2011).

Filter yang digunakan dalam penelitian ini yaitu notch filter, high pass filter, dan low pass filter. Untuk membuat rangkaian filter, dibutuhkan sebuah *operational amplifier* (Op-Amp). Op-Amp yang dipakai untuk membuat rangkaian filter yaitu jenis LM358 seperti pada Gambar 2.7.



Gambar 2.2. LM358

Adapun spesifikasi dari op-amp LM358 seperti pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Spesifikasi LM358

Pin 1	Output A
Pin 2	Negatif Input A
Pin 3	Positif Input A
Pin 4	GND
Pin 5	Positif Input B
Pin 6	Negatif Input B
Pin 7	Output B
Pin 8	VCC

Arduino

Mikrokontroler arduino merupakan sebuah *platform* komputasi fisik bersifat *open source* yang berfungsi sebagai rangkaian elektronik berbentuk *board*. Mikrokontroler ini memiliki pin-pin *input analog* dengan fitur ADC (*Analog to Digital Converter*) dan juga memiliki pin-pin *output* tegangan yang diperlukan untuk mengkoneksikan rangkaian EEG yang telah dirancang sebelumnya. Adapun spesifikasi Arduino Uno sebagai berikut :

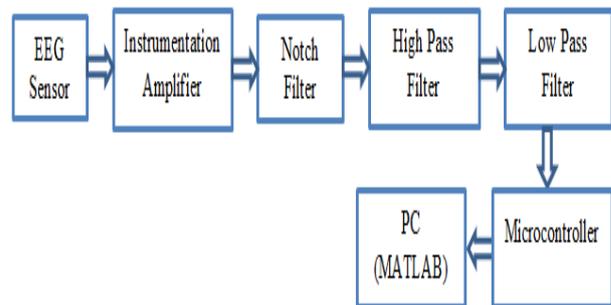
Tabel 2.3 Spesifikasi Arduino Uno

<i>Microcontroller</i>	ATmega328P
<i>Operating Voltage</i>	5V
<i>Digital I/O Pins</i>	14 (6 PWM <i>output</i>)
<i>Analog Input Pins</i>	6
<i>Flash Memory</i>	32 KB (ATmega328P) dimana 0.5 KB digunakan untuk <i>bootloader</i>
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB

III. METODE PENELITIAN

Pengkondisian Sinyal

Sinyal EEG adalah sinyal yang sangat lemah karena memiliki level tegangan sangat rendah dalam kisaran mikrovolt (sekitar 100 μ V) [M.E.Chandrasiri, 2013]. Oleh karena itu, sinyal EEG yang lemah tersebut dikondisikan menggunakan rangkaian analog, lalu sinyal di beri amplifiier dan di filter. Adapun blok diagram sistem EEG seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Blok Diagram EEG

a. Instrumentation Amplifier

Instrumentation amplifier adalah bagian pertama dari konfigurasi rangkaian [Andrew Paul Simms, 2014]. Karena impedansi output yang tinggi dari sumber EEG (kulit kepala), untuk mendapatkan sinyal, *instrumentation amplifier*

diimplementasikan di bagian depan desain yang memiliki impedansi input tinggi lebih dari sepuluh kali impedansi output dari sumber. Common Mode Rejection Ratio (CMRR) yang tinggi dari *instrumentation amplifier* mendukung untuk mengambil dua sinyal dari kulit kepala dan memperkuatnya secara terpisah dengan penguatan yang sama dan memberikan sinyal diferensial sebagai output [M.E.Chandrasiri, 2013].

b. *Notch Filter*

Sumber utama gangguan EEG adalah sistem tenaga listrik [Amlan Jyoti, 2016]. Sekalipun menggunakan baterai untuk menghidupkan rangkaian, rangkaian tetap akan memiliki *noise*. Karena itu, diperlukan notch filter. Notch filter yang merupakan jenis bandstop filter mengurangi rentang frekuensi sempit yang dirancang untuk mengurangi noise yang disebabkan oleh gangguan dari saluran listrik di sekitarnya [M. Emin Sahin, 2016].

