

Sistem Pendeteksi Gelombang Otak Berbasis Electroencephalogram (EEG) pada Penderita Alzheimer

Kurnia Alfikri¹⁾, 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: kurnia.alfikri@student.unri.ac.id; yusnita.rahayu@lecturer.unri.ac.id

ABSTRACT

The brain controls our thoughts, memory and speech, movement of the arms and legs, and the function of many organs within our body. If someone has a healthy brain, then will encourage physical health. In the other way around, if the person brain is in an unhealthy condition, then that is the cause of all problems in the body. Some doctors use a device called an electroencephalogram (EEG) to diagnose the brain in humans. Electroencephalogram (EEG) is a medical test used to measure the electrical activity of the brain. EEG is done by placing electrodes on the scalp. EEG is often also referred to as a brain wave test. The EEG procedure is not painful and can be done without having to shave hair. EEG will help diagnose a number of health conditions such as Alzheimer's disease. The method used is to measure human brain waves using the designed EEG device. EEG signal output using MATLAB software. This study aims to design an EEG system to diagnose Alzheimer's disease and display the results of EEG signal readings in MATLAB.

Keywords: EEG, MATLAB, Alzheimer, Brain.

1. PENDAHULUAN

Otak adalah suatu organ terpenting pada tubuh manusia yang merupakan pusat dari system saraf. Volume otak berkisar 1.350 cc dan mempunyai 100 juta sel saraf atau neuron untuk menunjang fungsinya (Sania Marcellina, 2015). Otak terletak di dalam kepala, dan mempunyai beberapa fungsi, yaitu sebagai pusat regulasi sebagian tindakan yang dialami, sebagai pusat pengatur organ-organ tubuh (misalnya mengatur kerja jantung, hati, dan lain-lain) (Sania Marcellina, 2015).

Otak merupakan pengendali tubuh. Jika seseorang memiliki otak yang sehat, maka akan mendorong kesehatan tubuh. Namun sebaliknya, jika otak seseorang dalam kondisi yang tidak sehat, maka itu merupakan penyebab dari segala masalah pada tubuh. Beberapa dokter kesehatan menggunakan alat yang dapat disebut dengan nama Electroencephalogram atau disebut dengan EEG untuk melakukan diagnosa terhadap otak pada manusia (Sania Marcellina 2015).

Electroencephalogram (EEG) adalah tes medis yang digunakan untuk mengukur aktivitas

listrik otak. EEG dilakukan dengan cara menempatkan elektroda pada kulit kepala. EEG sering juga disebut sebagai tes gelombang otak. Prosedur EEG tidaklah menyakitkan dan dapat dilakukan tanpa harus mencukur rambut (Raymundo Cassani, 2014). EEG akan membantu mendiagnosis sejumlah kondisi kesehatan seperti penyakit Alzheimer.

Penyakit Alzheimer adalah kondisi kelainan yang ditandai dengan penurunan daya ingat, penurunan kemampuan berpikir dan berbicara, serta perubahan perilaku pada penderita akibat gangguan di dalam otak yang sifatnya progresif atau perlahan-lahan (Derry Rizal, 2017).

Ada beberapa fase pada gejala Alzhemier, pada fase awal, seseorang yang terkena penyakit Alzheimer biasanya akan terlihat mudah lupa, seperti lupa nama benda atau tempat, lupa tentang kejadian-kejadian yang belum lama dilalui, dan lupa mengenai isi percakapan yang belum lama dibicarakan bersama orang lain (Derry Rizal, 2017). Seiring perkembangan waktu, gejala akan meningkat. Penderita penyakit Alzheimer kemudian

akan kesulitan melakukan perencanaan, kesulitan bicara atau menuangkan sesuatu ke dalam bahasa, kesulitan membuat keputusan, kerap terlihat bingung, tersesat di tempat yang tidak asing, mengalami gangguan kecemasan dan penurunan suasana hati, serta mengalami perubahan kepribadian, seperti mudah curiga, penuntut, dan agresif. Pada kasus yang parah, penderita penyakit Alzheimer bisa mengalami delusi dan halusinasi, serta tidak mampu melakukan aktivitas atau bahkan tidak mampu bergerak tanpa dibantu orang lain (Derry Rizal, 2017).