c. *High Pass Filter*

Untuk menghilangkan offset dc dari sinyal sebelum amplifikasi, high pass filter dengan frekuensi cutoff rendah digunakan [M. E. Chandrasiri, 2013] serta mempertajam gelombang otak untuk membuat sinyal terlihat lebih jelas pada *output*. [Sasikumar Gurumurthy, 2013].

d. *Low Pass Filter*

Low pass filter dirancang tepat sebelum konversi digital ke analog sebagai filter anti-aliasing. Frekuensi cut-off LPF diatur ke 40 Hz yang cukup untuk analisis delta, theta, alpha dan beta band serta mampu mengurangi gangguan saluran listrik hingga tingkat tertentu [M. E. Chandrasiri, 2013] dan digunakan untuk memperjelas gelombang otak [Sasikumar Gurumurthy, 2013].

PHQ-9

PHQ-9 adalah skala depresi dengan sembilan pernyataan untuk membantu dalam mendiagnosis depresi serta menyeleksi dan pemantauan pengobatan.

Rentang skor PHQ adalah dari 0 hingga 27, karena setiap item dinilai dari 0 (tidak pernah) hingga 3 (hampir setiap hari). Skor PHQ 5, 10, 15, dan 20 mewakili depresi ringan, sedang, cukup parah, dan berat. Interpretasi skor total pada PHQ-9 seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.1.

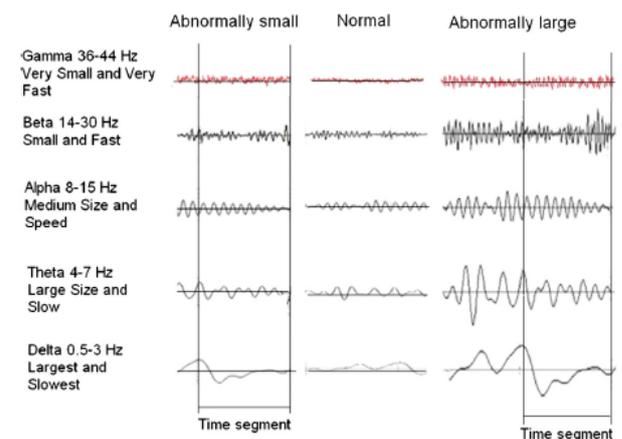
Tabel 3.1 Interpretasi skor total PHQ-9

Skor Total	Tingkat Depresi
1-4	<i>Minimal Depression</i>
5-9	<i>Mild Depression</i>
10-14	<i>Moderate Depression</i>
15-19	<i>Moderately Severe Depression</i>
20-27	<i>Severe Depression</i>

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

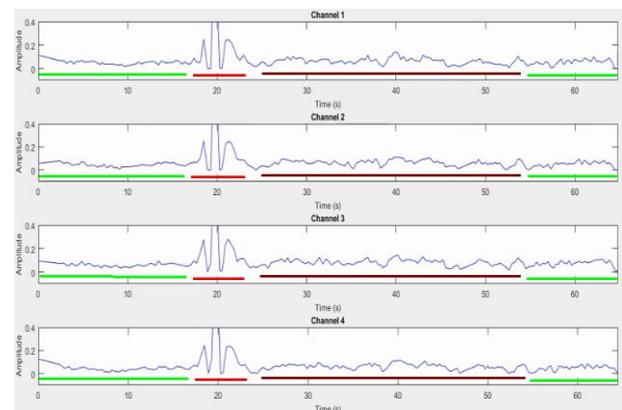
Perekaman EEG

Untuk kasus depresi perekaman EEG berfokus pada gelombang alpha dimana analisa hasil perekaman EEG yang akan dilakukan berdasarkan pola standar dari sinyal EEG (G. C. Sih, 2013) seperti pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Pola Standar Sinyal EEG

Setelah mengetahui hasil dari kuesioner PHQ-9, salah satu partisipan yang dikategorikan sebagai subjek depresi dipilih untuk melakukan perekaman EEG. Perekaman EEG dilakukan selama lebih kurang 3 menit. Adapun hasil yang didapatkan setelah perekaman seperti pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Hasil Rekaman EEG Partisipan