Menurut hasil penelitian dari D Abasolo, pada tahun 2006 bahwa gelombang otak pada manusia penderita penyakit Alzheimer berbeda dengan manusia normal. Terdapat perbedaan pada 4 titik elektroda yaitu P3, P4, O1 dan O2 yang terdapat pada gelombang alpha dan theta.

Berdasarkan penelitian yang dibuat oleh Mohd. Suhaib Kidwai, Ayan M. Khan, pada tahun 2014 Penyakit Alzheimer menjadi perhatian besar saat ini. Ini adalah kasus yang pada umumnya terjadi setelah usia 65 tahun. Penyakit ini sangat cepat meningkat dan apa yang membuatnya menjadi titik perhatian utama bahwa tidak ada alasan yang pasti telah ditemukan untuk penyebab penyakit ini dan terlebih lagi, tidak ada obat yang ditemukan untuk penyakit ini. Penyakit ini meningkat pesat, terutama di negara-negara Eropa dan Amerika. Menurut survei, pada tahun 2050 1 di setiap 80 orang akan menderita penyakit ini. Dengan mempertimbangkan konsekuensi dari penyakit ini, sangat penting untuk memiliki metode yang efisien untuk diagnosis penyakit ini, karena diagnosis membuka jalan untuk penelitian lebih lanjut dalam memahami penyakit dan menemukan pengobatan konkret untuk penyakit ini. Metode yang digunakan adalah dengan mengembangkan algoritma untuk mendeteksi atau mendiagnosis Alzheimer dengan menggunakan MATLAB. Hasil yang didapatkan adalah menampilkan data secara visual. Hasil yang didapatkan merupakan data yang dikirimkan oleh EEG (Mohd. Kidwai, 2014).

Penelitian oleh D. Abasolo menyatakan bahwa penyakit Alzheimer (AD) adalah gangguan neurodegeneratif yang paling umum. Meskipun diagnosis pasti hanya mungkin dilakukan oleh nekropsis, diagnosis banding dengan jenis lain demensia dan dengan depresi berat harus dicoba. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis aktivitas latar belakang EEG pasien AD untuk menguji hipotesis bahwa keteraturan EEG pasien AD lebih tinggi dibandingkan dengan

kontrol yang sesuai usia. Kami mencatat EEG dari 19 elektroda kulit kepala pada 11 pasien AD dan 11 kontrol sesuai usia. Terdapat 2 metode yang berbeda yang digunakan yaitu Spectral entropy dan entropi Sampel. Dan hasil dari metode Spectral entropy, tidak ditemukan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan diantara pasien AD dan EEG yang digunakan sebagai subjek control dengan metode Spectral entropy. Hasil dari penelitian D. Abasolo menunjukkan bahwa pasien AD secara perlahan dapat kembali normal atau bisa dikatakan sembuh. Penemuan ini mendapatkan hasil yang dapat digunakan oleh para ahli medis kedepannya (D. Abasolo, 2006).

Raymundo Cassani, Tiago H.Falk, 2016 memeriksa sinyal-sinyal yang dikumpulkan ke dalam periode bebas artefak. Dalam penelitian ini, mengatasi keterbatasan ini dengan mengusulkan penggunaan metode automated artifact removal (AAR) untuk menghilangkan artefak dari sinyal EEG tanpa perlu campur tangan manusia. Penelitian ini bertujuan agar dokter dapat mengumpulkan informasi yang lebih akurat untuk membantu penilaian penderita Alzheimer (Raymundo Cassani, 2016).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Alok Pathak, pada tahun 2016 yaitu dengan menggunakan metode Multiscale Entropy (MSE) untuk mendiagnosa penderita Alzheimer menggunakan sinyal EEG sehingga dapat meningkatkan akurasi diagnostik dari sinyal EEG dan diagnosa. Penelitian ini bertujuan agar EEG dapat berperan penting dalam mendiagnosa, terutama pada penderita Alzheimer (Alok Pathak, 2016).