Pada gambar diatas, bagian yang diberi tanda garis hijau jika dibandingkan dengan pola standar sinyal EEG merupakan sinyal EEG normal. Ketika sinyal EEG abnormal, artinya terjadi ketidakseimbangan di otak dan dapat dilihat pada gelombang yang di tandai dengan garis merah. Gelombang tersebut tidak lagi masuk dalam kategori gelombang alpha melainkan gelombang theta yang berbentuk *abnormally large*. Lalu, untuk gelombang dengan garis coklat merupakan gelombang abnormal alpha yang berbentuk *abnormally large*.

DAFTAR PUSTAKA

- Sasikumar Gurumurthy, Vudi Sai Mahit, Rittwika Ghosh (2013), Analysis and simulation of brain signal data by EEG signal processing technique using MATLAB. International Journal of Engineering and Technology (IJET).
- M.E. Chandrasiri, R.M.T.M. Dhanapala, W.G.K.G. Kumari, R. Ranaweera (2013), PC Based Electroencephalogram System. IEEE 8th International Conference on Industrial and Information Systems.
- Esmeralda C. Djamil & Harijono A. Tjokronegoro (2005), Identifikasi dan Klasifikasi Sinyal EEG Terhadap Rangsangan Suara dengan Ekstraksi Wavelet dan Spektral Daya. Departemen Teknik Fisika ITB.
- Yousef Mohammadi, Mojtaba Hajian, Mohammad Hassan Moradi (2019), Discrimination of Depression Levels Using Machine Learning Methods on EEG Signals. 27th Iranian Conference on Electrical Engineering (ICEE2019).
- Mojtaba Hajian, Mohammad Hassan Moradi (2017), Quantification of depression disorder using EEG signal. 24th national and 2nd International Iranian Conference on Biomedical Engineering (ICBME), Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran.
- U. Rajendra Acharya, Vidya K. Sudarshan, Hojjat Adeli (2015), A Novel Depression Diagnosis Index Using Nonlinear Features in EEG Signals. Department of Electronics and Computer Engineering Ngee Ann Polytechnic, 535 Clementi Road Singapore.
- Shamla Mantri, Dr. Pankaj Agrawal, Dr. Diptil Patil (2015), An Advanced Design for Depression Analysis through EEG Signal. International Journal of Scientific Engineering and Research (IJSER)
- Jian Shen, Shengjie Zhao, Yuan YaoYue Wang, Lei Feng (2017), A novel depression detection method based on pervasive EEG and EEG splitting criterion. IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine (BIBM).
- Jian Shen, Xiaowei Zhang, Bin Hu, Gang Wang (2019), An Improved Empirical Mode Decomposition of Electroencephalogram Signals for Depression Detection.
- Hansu Cai, Jiashuo Han, Yunfei Chen, Xiaocong Sha (2018), A Pervasive Approach to EEG-Based Depression Detection.
- Robinsar Parlindungan (2008), Analisis Waktu-Frekuensi (TFA) Gelombang EEG Naracoba Pada Stimulasi Akupuntur GI. Instrumentasi dan Kontrol Institut Teknologi Bandung.
- Andrew Paul Simms (2014), Reading and Wirelessly Sending EEG Signals Using Arduinos and XBee Radios to Control a Robot. Electrical Engineering University of Arkansas, Fayetteville.
- M. Emin Sahin, Yunus Ucar, Feyzullah Temurtas (2016). An Implementation of Analog Portable EEG Signal Extraction System.
- Bipra Chatterjee, L. M. Saini, Tapan Kumar Ghandi (2017), Non-Invasive Wireless EEG Monitor. International Conference on Energy, Communication, Data Analytics and Soft Computing.
- Amlan Jyoti, Riku Chutia (2016), DESIGN OF SINGLE CHANNEL PORTABLE EEG SIGNAL ACQUISITION SYSTEM FOR BRAIN COMPUTER INTERFACE APPLICATION. International Journal of Biomedical Engineering and Science (IJBES).