Pada skripsi ini, dilakukan sebuah penelitian pada otak manusia untuk mengetahui gelombang otak pada manusia yang menderita atau memiliki gejala Alzheimer. Metode yang digunakan yaitu dengan melakukan pengukuran pada gelombang otak manusia menggunakan perangkat EEG yang telah dirancang sehingga dapat menghasilkan keluaran berupa grafik sinyal pada software MATLAB.

2. LANDASAN TEORI Electroencephalogram (EEG)

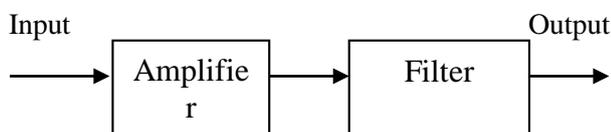
Electroencephalograph (EEG) adalah instrumentasi untuk menangkap aktivitas listrik di otak. Kebanyakan dokter menggunakan EEG ini sebagai alat pendiagnosa suatu penyakit yang berhubungan dengan otak dan kejiwaan.

Pengamatan visual terhadap sinyal EEG sangat sukar mengingat amplitudo sinyal EEG sangat rendah dan juga polanya sangat kompleks (Nursubhan Nawir, 2011). Klasifikasi dari sinyal EEG terhadap perubahan variable tertentu dapat menerangkan fungsi kerja dari otak dan menangkap perubahan aktivitas otak terhadap variable yang bersangkutan, diantaranya :

- Gelombang delta terdapat pada rentang dari 1-4 Hz. Gelombang ini terjadi pada dalam kondisi tidur yang lama dan gelombang ini sangat mudah dilihat ketika respon terjadi diakibatkan oleh pergerakan yang berlebihan. Kondisi delta juga sering dihubungkan dengan manusia yang memiliki perasaan kuat terhadap empati dan intuisi (Sania Marcellina, 2015).
- Gelombang theta dalam rentang dari 4–8 Hz. Gelombang theta berperan penting pada masa pertumbuhan dan masa kecil. Dalam kondisi ini biasanya datang dari lobus parietalis dan temporalis (Sania Marcellina, 2015).
- Gelombang alpha dalam rentang 8–13 Hz terlihat dari setengah bagian kepala dan biasanya ditemukan di daerah bagian belakang otak. Gelombang alpha biasanya lebih kuat pada bagian oksipital otak (Sania Marcellina, 2015).

Gelombang beta dalam rentang dari 13 - 30 Hz merupakan aktivitas elektrik dari otak dengan kondisi terjaga dan sadar penuh. Gelombang beta biasanya berlaku pada lobus parietalis dan frontalis (Sania Marcellina, 2015).

Berikut ini diperlihatkan blok diagram dari peralatan EEG pada gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Blok Diagram Peralatan EEG (Nursubhan Nawir, 2011)

Amplifier

Amplifier digunakan karena EEG harus memiliki penguatan yang tinggi dan karakteristik noise yang rendah sebab amplitudo tegangan EEG sangat rendah. Amplifier yang digunakan harus bebas dari interferensi sinyal dari kabel listrik atau dari peralatan elektronik yang lain. Noise sangat berbahaya di dalam kerja EEG karena gelombang

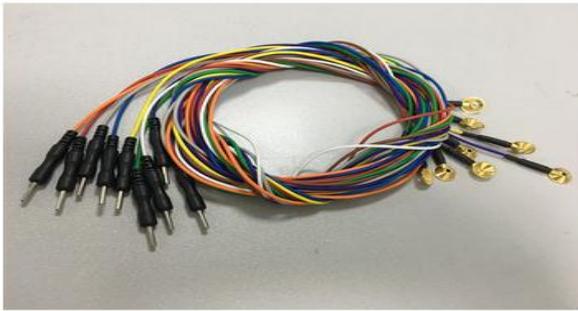
elektroda yang dilekatkan pada kulit kepala hanya beberapa mikrovolt ke amplifier. Amplifier digunakan untuk meningkatkan amplitudo (Nursubhan Nawir, 2011).

Filter

Ketika direkam oleh elektroda, EEG mungkin berisi kerusakan otot dalam kaitannya dengan kontraksi dari kulit kepala dan otot leher. Kerusakannya besar dan tajam sehingga menyebabkan kesulitan besar dalam klinik dan interpretasi otomatis EEG. Cara paling efektif untuk mengurangi kerusakan otot adalah dengan menyarankan pasien untuk rileks, tapi ini tidak selalu berhasil. Kerusakan ini umumnya dihilangkan menggunakan low pass filter. Filter pada alat EEG mempunyai beberapa pilihan posisi yang biasanya ditandai dengan tetapan waktu. Suatu nilai satuan tetapan waktu yang diset untuk kontrol frekuensi rendah adalah 0,03; 0,1; 0,3; dan 1,0 detik. Tetapan waktu ini sesuai dengan 3 dB menunjuk pada frekuensi 5,3; 1,6; 0,53; dan 0,16 Hz. Di atas frekuensi cut-off dan dikontrol dengan high pass filter. Beberapa nilai dapat dipilih, diantaranya adalah 15, 30, 70, dan 300 Hz (Nursubhan Nawir, 2011).

Elektroda

Penempatan elektroda di kulit kepala mengikuti sistem yang sudah ditentukan yaitu sistem 10-20, dengan melihat kode huruf yang menyatakan lokasi dan angka ganjil menunjukkan sisi kiri serta angka genap menunjukkan sisi kanan. Penempatan elektroda yang tepat dan baik merupakan syarat utama untuk mendapatkan hasil rekaman EEG yang baik dan dapat dipercaya. Disamping itu kebersihan kulit kepala, kondisi elektroda, mesin EEG dan kepatuhan anak saat perekaman juga sangat berpengaruh untuk mendapatkan hasil yang baik (Nursubhan Nawir, 2011). Otak manusia mempunyai aktivitas listrik yang kontinyu dan hal ini bisa direkam. Alat perekam EEG ini biasanya memerlukan elektroda (lempengan besi kecil) yang dilekatkan ke permukaan kulit kepala dengan menggunakan gel yang menghantarkan aliran listrik (Nursubhan Nawir, 2011).



Gambar 2. Elektroda (Nursubhan Nawir, 2011)

Untuk meningkatkan kontak listrik antara elektroda dan kulit kepala digunakan elektroda jelly atau pasta. Bahan elektroda yang umumnya digunakan adalah perak klorida. EEG direkam dengan cara membandingkan tegangan antara elektroda aktif pada kulit kepala dengan elektroda referensi pada daun telinga atau bagian lain dari tubuh. Tipe merekam ini disebut monopolar. Tetapi tipe merekam bipolar lebih populer dimana tegangan dibandingkan antara dua elektroda pada kulit kepala (Nurshuban Nawir, 2011).

Alzheimer

Demensia/Alzheimer adalah gangguan penurunan fisik otak yang mempengaruhi emosi, daya ingat, dan pengambilan keputusan dan biasa disebut pikun. Kepikunan seringkali dianggap biasa dialami oleh lanjut usia sehingga Alzheimer seringkali tidak terdeteksi, padahal gejalanya dapat dialami sejak usia muda (early on set-Demensia) (Derry Rizal, 2017), dan deteksi dini membantu seorang penderita dan keluarganya untuk dapat menghadapi pengaruh psikososial dari penyakit ini dengan lebih baik.

Penyakit Alzheimer paling sering ditemukan pada orang tua berusia lebih dari 65 tahun, tetapi dapat juga menyerang orang yang berusia sekitar 40 tahun. Berikut adalah peningkatan persentase penyakit Alzheimer seiring dengan pertambahan usia, antara lain: 0,5% per tahun pada usia 69 tahun, 1% per tahun pada usia 70-74 tahun, 2% per tahun pada usia 75-79 tahun, 3% per tahun pada usia 80-84 tahun, dan 8% per tahun pada usia lebih dari 85 tahun (Derry Rizal, 2017).

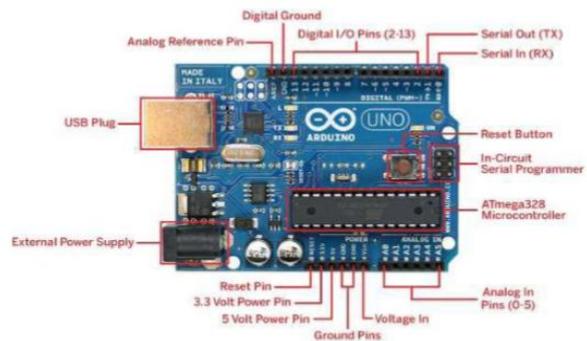
Ada sekitar 46 juta jiwa yang menderita penyakit Alzheimer di dunia, dan sebanyak 22 juta jiwa di antaranya berada di asia. Di Negara maju, seperti amerika serikat, saat ini ditemukan lebih dari empat juta orang usia lanjut penderita penyakit Alzheimer. Angka ini diperkirakan akan meningkat hamper empat kali lipat pada tahun 2050 (Derry

Rizal, 2017). Hal tersebut berkaitan dengan lebih tingginya harapan hidup pada masyarakat di Negara-negara maju, dengan pelayanan kesehatan dan konsumsi yang baik, sehingga populasi penduduk lanjut usia juga bertambah.

Melihat situasi dan kondisi dengan angka harapan hidup di Indonesia tinggi, jelas ini menunjukkan bahwa semakin banyak orang lanjut usia dan tidak bias dipungkiri sebagian besar akan menderita penyakit Alzheimer atau gangguan pada sistem saraf. Estimasi jumlah penderita penyakit Alzheimer di Indonesia pada tahun 2013 mencapai satu juta orang. Jumlah itu diperkirakan akan meningkat drastic menjadi dua kali lipat pada tahun 2030, dan menjadi empat juta orang pada tahun 2050 (Derry Rizal, 2017).

Arduino

Arduino UNO adalah board berbasis mikrokontroler pada ATmega328. Board ini memiliki 14 digital input / output pin (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack listrik tombol reset. Pin-pin ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, hanya terhubung ke komputer dengan kabel USB atau sumber tegangan bisa didapat dari adaptor AC-DC atau baterai untuk menggunakannya (Zaratul Saputri, 2014).



Gambar 3. Arduino UNO (Zaratul Saputri, 2014)

Tabel 1. Spesifikasi Arduino UNO (Zaratul Saputri, 2014)

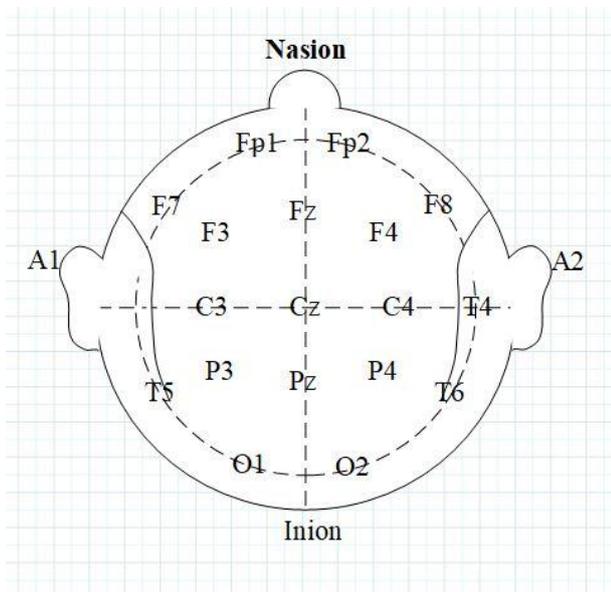
Mikrokontroler	ATMega328
Operasi Voltage	5 V
Input Voltage	7 – 12 V (rekomendasi)
Input Voltage	6 – 20 V (limit)

I/O	14 pin (6 pin untuk PWM)
Arus	50 mA
Flash Memory	32 KB
Bootloader	SRAM 2 KB
EEPROM	1 KB
Kecepatan	16 MHz

3. HASIL

Pemrograman dan simulasi gelombang otak pada manusia menggunakan aplikasi Brainstorm pada MATLAB

Pada penelitian ini disimpulkan data gelombang otak berbasis EEG dengan menggunakan MATLAB dan Open BCI. Menurut hasil penelitian dari D Abasolo pada tahun 2006 bahwa gelombang otak pada penderita Alzheimer terletak perbedaan di titik elektroda O1, O2, P3 dan P4 yang terdapat pada gelombang alpha dan theta. Untuk melihat peletakan titik elektroda seperti gambar 4 dibawah ini.

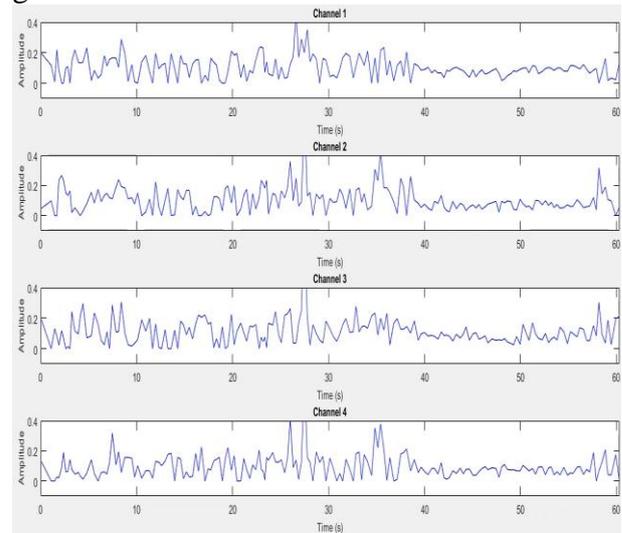


Gambar 4. Peletakan titik elektroda pada kulit kepala

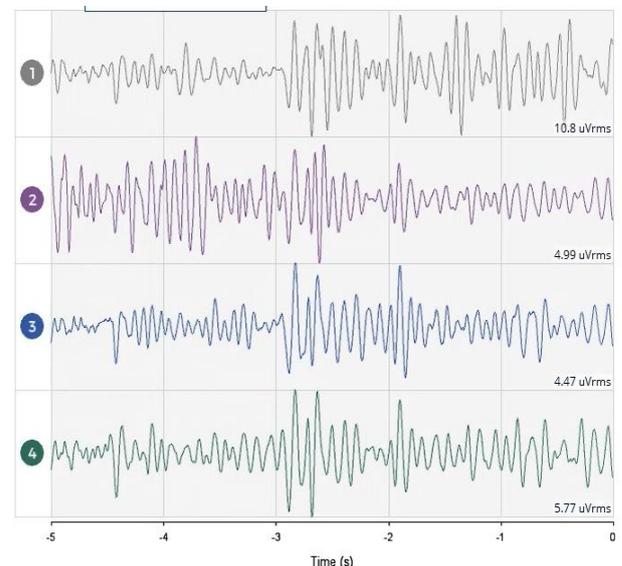
Lobus yang memiliki nilai genap terletak disebelah kanan yang ditandai dengan titik berwarna hijau yaitu titik O2 dan P4. Sedangkan lobus yang memiliki nilai ganjil disebelah kiri dan ditandai dengan titik kuning dan orange yaitu titik O1 dan P3.

Perbandingan gelombang otak Alzheimer pada MATLAB dan Open BCI

Setelah melakukan peletakan titik elektroda pada O1,O2,P3 dan P4 maka didapat hasil yang berbeda antara gelombang otak penyakit Alzheimer dengan menggunakan MATLAB dan Open BCI seperti gambar 5 dan gambar 6 dibawah ini.



Gambar 5. Hasil sinyal keluaran pada MATLAB di titik O dan P pada otak



Gambar 6. Hasil sinyal keluaran pada Open BCI di titik O dan P pada otak

Dari hasil diatas, perbedaan yang terjadi pada gelombang otak penderita Alzheimer menggunakan MATLAB dan Open BCI tidak jauh berbeda, amplitude dari sinyal gelombang yang dihasilkan pada Open BCI lebih tinggi dibandingkan keluaran

gelombang yang dihasilkan pada MATLAB dalam domain waktu 0-60 s.

Perbedaan amplitudo pada titik P3 dan P4 pada penderita Alzheimer hanya sedikit dikarenakan pada titik elektroda P3 dan P4 pada penderita Alzheimer di rentang waktu 0-3 s respon pada titik lobus parietal ini tidak terlalu kuat dan penderita Alzheimer memiliki ingatan yang lemah terhadap belajar informasi baru dan mengucapkan informasi yang dipelajari sebelumnya.

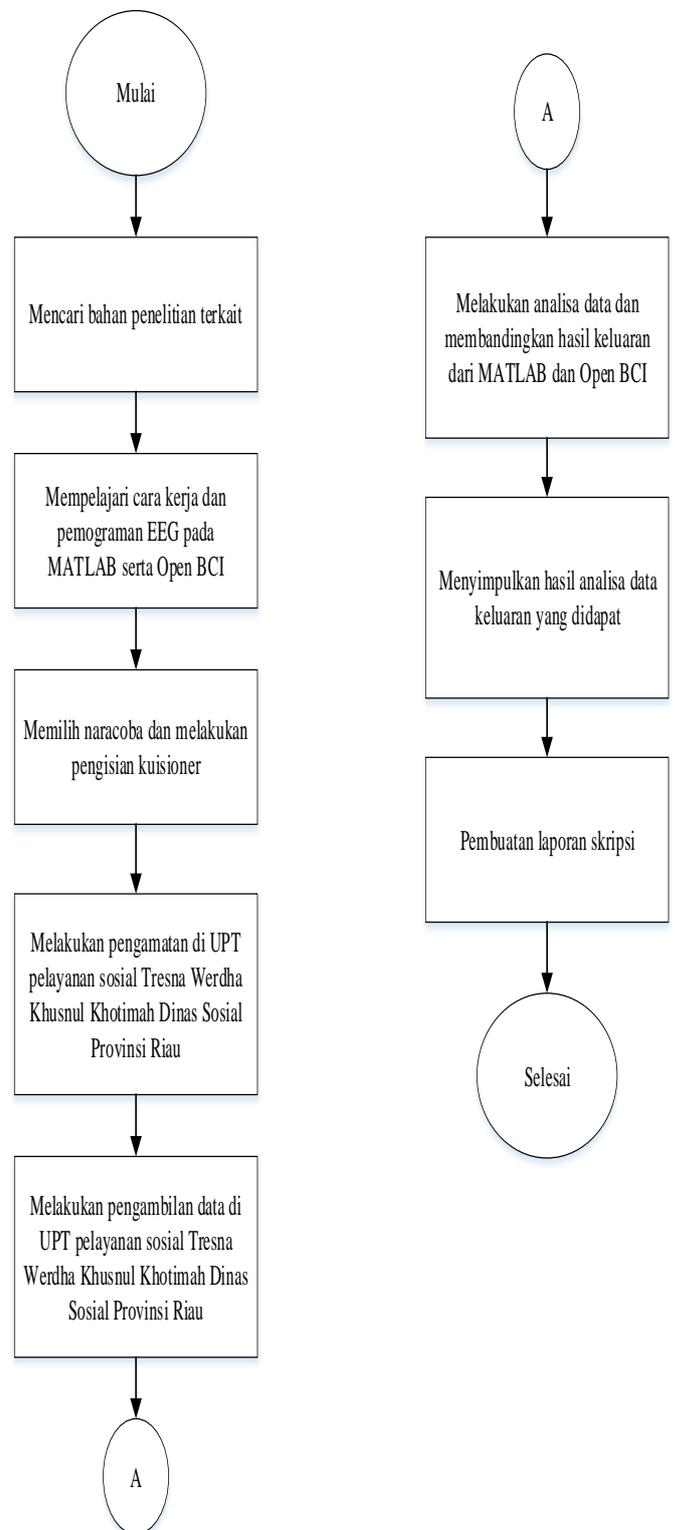
Standardised Mini-Mental State Examination (SMMSE)

Metode yang digunakan adalah *Standardised Mini-Mental State Examination* (SMMSE). Sekitar 10% orang berusia 70 atau lebih dan sepertiga dari mereka berusia 85 tahun ke atas menderita demensia/Alzheimer.

“*Mini-Mental*” adalah metode tes fungsi mental yang paling banyak digunakan pada kelompok usia lanjut. Tes ini biasanya memakan waktu sekitar 10 menit untuk diselesaikan dengan mengajukan beberapa pertanyaan kepada naracoba. MMSE memiliki beberapa instruksi untuk administrasi dan penilaian. Semua ini tergantung pada kebijaksanaan dari masing-masing penilai. Penilai yang berbeda, mengembangkan Teknik dan skor mereka sendiri.

Metode ini menggunakan beberapa pertanyaan yang berhubungan dengan ingatan dari naracoba, kemudian akan dihitung nilainya dan diklarifikasikan menjadi 2 kategori yaitu demensia dengan nilai 0-24 dan tidak demensia dengan nilai 25-30.

Flowchart Penelitian



Hasil dan Pembahasan

Hasil pengukuran yang telah dilakukan dengan menggunakan kedua perangkat untuk mendapatkan sinyal gelombang otak menunjukkan adanya aktivitas otak partisipan yang memiliki kerapatan gelombang serta nilai amplitude yang kecil. Ini disebabkan adanya gangguan fungsi sensorik di lobus parietal (P3 dan P4), dan gangguan pemrosesan visual pada lobus oksipital (O1 dan O2) serta adanya penurunan aktifitas otak pada penderita Alzheimer. Pengukuran yang dilakukan menggunakan dua produk yaitu perangkat Prototype dan OpenBCI terhadap seorang partisipan pengidap gejala Alzheimer di keempat titik peletakan elektroda pada kulit kepala.

Antara kedua hasil pengukuran menggunakan kedua perangkat tersebut terdapat beberapa persamaan pola gelombang yang dihasilkan. Dengan begitu Prototype perangkat keras perekam sinyal gelombang otak (EEG) yang dirancang pada penelitian ini dapat dikatakan berhasil.

Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat pada penelitian ini adalah bahwa gejala Alzheimer dapat dideteksi lebih awal melalui metode kuisioner dan pengukuran gelombang otak. Perancangan yang dilakukan dalam penelitian ini dapat memberikan hasil keluaran dan proses perekaman yang serupa dengan perangkat standar yaitu OpenBCI. Pendeteksian melalui perekaman EEG ini hanya sebagai acuan dalam diagnose awal dari gejala yang diidap.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali H. Al-nuaimi, Student Member, IEEE, Emmanuel Jammeh, Lingfen Sun and Emmanuel Ifeakor (2016). *Changes in the EEG Amplitude as a Biomarker for Early Detection of Alzheimer's Disease*.
- Alok Pathak (2016). *Automatic Detection of Alzheimer Disease Using EEG Modulation Energy*. Dept. of Electrical Engg., IPS-CTM.
- D. Abasolo, R. Hornero, P. Espino, D. Alvarez, J. Poza (2006). *Entropy Analysis of the EEG Background Activity in Alzheimer's*

Disease Patients. San Carlos Hospital, Madrid, Spain.

- Derry Ahmad Rizal (2017). Program Yayasan Alzheimer Indonesia D.I.Y dalam Memberikan Edukasi Kepada *Care Giver*. Gelar *Master of Arts*, Program Studi *Interdisciplinary Islamic Studies*, Konsentrasi Pekerjaan Sosial, Yogyakarta.

- Mohd. Suhaib Kidwai, Ayan M. Khan (2014). *An Efficient Algorithm For The Diagnosis Of Alzheimer Disease By Using MATLAB*. Department of Electronics and Communication, Integral University.

- Nilesh N. Kulkarni, Saurabh V. Parhad, Yasmin P. Shaikh, IEEE (2017). *Use of Non-linear and Complexity Features for EEG Based Dementia & Alzheimer Disease Diagnosis*. Department of E & TC Engineering, STES's Sou. Venutai Chavan Polytechnic, Pune, India.

- Nursubhan Nawir (2011). Electroencefalograf, Jurusan Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

- Raymundo Cassani, Tiago H. Falk (2016). *Towards Automated EEG-Based Alzheimer's Disease Diagnosis Using Relevance Vector Machines*. Reference Center of Behavioural Disturbances and Dementia, Universidade de Sao Paulo, Brazil.

- Sania Marcellina Bryan, Achmad Rizal, ST., MT., Sugondo Hadiyoso, ST., MT., (2015). Pembuatan Aplikasi Penerima Data EEG Tiga Kanal Universitas Telkom. Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Telkom.

- Zaratul Nisa Saputri (2014). Aplikasi Pengenalan Suara Sebagai Pengendali Peralatan Listrik Berbasis *Arduino Uno*. Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang.