TESIS – EE185401

ANALISA MONITORING REHABILITASI STROKE DENGAN METODE MOTOR RELEARNING PROGRAM MENGGUNAKAN SINYAL EEG

ARIES FINDRA SETIAWAN
07111850067001

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Adhi Dharma Wibawa, S.T., M.T.
Prof. Dr. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M.Eng.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN TELEMATIKA – PETIK
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI ELEKTRO DAN INFORMATIKA CERDAS
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

TESIS – EE185401

ANALISA MONITORING REHABILITASI STROKE DENGAN METODE MOTOR RELEARNING PROGRAM MENGGUNAKAN SINYAL EEG

ARIES FINDRA SETIAWAN
07111850067001

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Adhi Dharma Wibawa, S.T., M.T.
Prof. Dr. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M.Eng.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN TELEMATIKA - PETIK
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI ELEKTRO DAN INFORMATIKA CERDAS
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Oleh:

ARIES FINDRA SETIAWAN
NRP: 07111850067001

Tanggal Ujian: 2 Juli 2020
Periode Wisuda: September 2020

Disetujui oleh:
Pembimbing:

1. Dr. Adhi Dharma Wibawa, S.T., M.T. .....
   NIP: 197605052008121003

2. Prof. Dr. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M.Eng. .....
   NIP: 195809161986011001

Penguji:

1. Dr. Diah Puspito Wulandari, S.T., M.Sc. .....
   NIP: 198012192005012001

2. Eko Setijadi, S.T., M.T., Ph.D .....
   NIP: 197210012003121002

3. Dr. Eng. Chastine Fatichah, S.Kom, M.Kom .....
   NIP: 197512202001122002

Kepala Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas

Dedet Candra Riawan, ST., M.Eng., Ph.D.
NIP: 197311192000031001

Halaman ini sengaja dikosongkan

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi keseluruhan Tesis saya dengan judul "**ANALISA MONITORING REHABILITASI STROKE DENGAN METODE MOTOR RELEARNING PROGRAM MENGGUNAKAN SINYAL EEG**" adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Juli 2020

Aries Findra Setiawan

NRP. 07111850067001

Halaman ini sengaja dikosongkan

ANALISA MONITORING REHABILITASI STROKE DENGAN METODE MOTOR RELEARNING PROGRAM MENGGUNAKAN SINYAL EEG

Nama mahasiswa	:	Aries Findra Setiawan
NRP	:	07111850067001
Pembimbing	:	1. Dr. Adhi Dharma Wibawa, S.T., M.T.
		2. Prof. Dr. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M.Eng.

ABSTRAK

Data WHO (*World Health Organization*) menyebutkan terdapat 17 juta kasus stroke baru yang tercatat tiap tahunnya dan di dunia terjadi 7 juta kematian yang disebabkan oleh stroke. Stroke mengakibatkan gangguan neurologis serius, seperti berkurangnya kemampuan motorik anggota tubuh dan otot, kognitif, visual dan koordinasi secara signifikan. Rehabilitasi stroke salah satunya menggunakan metode *Motor Relearning Program* (MRP), dimana pasien diajari kembali kemampuan motorik yang dulu pernah bisa dilakukan sebelum terserang stroke.

Proses monitoring fungsi koordinasi motorik pada rehabilitasi stroke selama ini hanya dalam pengamatan kemampuan gerakan. Metode ini memiliki akurasi yang kurang terukur. Penggunaan teknik yang obyektif penting untuk menentukan diagnosis dan prognosis diperlukan terkait pengambilan keputusan rehabilitasi klinis yang efektif.

EEG (*Electroencephalograph*) adalah alat yang mampu memberikan informasi tentang sinyal listrik pada cerebral cortex otak. EEG bisa untuk memantau proses monitoring rehabilitasi stroke terkait fungsi koordinasi motorik. Belum banyak penelitian tentang ekplorasi parameter penting yang dapat digunakan sebagai dasar dalam evaluasi proses rehabilitasi menggunakan sinyal EEG.

Oleh karena itu perlu dilakukan pengukuran secara objektif untuk mendapatkan pola koordinasi motorik pada pasien stroke menggunakan alat EEG. Jadi pasien diinstruksikan melakukan gerakan tangan menggenggam dan menekuk sesuai metode MRP sambil dilakukan perekeman sinyal otaknya menggunakan EEG. Hasil dari perekaman dilanjutkan pemrosesan sinyal dan ekstraksi fitur berdasarkan domain waktu untuk mengetahui pola sinyal EEG orang stroke. Setelah itu dilakukan analisis fitur statistik pola gerakan pada EEG. Analisis mendalam dilakukan perbandingan hasil antara rehabilitasi tahap awal sampai dengan tahap akhir rehabilitasi stroke antara pengukuran dengan EEG dan penilaian manual oleh dokter.

Pada penelitian ini disimpulkan bahwa perkembangan motorik pasien mengalami kenaikan atau penurunan seiring dengan nilai fitur statistik dari sinyal EEG yang telah direkam.

Kata kunci: Monitoring rehabilitasi, pasien stroke, koordinasi motorik, EEG

Halaman ini sengaja dikosongkan

STROKE REHABILITATION MONITORING ANALYSIS USING MOTOR RELEARNING PROGRAM METHOD USING EEG SIGNAL

By	: Aries Findra Setiawan
Student Identity Number	: 07111850067001
Supervisor(s)	: 1. Dr. Adhi Dharma Wibawa, S.T., M.T. 2. Prof. Dr. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M.Eng.

ABSTRACT

Data from WHO (World Health Organization) says there are 17 million new stroke cases recorded each year, and in the world, there are 7 million deaths caused by stroke. Stroke results in severe neurological disorders, such as a significant reduction in motor abilities of the limbs and muscles, cognitive, visual and coordination. One of them is stroke rehabilitation using the Motor Relearning Program (MRP) method, where the patient is re-taught motor skills that could once be done before having a stroke.

The process of monitoring the motor coordination function in stroke rehabilitation so far is only in observing the ability of movement. This method has less measurable accuracy. The use of scientific techniques is essential to determine the diagnosis and prognosis needed concerning making effective clinical rehabilitation decisions.

EEG (Electroencephalograph) is a tool that can provide information about electrical signals in the cerebral cortex of the brain. The EEG can monitor the process of stroke rehabilitation monitoring related to motor coordination functions. There has not been much research on the exploration of essential parameters that can be used as a basis for evaluating the rehabilitation process using EEG signals.

Therefore it is necessary to measure objectively to get motor coordination patterns in stroke patients using EEG tools. So the patient is instructed to do hand-grip and bend movements according to the MRP method while recording his brain signals using EEG. The results of the recording are continued signal processing and feature extraction based on the time domain to find out the EEG signal pattern of the stroke person. After that, an analysis of the statistical features of the movement patterns on the EEG was performed. In-depth analysis is carried out comparing the results of rehabilitation between the initial stage to the final stage of stroke rehabilitation between a measurement with EEG and a manual assessment by a doctor.

In this study, it was concluded that the patient's motor development increased or decreased along with the statistical feature values of the recorded EEG signal.

Key words: monitoring, stroke rehabilitation, motor coordination, EEG

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT, kita memuji kepada-Nya, meminta ampunan kepada-Nya, meminta pertolongan serta petunjuk-Nya. Shalawat dan salam disampaikan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, keluarga, sahabat, dan semua yang mengikuti petunjuknya. Alhamdulillah, atas berkat rahmat Allah SWT, penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul : Monitoring Rehabilitasi Stroke Dengan Metode Motor Relearning Program Menggunakan Sinyal EEG.

Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Magister Teknik dalam bidang keahlian Telematika-PETIK, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan ucapan terimakasih kepada :

1. Ibuku Pudji Astutik, Bapak Mertua Mahfudz Bakrie dan Ibu Mertua Siti Baroroh atas doa doanya selama ini yang tak pernah putus.
2. Istriku Dewi Hajar dan anakku Devin Rizky yang terus memberi support dan rela menjalani hidup berjauhan selama kuliah dua tahun ini.
3. Bapak Dr. Adhi Dharma Wibawa, S.T., M.T. dan Bapak Prof. Dr. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M.Eng selaku dosen pembimbing, terimakasih atas bimbingan, saran, masukan, motivasi dan doa yang telah diberikan sehingga penulis merasa mengerti, memahami dan mendalami apa yang dikerjakan selama penelitian hingga akhirnya selesai.
4. Para Dosen Program Magister, Bidang Keahlian Telematika, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro dan Sistem Cerdas, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya atas ilmu, inspirasi, motivasi, dan pengalaman yang diberikan selama penulis menempuh studi.
5. Bapak Dr. I Ketut Eddy Purnama, ST., MT. selaku Dekan Fakultas Teknologi Elektro dan Sistem Cerdas, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

6. Kementerian Komunikasi dan Informatika serta Dinas Kesehatan Kabupaten Tulungagung atas kesempatan yang diberikan untuk melanjutkan studi ke jenjang Pascasarjana di Fakultas Teknologi Elektro dan Sistem Cerdas, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
7. Sahabat Berbagi Kisah Hidup : Muhammad Anas Faishol, Made Dwi Novitasari, Ma'lufatul Maisuroh, Haryani Ambarwati yang sudah seperti keluarga yang selalu mengingatkan dan memberikan motivasi selama perkuliahan.
8. Teman-teman program Pascasarjana khususnya Program Pengelola TIK Pemerintahan Angkatan 2018 atas kebersamaan dan pengalaman yang luar biasa ini.
9. Seluruh Dosen dan staf sekretariat Program Magister Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro dan Sistem Cerdas, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya atas kerjasama dan dukungannya selama penyelesaian studi.
10. Semua pihak yang telah membantu, mendoakan dan memberikan motivasi dan dorongan serta doa yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Surabaya, Juli 2020

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TESIS iii

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS v

ABSTRAK vii

ABSTRACT ix

KATA PENGANTAR xi

DAFTAR ISI xiii

DAFTAR GAMBAR xv

DAFTAR TABEL xvii

BAB 1 PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan 3
1.4 Batasan Masalah 4
1.5 Kontribusi 4

BAB 2 KAJIAN PUSTAKA 5

2.1 Kajian Penelitian Terkait 5
2.2 Stroke 6
2.2.1 Rehabilitasi Stroke 6
2.2.2 Koordinasi motorik 7
2.2.3 Metode Fisioterapi : Motor Relearning Program 8
2.2.4 Monitoring Rehabilitasi Stroke 9
2.3 Electroencephalograph (EEG) 12
2.3.1 Sistem International 10-20 pada Perekaman Sinyal EEG 15
2.3.2 Independent Component Analysis (ICA) 17
2.3.3 Ekstraksi Fitur EEG 17

BAB 3 METODE PENELITIAN 19

3.1 Perekaman Data EEG 19

3.1.1 Partisipan 19
3.1.2 Alat dan Bahan Penelitian 20
3.1.3 Alur Perekaman Data 22
3.2 Preprocessing Data EEG 22
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN 25
4.1. Hasil Perekaman Data EEG 25
4.2. Hasil Preprocessing Data EEG 27
4.2.1. Hasil Independent Component Analysis (ICA) 27
4.2.2. Hasil Filter 50 Hz 28
4.2.3. Pemotongan Data 28
4.3. Hasil Ekstraksi Fitur 29
4.4. Hasil Analisa Data 35
BAB 5 KESIMPULAN 37
DAFTAR PUSTAKA 39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Macam-macam gelombang otak manusia 14
Gambar 2.2 Metode pengukuran untuk menentukan lokasi electrode berdasarkan system 10-20 16
Gambar 2.3 Sistem Peletakan Elektrode 10-20 [19] 16
Gambar 2.4 Lokasi peta fungsi otak 17
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian 19
Gambar 3.2 Tampilan Awal OpenBCI GUI 21
Gambar 3.3 Tampilan Utama OpenBCI GUI 21
Gambar 3.4 Alur Perekaman Data EEG 22
Gambar 4.1 Perekaman Data Sinyal EEG 26
Gambar 4.2 Raw Data Perekaman EEG 26
Gambar 4.3 Hasil Proses ICA 27
Gambar 4.4 Hasil Filter 50 Hz 28
Gambar 4.5 Tampilan proses pemotongan data 28

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Fokus rehabilitasi stroke menurut ICF [16] 9

Tabel 2. 2 Klasifikasi metode monitoring stroke menurut fungsinya [16] 10

Tabel 2. 3 Monitoring motor cortex pada pasien stroke menggunakan EEG[18]..... 11

Tabel 2. 4 Parameter yang dipilih dari fitur statistikal domain waktu [20]..... 18

Tabel 4.1 Detail Partisipan 25

Tabel 4.2 Hasil ekstraksi fitur Partisipan 3 gerakan genggam band Alpha 29

Tabel 4.3 Hasil ekstraksi fitur Partisipan 3 gerakan genggam band Alpha High..... 30

Tabel 4.4 Hasil ekstraksi fitur Partisipan 3 gerakan genggam band Alpha Low 30

Tabel 4.5 Hasil ekstraksi fitur Partisipan 3 gerakan genggam band Beta..... 30

Tabel 4.6 Hasil ekstraksi fitur Partisipan 3 gerakan genggam band Beta High 31

Tabel 4.7 Hasil ekstraksi fitur Partisipan 3 gerakan genggam band Beta Low. 31

Tabel 4.8 Hasil ekstraksi fitur Partisipan 3 gerakan genggam band Theta 32

Tabel 4.9 Ekstraksi Fitur pada Partisipan 1 gerakan genggam..... 32

Tabel 4.10 Ekstraksi Fitur pada Partisipan 1 gerakan siku 33

Tabel 4.11 Ekstraksi Fitur pada Partisipan 2 gerakan genggam..... 33

Tabel 4.12 Ekstraksi Fitur pada Partisipan 2 gerakan siku 34

Tabel 4.13 Ekstraksi Fitur pada Partisipan 3 gerakan genggam..... 34

Tabel 4.14 Ekstraksi Fitur pada Partisipan 3 gerakan siku 35

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penyakit tidak menular (degeneratif) merupakan penyebab kematian terbanyak di Indonesia. Salah satu penyebab kematian terbanyak adalah Stroke. Menurut Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) Tahun 2018 ada peningkatan prevalensi dari riset sebelumnya di tahun 2013 yaitu dari 7% menjadi 10,7%. Di seluruh dunia, stroke merupakan 10% penyebab kematian dan penyebab kecacatan (disability), tanpa penanggulangan dan pencegahan yang tepat stroke dapat menjadi penyebab keempat dari kecacatan pada tahun 2030[1].

Data WHO (*World Health Organization*) menyebutkan terdapat 17 juta kasus stroke baru yang tercatat tiap tahunnya dan di dunia terjadi 7 juta kematian yang disebabkan oleh stroke. Di Indonesia, jumlah penderita stroke mengalami peningkatan setiap tahunnya. Jumlah penduduk Indonesia pada tahun 2014 mencapai 252 juta penduduk dan terdapat 3.049.200 di antaranya yang menderita penyakit stroke. Jika dibandingkan dengan jumlah penduduk Brunei Darussalam yang berjumlah sekitar 400 ribu jiwa, penderita stroke di Indonesia bisa diibaratkan 6 kali lipat dari jumlah penduduk negara tersebut.

Stroke adalah kondisi yang terjadi ketika pasokan darah ke otak terganggu atau berkurang akibat penyumbatan (stroke iskemik) atau pecahnya pembuluh darah (stroke hemoragik). Tanpa darah, otak tidak akan mendapatkan asupan oksigen dan nutrisi, sehingga sel-sel pada sebagian area otak akan mati. Kondisi ini menyebabkan bagian tubuh yang dikendalikan oleh area otak yang rusak tidak dapat berfungsi dengan baik. Umumnya stroke yang diakibatkan oleh penyumbatan atau penyempitan pembuluh darah memiliki risiko kematian yang kecil tapi kecacatan yang tinggi, sedangkan stroke akibat perdarahan angka kematiannya tinggi.

Rehabilitasi medik pada penderita stroke atau rehabilitasi stroke, sangat penting dalam memulihkan kemampuan serta kekuatan gerak tubuh dan meningkatkan kualitas hidup. Dengan demikian, diharapkan melalui rehabilitasi stroke, bisa menstabilkan kondisi medik, mengontrol kondisi yang dapat

mengancam jiwa, membatasi komplikasi terkait stroke, dan mencegah datangnya stroke timbul kembali di kemudian hari. Selain itu, juga dapat kembali mandiri untuk melakukan kegiatan sehari-hari. Pendekatan pada rehabilitasi stroke mencakup aktivitas fisik, seperti latihan keterampilan motorik, serta pendekatan rehabilitasi kognitif dan emosional.

Pada kegiatan rehabilitasi stroke, intinya adalah mengembalikan fungsi motorik pasien. Artinya fokus untuk memulihkan fungsi koordinasi motorik yang melemah karena gangguan disabilitas dari stroke. Untuk mengatasi problem fisik yang berperan adalah program fisioterapi dan terapi okupasi [2]. Proses ini melibatkan serangkaian program dan latihan serta alat bantu dan tenaga medis untuk memberikan hasil yang maksimal.

Tahapan terpenting dari program rehabilitasi adalah monitoring dan evaluasi. Hal ini untuk mengamati dan mengukur sejauh mana efektifitas strategi yang diterapkan pada program rehabilitasi menurut parameter yang ditentukan. Secara umum metode yang digunakan di proses monitoring ini adalah menggunakan skala standar klinis seperti ARAT (*Action Research Arm Test*), *Barthel Indeks* dan sejenisnya. Menurut skala standar klinis, potensi terbesar untuk puluh adalah sekitar bulan ke 2 – 5 setelah stroke, terkadang hingga bulan ke enam [3]. Akan tetapi, metode ini kurang sensitif untuk mendeteksi perubahan kecil yang terjadi, padahal perubahan sekecil apapun penting untuk proses monitoring. Selain itu, metode ini memiliki unsur subyektifitas yang tinggi [4], tergantung dari pengamatan penilai. Metode ini tentunya memiliki akurasi yang kurang terukur.

Penggunaan alat EEG dapat menjadi alternatif dalam proses monitoring dan evaluasi rehabilitasi pasien stroke. Elektroensefalograf (EEG) adalah alat yang bisa merekam aktifitas elektrik di sepanjang kulit kepala. EEG mengukur fluktuasi tegangan yang dihasilkan oleh arus ion di dalam neuron otak [5]. Namun masih sedikit penelitian tentang hal ini, maka perlu dilakukan penelitian yang lebih mendalam sebelum metode ini bisa diaplikasikan.

Analisis hasil pengukuran EEG berbasis gerakan sebelumnya sudah dilakukan oleh T. Platz, dkk [23] pada tahun 2000. Dimana pada penelitian tersebut menyebutkan bahwa nilai hasil pengukuran EEG pasien stroke sangat dipengaruhi

oleh perubahan spesifik dalam aktifitas listrik otak selama persiapan gerakan atau pada gerakan eksekusi.

Pada penelitian ini, penulis mencoba melakukan pengamatan terhadap pola koordinasi motorik pasien stroke melalui pengukuran secara obyektif. Pengukuran obyektif ini dilakukan menggunakan alat EEG. Sensor EEG dipasang dengan menempelkan elektroda pada permukaan kepala pasien stroke. Hasil ekstraksi fitur menggunakan domain frekuensi waktu dari EEG akan digunakan untuk menentukan pola koordinasi motorik pada pasien stroke. Pasien stroke diamati pola koordinasi motoriknya dari tahap awal rehabilitasi hingga sampai tahap akhir rehabilitasi. Diharapkan hasil yang diperoleh bisa digunakan untuk menentukan tingkat keberhasilan proses rehabilitasi pada pasien stroke.

1.2 Rumusan Masalah

Rehabilitasi merupakan hal yang penting pasca serangan stroke. Saat ini, dokter mengamati progres pasien masih menggunakan cara visual dan pencatatan manual sehingga aspek perubahan mikro seperti kecepatan respon, kekuatan, akurasi dll, tidak akan bisa tertangkap dalam proses rehabilitasi stroke. Dengan EEG, rehabilitasi akan dapat dimonitor secara lebih akurat dengan parameter yang lebih bisa dijadikan acuan dalam pengukuran. Maka EEG diperlukan untuk mendapatkan pola sinyal pasien rehabilitasi stroke yang kemudian dianalisa dan dibandingkan dengan penilaian dokter secara manual.

1.3 Tujuan

Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui perkembangan pola motorik pasien stroke dari tahap awal rehabilitasi hingga tahap akhir mengikuti durasi yang ditetapkan di rumah sakit menggunakan ekstraksi sinyal EEG. Dimana hasil dari penelitian nantinya bisa digunakan untuk parameter dasar monitoring rehabilitasi pasien stroke terkait fungsi koordinasi motorik menggunakan sinyal EEG.

Selain itu juga untuk menyediakan data yang terukur sebagai penunjang tenaga medis dalam menilai tingkat keberhasilan rehabilitasi medik yang selama ini diamati secara visual saja.

1.4 Batasan Masalah

Untuk memfokuskan penelitian, masalah dibatasi hanya pada hal-hal berikut :

1. Penelitian dilakukan pada responden yang mengalami penyakit stroke iskemik dan berada dalam proses rehabilitasi stroke.
2. Pasien mengalami masalah plastisitas pada lengan kanan atau kiri
3. Jumlah responden 3 orang dipantau secara kualitatif.
4. Perintah yang diujikan pada penelitian ini ada 2 gerakan sesuai metode motor relearning program, yaitu menggenggam, dan menekuk tangan.

1.5 Kontribusi

Penelitian ini bisa berkontribusi pada dunia kedokteran khususnya dalam proses rehabilitasi pasien stroke. Dengan hasil penelitian ini bisa mendorong penggunaan alat EEG sebagai penunjang dalam monitoring dan assesment proses rehabilitasi. Penggunaan alat EEG dalam proses monitoring rehabilitasi pasien stroke bisa memberikan penilaian yang lebih akurat terkait fungsi motorik pasien daripada metode yang selama ini digunakan yaitu dengan penilaian secara visual saja. Penerapan alat EEG ini secara luas bisa mendorong peningkatan efektifitas program rehabilitasi stroke. Bukan tidak mungkin hasil penelitian ini bisa memperbesar kesempatan pasien stroke untuk bisa beraktifitas secara normal atau pada kondisi fisik awal sebelum terkena stroke.

BAB 2
KAJIAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dibahas tentang semua materi yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan di dalam berbagai referensi. Disini akan dijelaskan tentang teknik, alat atau teknologi yang akan dan/atau telah digunakan dalam penelitian yang akan/sedang dilaksanakan. Uraian yang ditulis bertujuan untuk menyusun kerangka pendekatan atau konsep yang diterapkan dalam penelitian.

2.1 Kajian Penelitian Terkait

Pada tahun 2014, E. Monge-Pereira dkk [6] meneliti tentang metode assesment pasien pasca stroke dengan menggunakan EEG. Dari penelitian tersebut dia menyimpulkan bahwa analisis EEG berbasis persiapan gerakan dan eksekusi dengan membandingkan pasien stroke berguna untuk menentukan diagnosis dan memprediksi hasil. Aktivasi kortikal yang hampir normal dikaitkan dengan fungsionalitas yang lebih baik, dan perkembangan menuju karakteristik normal dari aktivasi kortikal menunjukkan bahwa terapi telah efektif. Setelah melewati beberapa perkembangan yang baik maka pasien dikeluarkan dari program rehabilitasi setelah dinilai menggunakan skala standar. Dengan EEG bisa didapatkan hasil yang peka dengan perubahan-perubahan sekecil apapun, dengan demikian berguna untuk mendukung penilaian (assesment) pada pasien, efektifitas intervensi dan prognosis yang tepat untuk memfasilitas pengambilan keputusan dalam praktik klinis.

Dalam penelitian Salvatore Giaquinto, MD dkk [7] disebutkan bahwa EEG yang terukur dapat berguna untuk pasien yang sedang menjalani rehabilitasi stroke sehingga bisa memantau mekanisme perbaikan fungsi motorik otak dan bisa untuk mengungkapkan kelainan yang tidak terdeteksi oleh evaluasi klinis kasar.

Sedangkan pada tahun 2017, Gadi Bartur dkk [8] berusaha mengembangkan EEG marker yang real time untuk mendapatkan angka BEI (Brain Engagement Index) atau Indeks Keterlibatan Otak pada kegiatan rehabilitasi stroke. Dan didapatkan hasil bahwa jika angka BEI tinggi maka perubahan fungsi motorik yang

disebabkan dari sesi rehabilitasi bisa bertambah lebih baik. Hal ini menunjukkan bahwa dengan metode yang tepat penggunaan EEG dalam proses rehabilitasi stroke bisa menambah tingkat keberhasilan pemulihan pasien.

2.2 Stroke

Penyakit stroke adalah gangguan fungsi otak akibat aliran darah ke otak mengalami gangguan (berkurang). Akibatnya, nutrisi dan oksigen yang dbutuhkan otak tidak terpenuhi dengan baik [9]. Penyebab stroke ada 2 macam, yaitu adanya sumbatan di pembuluh darah (trombus), dan adanya pembuluh darah yang pecah. Umumnya stroke diderita oleh orang tua, karena proses penuaan menyebabkan pembuluh darah mengeras dan menyempit (arteriosclerosis) dan adanya lemak yang menyumbat pembuluh darah (atherosclerosis). Tapi beberapa kasus terakhir menunjukkan peningkatan kasus stroke yang terjadi pada usia remaja dan usia produktif (15-40 tahun). Pada golongan ini, penyebab utama stroke adalah stress, penyalahgunaan narkoba, alkohol, faktor keturunan, dan gaya hidup yang tidak sehat [10].

2.2.1 Rehabilitasi Stroke

Stroke memiliki efek yang buruk bagi kesehatan kita semua. Rehabilitasi mempunyai peran penting dalam pemulihan kesehatan pasien pasca stroke. Dalam proses rehabilitasi terdiri dari beberapa latihan fisik untuk melihat fungsi motorik dari pasien. Rehabilitasi merupakan mekanisme untuk pemulihan saraf dan kortikal dari stroke. Dengan metodologi berbasis bukti (evidence-based) menjadi tolok ukur keberhasilan pemulihan pasien dari stroke. Diharapkan dengan proses rehabilitasi, pasien stroke fungsi motorik akan terus membaik seperti sediakala [11].

Tujuan rehabilitasi stroke adalah lebih ke arah meningkatkan kemampuan fungsionalnya daripada ke arah memperbaiki defisit neurologisnya, atau mengusahakan agar penderita sejauh mungkin dapat memanfaatkan kemampuan sisanya untuk mengisi kehidupan secara fisik, emosional, dan sosial ekonomi dengan baik [12].

Menurut WHO, rehabilitasi ialah semua tindakan yang ditujukan untuk mengurangi dampak disabilitas/handicap, agar memungkinkan penyandang cacat

berintegrasi dengan masyarakat. Prinsip rehabilitasi medik pada stroke ialah mengusahakan agar sedapat mungkin pasien tidak bergantung pada orang lain. Bagi pasien yang telah mendapat serangan stroke, intervensi rehabilitasi medis sangat penting untuk mengembalikan pasien pada kemandirian mengurus diri sendiri dan melakukan aktivitas kehidupan sehari-hari tanpa menjadi beban bagi keluarganya Menurut definisi WHO, jelaslah bahwa yang ditanggulangi rehabilitasi medis adalah problem fisik dan psikis. Untuk mengatasi problem fisik yang berperan adalah program fisioterapi dan terapi okupasi. Keduanya sebetulnya mempunyai kesamaan dalam sasaran, dengan sedikit perbedaan bahwa terapi okupasi juga melatih aktivitas kehidupan sehari-hari dan melakukan prevokasional untuk mengarahkan pasien pada latihan kerja bila terpaksa alih pekerjaan [13].

2.2.2 Koordinasi motorik

Koordinasi motorik atau kontrol motorik adalah pengaturan sistematis gerakan pada organisme yang memiliki sistem saraf. Kontrol motor mencakup fungsi gerakan yang dapat dikaitkan dengan refleks dan kemauan. Kontrol motorik sebagai bidang studi terutama merupakan sub-disiplin psikologi atau neurologi.

Teori-teori psikologis baru tentang kontrol motorik menyajikannya sebagai proses dimana manusia dan hewan menggunakan otak / kognisi mereka untuk mengaktifkan dan mengoordinasikan otot dan anggota tubuh yang terlibat dalam kinerja keterampilan motorik. Dari perspektif psikologis, koordinasi motorik pada dasarnya adalah integrasi informasi sensorik untuk menentukan serangkaian kekuatan otot yang tepat dan aktivasi sendi untuk menghasilkan beberapa gerakan atau tindakan yang diinginkan. Proses ini membutuhkan interaksi kooperatif antara sistem saraf pusat dan sistem muskuloskeletal, dan dengan demikian koordinasi motorik merupakan masalah pemrosesan informasi, koordinasi, mekanika, fisika, dan kognisi. Koordinasi motorik yang baik sangat penting bagi manusia untuk berinteraksi dengan sekitar, tidak hanya menentukan kemampuan tindakan, tetapi juga mengatur keseimbangan dan stabilitas. Koordinasi motorik dibutuhkan dalam aktivitas sehari-hari seperti berjalan, mengetik, mengambil gelas, dan sebagainya sehingga gangguan fungsi ini dapat memengaruhi kualitas hidup seseorang.

Organisasi dan produksi gerakan adalah masalah yang kompleks, sehingga studi tentang kontrol motorik telah dikaji dari berbagai disiplin ilmu, termasuk psikologi, ilmu kognitif, biomekanik, dan ilmu saraf. Sementara studi modern tentang kontrol motorik adalah bidang yang semakin lintas disiplin, pertanyaan penelitian secara historis didefinisikan sebagai fisiologis atau psikologis, tergantung pada apakah fokusnya adalah pada sifat fisik dan biologis, atau aturan organisasi dan struktural. Bidang studi yang berkaitan dengan kontrol motorik adalah koordinasi motorik, pembelajaran motorik, pemrosesan sinyal, dan teori kontrol persepsi.

2.2.3 Metode Fisioterapi : Motor Relearning Program

Motor Relearning Program (MRP) adalah metode rehabilitasi stroke dengan melatih ulang kontrol motor berdasarkan pemahaman tentang pergerakan normal & analisis disfungsi motorik. MRP menekankan pada praktek latihan gerak tertentu, pelatihan kontrol kognitif atas otot dan gerak. Komponen aktifitas gerak disesuaikan dengan gerakan sehari-hari. Intinya mempelajari gerakan yang sudah dikuasai pasien sebelum terserang stroke.

Keunggulan MRP antara lain dapat mengenali pola dan menganalisis pola motorik pasien stroke, tidak perlu melakukan serangkaian latihan fisik tapi bisa dipilih komponen latihan yang paling dan mengena kepada pasien, bisa langsung dijelaskan kepada pasien melalui ucapan dan percontohan gerakan, kinerja pasien bisa langsung dipantau dan diberikan feedback.

Salah satu bagian tubuh yang dilatihkan dengan metode MRP adalah tubuh bagian atas, dalam hal ini tangan atau lengan. Karena dari tangan bisa didapat informasi sensorik serta kemampuan untuk melakukan postur pada seseorang. Adapun gerakan yang bisa dilakukan adalah gerakan menggenggam tangan, gerakan mengangkat tangan ke samping tubuh (abduksi), gerakan membuka menutup lengan ke atas atau ke bawah (fleksi). Fungsi utama tangan adalah memegang, melepaskan dan memanipulasi obyek.

2.2.4 Monitoring Rehabilitasi Stroke

Rehabilitasi Stroke dipercaya sebagai cara paling efektif dalam rangka pemulihan dan reorganisasi kortikal dengan menggabungkan prinsip-prinsip pembelajaran motorik secara berulang pada pasien secara intensif. Untuk mengetahui tingkat keberhasilan rehabilitasi diperlukan monitoring dengan melihat dan mengamati serta melakukan pengukuran dan penilaian sejauh mana tingkat keberhasilan rehabilitasi.

Pada dunia medis, tahap monitoring rehabilitasi stroke sering disebut dengan *stroke rehabilitation assessment*. Pada tahap ini dilakukan pengukuran serta evaluasi hasil dari proses rehabilitasi. Van der Putten menegaskan bahwa tahapan ini memainkan peranan penting untuk menilai efektifitas proses rehabilitasi berdasarkan bukti kesehatan yang tersedia [14].

Framework ICF (*International Classification of Functioning, Disability and Health*) [15] yang dikeluarkan oleh WHO mengidentifikasi 3 fungsi utama dari manusia yang menjadi fokus dari proses rehabilitasi, yaitu *body functions/ structure, activities* dan *participation.* Penjelasan lengkap pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Fokus rehabilitasi stroke menurut ICF [16]

Old Terminology	New Terminology	Definition
Impairment	Body function/structure	-Physiological functions of body systems including psychological. Structures are anatomical parts or regions of their bodies and their components. Impairments are problems in body function or structure.
Disability	Activity	-The execution of a task by an individual. Limitations in activity are defined as difficulties an individual might experience in completing a given activity.
Handicap	Participation	-Involvement of an individual in a life situation. Restrictions to participation describe difficulties experienced by the individual in a life situation or role.

2.2.4.1 Metode Monitoring Subjektif

Berdasarkan review yang dilakukan S. Katherine dkk [16], ada banyak metode skala standar klinis yang umum digunakan untuk monitoring rehabilitasi stroke. Total ada 38 metode penilaian yang bisa digunakan. Berbagai metode ini

bisa diklasifikasikan dalam *body functions/structure* (14), *activities* (15) dan *participation outcomes*(9) sebagaimana pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Klasifikasi metode monitoring stroke menurut fungsinya [16]

Body structure (*impairments*)	**Activities (*limitations to activity–disability*)**	**Participation (*barriers to participation--handicap*)**
Beck Depression Inventory Behavioral Inattention Test Canadian Neurological Scale Clock Drawing Test Frenchay Aphasia Screening Test Fugl-Meyer Assessment General Health Questionnaire -28 Geriatric Depression Scale Hospital Anxiety and Depression Scale Line Bisection Test Mini Mental State Examination Modified Ashworth Scale Montreal Cognitive Assessment Motor-free Visual Perception Test National Institutes of Health Stroke Scale	Action Research Arm Test Barthel Index Berg Balance Scale Box and Block Test Chedoke McMaster Stroke Assessment Scale Chedoke Arm and Hand Activity Inventory Clinical Outcome Variables Scale Functional Ambulation Categories Functional Independence Measure Frenchay Activities Index Motor Assessment Scale Nine-hole Peg Test Rankin Handicap Scale Rivermead Mobility Scale Rivermead Motor Assessment	Canadian Occupational Performance Measure EuroQol Quality of Life Scale LIFE-H London Handicap Scale Medical Outcomes Study Short- Form 36 Nottingham Health Profile Reintegration to Normal Living Index Stroke Adapted Sickness Impact Profile Stroke Impact Scale Stroke Specific Quality of Life
Orpington Prognostic Scale Stroke Rehabiliation Assessment of Movement	Six Minute Walk Test Timed Up and Go Wolf Motor Function Test	

Total ada 15 metode monitoring rehabilitasi stroke yang cocok digunakan untuk identifikasi keterbatasan aktivitas dalam melakukan gerakan. Metode ini dilakukan dengan mengamati kemampuan gerakan atau fungsi koordinasi motorik pasien terhadap serangkian tes gerakan yang di ujicobakan menurut pola tertentu.

2.2.4.2 Metode Monitoring Obyektif

Neuroimaging technique menggunakan pendekatan alat-alat modern untuk monitoring rehabilitasi stroke, seperti functional magnetic resonance imaging (fMRI), transcranial magnetic stimulation (TMS), dan positron emission tomography (PET). Teknik ini memberikan informasi penting dalam hal diagnosis dan pengambilan keputusan klinis [17]. Analisis aktivitas cortical menggunakan alat ini telah memperluas pengetahuan manusia tentang mekanisme rehabilitasi motorik. Alat ini membantu kita merancang strategi pengobatan baru dan memiliki hasil pengukuran yang sensitif. Namun, alat-alat ini tidak selalu dapat diakses oleh semua orang karena mahal dan ketersediaan terbatas.

Sebagaimana alat neuroimaging modern, EEG memiliki kemampuan untuk melakukan diagnosis dan monitoring rehabilitasi stroke, tapi dengan biaya yang lebih murah, sederhana dan portable. EEG menyediakan perspektif tentang perubahan neuroplastic dalam hal pemulihan motorik, sehingga memungkinkan untuk menilai efektivitas program rehabilitasi dan memfasilitasi pengambilan keputusan klinis. EEG memiliki potensi untuk memaksimalkan pemulihan pasien disabilitas motorik dengan mencegah *maladaptive plasticity* dan mendorong pengembangkan intervensi baru untuk memodulasi *cerebral function* [18]. Berbagai penelitian terkait potensi EEG untuk proses monitoring *motor cortex* pada pasien stroke bisa dilihat pada tabel 2.3 sebagai berikut :

Tabel 2. 3 Monitoring motor cortex pada pasien stroke menggunakan EEG[18]

Table 3 Summary of scientific evidence using EEG to assess motor cortex in stroke patients.

Reference	Stroke phase	MRCP findings	Oscillation findings	Event
Pfurtscheller et al.[64,65]	Subacute		ERD attenuated in the affected hemisphere	Movements of the affected hand
Platz et al.[44]	Acute and subacute	Contralateral and frontal MRCPs during movement preparation (motor and premotor cortices involvement)	Occipital β-ERD during movement preparation (less involvement of visual areas, movement ideation) Frontal and ipsilateral α-ERD during movement execution	Movements of the affected hand
Serrien et al.[66]	Chronic		Information flows from the ipsilateral hemisphere to the contralateral hemisphere (affected)	Movements of the affected hand
Wiese et al.[67]	Chronic	Amplitude is significantly reduced in the affected hemisphere during movement preparation. Significant increase in the unaffected hemisphere during execution		Movements of the index finger of the affected hand
Daly et al.[68]	Chronic	Increased amplitude in the sensorimotor cortices and frontal areas		Reaching task
Gerloff et al.[69]	Chronic		During execution, α-ERD and β-ERD are decreased in the affected hemisphere and increased in the unaffected hemisphere	Movements of the affected hand
Fattapposta et al.[70]	Subacute (follow-up of one year)	Higher amplitude at the end of follow-up		Movements of the affected hand
Stępień et al.[72]	Acute		μ-ERD of higher amplitude in the ipsilateral hemisphere than in the affected hemisphere during execution.	Movements of the affected hand
Dean et al.[73]	Chronic	Amplitude is reduced in the affected hemisphere during movement preparation.		
Ibáñez et al.[74]	Chronic		Patient with better functionality, ERD in the affected hemisphere during preparation which becomes bilateral during execution	Reaching task

ERD, event-related desynchronisation; ERS, event-related synchronisation; MRCPs, movement-related cortical potentials; α, β, and μ, frequency bands which show the oscillations.

2.2.4.3 Manual Muscle Test (MMT)

Manual Muscle Testing (MMT) adalah metode pengukuran kekuatan otot paling popular dan banyak digunakan oleh fisioterapis. Suatu usaha untuk menentukan dan mengethaui kemampuan seseorang dalam mengkontraksikan otot/grup otot secara voluntary/disadari. Metode ini mengukur kekuatan otot secara manual dengan menggunakan tangan tanpa alat khusus. Dalam pemeriksaan MMT, fisioterapis akan menggerakkan bagian tubuh tertentu dan pasien akan diminta menahan dorongan tersebut, lalu nilai atau skor akan dicatat sesuai dengan penilai berdasarkan skala MMT. Penilaian kekuatan otot ini mempunyai rentang nilai 0-5.

MANUAL MUSCLE TESTING (MMT):

Nilai 0 : Tidak ada kontraksi atau tonus otot sama sekali.

Nilai 1 : Terdapat kontraksi atau tonus otot tetapi tidak ada gerakan sama sekali.

Nilai 2 : Mampu melakukan gerakan namun belum bisa melawan gravitasi.

Nilai 3 : Mampu bergerak dengan lingkup gerak sendi secara penuh dan melawan gravitasi tetapi belum bisa melawan tahanan minimal

Nilai 4 : Mampu bergerak penuh melawan gravitasi dan dapat melawan tahanan sedang

Nilai 5 : Mampu melawan gravitasi dan mampu melawan tahanan maksimal.

2.3 Electroencephalograph (EEG)

EEG adalah suatu instrumen yang digunakan untuk mengukur, merekam dan memonitor aktifitas elektrik di sepanjang kulit kepala melalui penempatan elektroda di kepala. EEG mengukur fluktuasi tegangan yang dihasilkan oleh arus ion di dalam neuron otak [12].

Secara garis besar alat ini melakukan 2 hal pokok yaitu 1) menguatkan signal listrik pada otak yang bertegangan sangat rendah, 2) menampilkan aktivitas listrik pada otak manusia dalam bentuk grafik. Data mentah hasil pengukuran EEG berbentuk rekaman gelombang elektrik sel saraf. EEG bisa digunakan dalam dunia medis untuk mengetahui adanya gangguan fisiologi fungsi otak.

Jaringan otak manusia menghasilkan gelombang listrik yang berfluktuasi. Neuron-neuron di korteks otak mengeluarkan gelombang listrik dengan voltase

yang sangat kecil (mV). Berdasarkan frekwensinya, gelombang otak diklasifikasikan sebagai berikut [22] :

1. Gamma (31 - 100 Hz)

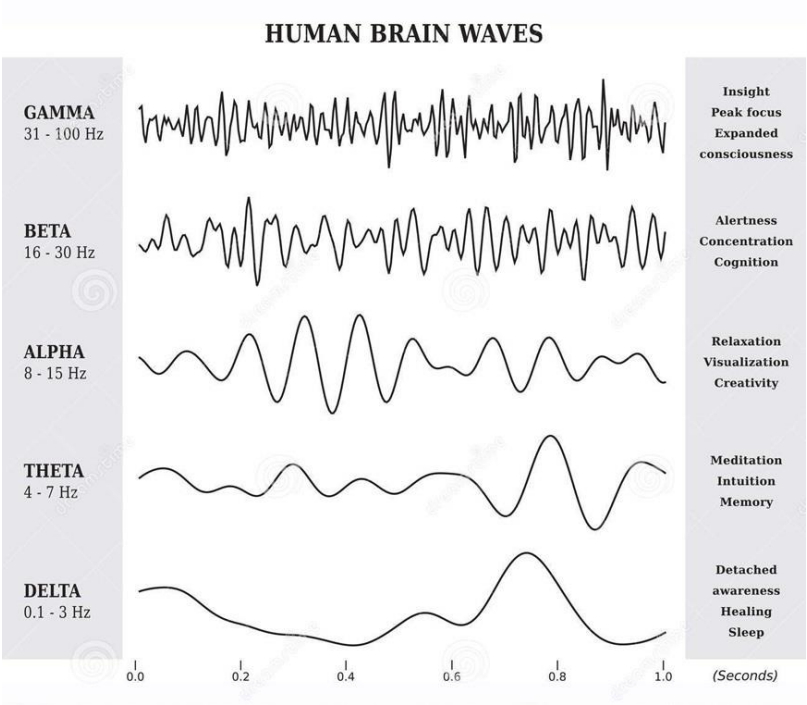
Gelombang Gamma cenderung merupakan yang terendah dalam amplitudo dan gelombang paling cepat. Gelombang ini muncul pada saat seseorang mengalami aktifitas mental yang sangat tinggi, misalnya sedang berada di arena pertandingan, perebutan kejuaraan, tampil dimuka umum, sangat panik, ketakutan, kondisi ini dalam kesadaran penuh.

2. Beta (16 - 30 Hz)

Merupakan Gelombang Otak (Brainwave) yang muncul pada saat seseorang mengalami aktifitas mental yang terjaga penuh. Misal ketika melakukan aktivitas sehari-hari dan berinteraksi dengan orang lain. Frekwensi beta adalah keadaan pikiran saat ini, missal ketika duduk membaca artikel di depan komputer.

3. Alpha (8 - 15 Hz)

Gelombang Alpha muncul ketika seseorang sedang berada kondisi yang tenang ataupun melamun. Semua kecemasan yang ada pada gelombang Delta dan Theta akan menghilang ketika seseorang dapat mengatur gelombang Alphanya dengan baik. seseorang yang memiliki gelombang Alpha yang lebih baik dibandingkan Beta seringkali diasosiasikan dengan “peak performance”. Biasanya orang-orang dengan Gelombang Alpha yang tinggi memiliki tingkat konsentrasi yang baik dan emosi yang stabil.



Gambar 2.1. Macam-macam gelombang otak manusia

4. Theta (4 - 7 Hz)

Gelombang otak yang terjadi pada saat seseorang mengalami tidur ringan, atau sangat mengantuk. Tanda-tandanya napas mulai melambat dan dalam. Selain orang yang sedang diambang tidur, beberapa orang juga menghasilkan Gelombang ini saat trance, hypnosis, meditasi dalam, berdoa, menjalani ritual agama dengan khusyu.

5. Delta (0,1 – 3 Hz)

Gelombang Otak yang memiliki amplitudo yang besar dan frekwensi yang rendah, yaitu dibawah 3 hz. Biasanya gelombang ini muncul pada saat seseorang dalam kondisi tertidur pulas dan tanpa mimpi. Selain itu, tidak ada informasi dari luar yang dapat masuk ke otak. Oleh karena itu, Gelombang Delta sendiri seringkali diasosiasikan dengan fase regenerasi dan pemulihan diri.

Dari 5 gelombang yang dihasilkan oleh otak berdasarkan rentang frekuensi, penelitian ini akan menganalisa 2 gelombang yaitu beta dan alpha untuk diproses lebih lanjut ke dalam ekstraksi fitur. Untuk gerak motorik yang harus

dilakukan secara sadar, 2 gelombang ini memiliki peran yang signifikan. Lebih jelas lihat gambar 2.1.

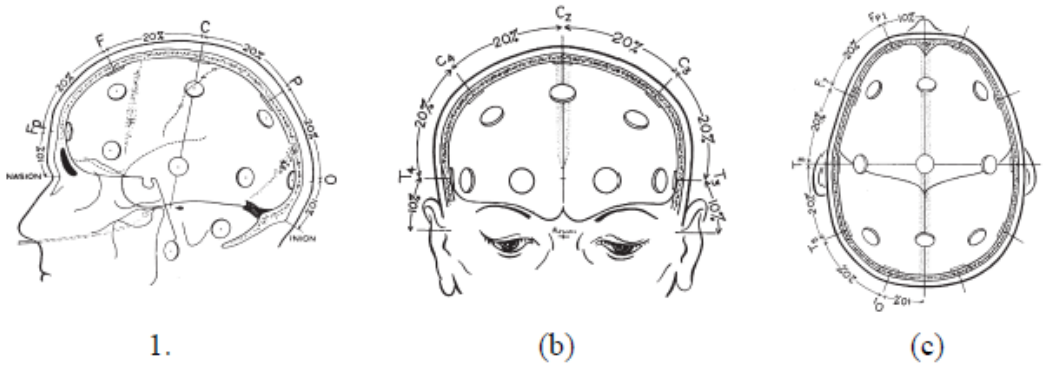
2.3.1 Sistem International 10-20 pada Perekaman Sinyal EEG

Sistem Internasional 10-20 pada EEG merupakan standar sistem internasional peletakan elektrode-elektrode scalp pada manusia berdasarkan usulan Dr. Hebert H. Jasper. Peletakan electrode pada scalp berdasarkan pada standar anatomi tengkorak manusia yaitu nasion, inion, dan preauricular sebelah kanan dan kiri [19].

Pengukuran berdasarkan bidang anterior-posterior dibagi menjadi 5 bagian dan dilambangkan dengan kode huruf. Bagian 10% pertama dari total pengukuran bidang yaitu fronto polar (Fp), sedangkan bagian selanjutnya memiliki interval sebesar 20%. Secara berurutan bagian kedua hingga kelima adalah frontal (F), central (C), parietal (P) dan occipital (O) [19].

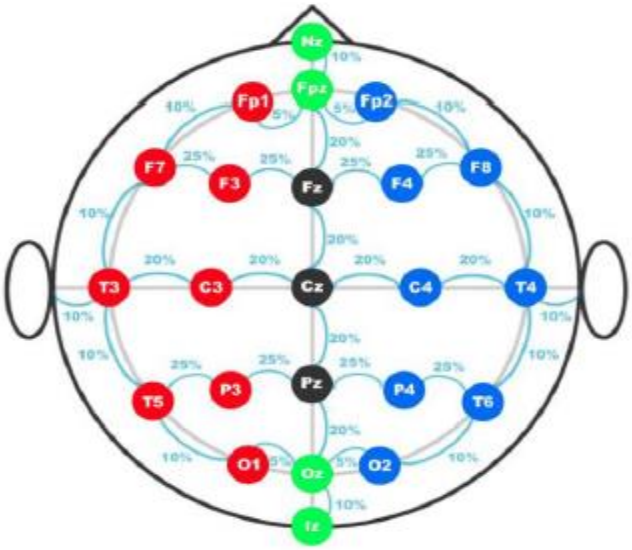
Pengukuran kedua berdasarkan bidang central coronal mulai dari preauricular kiri hingga kanan. Bagian 10% pertama dari preauricular kiri maupun kanan merupakan bagian temporal (T). Bagian kedua yaitu 20% setelah bagian temporal baik dari temporal kanan maupun kiri merupakan bagian central (C). Sedangkan bagian central yang merupakan pertemuan antara temporal kanan dan kiri diberi kode central z (Cz). Z dapat diartikan sebagai zero.

Pengukuran ketiga berdasarkan pada bidang keliling antara bagian tengah fronto polar (Fp) hingga occipital (O). Bagian 10% dari tengah Fp merupakan Fp kiri dan kanan. Sedangkan bagian 20% selanjutnya secara berurutan adalah bagian inferior frontal, temporal tengah dan posterior temporal. Bagian 10% sisa adalah bagian occipital kanan dan kiri.



Gambar 2.2 Metode pengukuran untuk menentukan lokasi electrode berdasarkan system 10-20 pengukuran bidang anterior-posterior (a), pengukuran bidang central coronal (b), pengukuran berdasarkan lingkar tengkorak (c). [19]

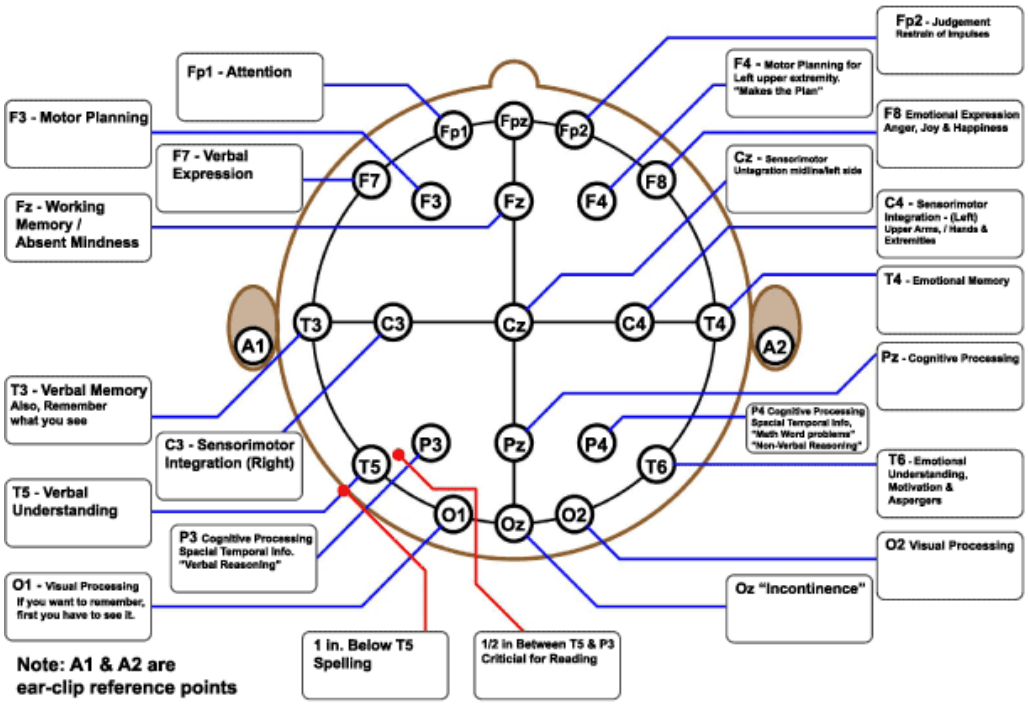
Kode angka pada sistem 10-20 digunakan untuk menunjukkan posisi elektrode tersebut. Kode angka ganjil (1,3,5,7) pada electrode menunjukkan posisi electrode berada pada preauricular bagian kiri. Sedangkan kode angka genap (2,4,6,8) pada electrode menunjukkan posisi electrode berada pada preauricular bagian kanan. Keseluruhan peletakan electrode berdasarkan system 10-20 dapat dilihat pada Gambar 2.3



Gambar 2.3 Sistem Peletakan Elektrode 10-20 [19]

Pada penelitian ini, perekaman sinyal EEG akan menggunakan alat OpenBCI 8 channel. Area otak yang akan direkam adalah bagian Central (C3 dan

C4). Area ini sangat berpengaruh terhadap fungsi koordinasi motorik. Adapun lokasi peta fungsi otak dijelaskan pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. Lokasi peta fungsi otak

2.3.2 Independent Component Analysis (ICA)

Teknik ICA merupakan teknik teknik penghapusan artefak dan gangguan yang disebabkan oleh kedipan mata, gerakan mata, aktivitas otot, dan denyut jantung menggunakan fitur yang telah disediakan pada aplikasi MRS. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Craig, dkk dikatakan ICA terbukti menjadi teknik yang mampu mengidentifikasi dan menghilangkan artefak dan gangguan tersebut dari sinyal EEG [24]. Pada penelitian yang dilakukan Angrisani, dkk disebutkan penggunaan ICA dapat meningkatkan kuantitas informasi dari data yang diperoleh dan memiliki kinerja yang baik dalam pengenalan pola dan karakteristik pengurangan artefak dan gangguan [25].

2.3.3 Ekstraksi Fitur EEG

Ekstraksi fitur pada suatu sinyal EEG sangat penting untuk dilakukan dalam rangka menghapus proses yang bersifat redundancy. Pemilihan metode ekstraksi fitur yang tepat akan menghasilkan karakteristik sinyal yang baik pula. Terdapat

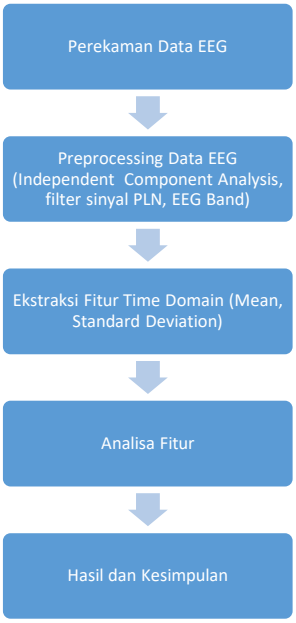
banyak metode ekstraksi fitur pada sinyal EEG dalam domain waktu diantaranya Statistical Feature. Metode ini digunakan untuk mengklasifikasikan karakteristik sinyal EEG pada setiap pasien rehabilitasi stroke. Setiap fitur statistik digunakan untuk mengklasifikasikan tipe yang berbeda dari setiap pasien rehabilitasi stroke. Parameter dari fitur statistikal pada domain waktu dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Parameter yang dipilih dari fitur statistikal domain waktu [20]

Power (P_ξ)	$P_\xi = \frac{1}{T}\sum_{-\infty}^{\infty} \lvert\xi(t)\rvert^2$
Mean (μ_ξ)	$\mu_\xi = \frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T} \xi(t)$
Standart Deviation (σ_ξ)	$\sigma_\xi = \sqrt{\frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T} (\xi(t) - \mu_\xi)^2}$
Kurtosis (k)	$Kurtosis = k = \frac{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \mu)^4}{\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \mu)^2\right)^2}$
Skewness	$Skewness = \frac{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \mu)^3}{\left(\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \mu)^2}\right)^3}$
Entropi	$Entropy = -\sum_{i_1}\sum_{i_2} p(i_1 i_2) log p(i_1 i_2)$

BAB 3
METODE PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan gambaran umum metodologi penelitian yang digunakan untuk mencapai tujuan penelitian yang diinginkan. Gambar 3.1 merupakan diagram alur penelitian yang menggambarkan tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini.



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

3.1 Perekaman Data EEG

Pada tahap ini menjelaskan tentang proses pengambilan data berupa sinyal EEG dari setiap partisipan, yaitu penjelasan mengenai profil partisipan, alat dan bahan dalam pengambilan data, dan metode pengambilan data hingga diperoleh sinyal EEG.

3.1.1 Partisipan

Sesuai dengan tujuan penelitian ini yaitu mengetahui pola sinyal EEG pada pasien stroke, maka kami bekerjasama dengan Rumah Sakit Universitas Airlangga (RSUA) untuk menyediakan pasien untuk diteliti. Pasien yang dipilih terdiri dari

laki-laki dan perempuan dan bersedia untuk menjadi partisipan dengan sukarela tanpa paksaan apapun.

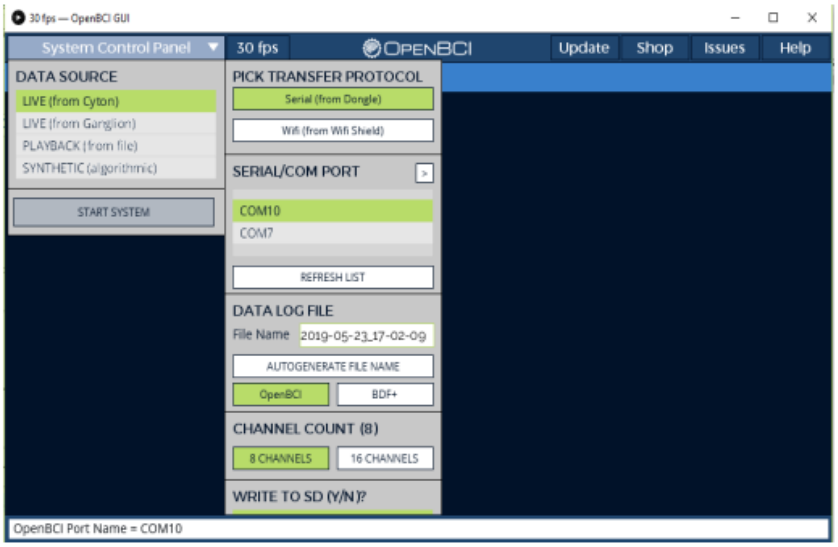
Penelitian ini melibatkan sebanyak 3 partisipan, terdiri dari 1 laki-laki dan 2 perempuan. Rentang usia partisipan adalah 40 hingga 70 tahun. Kondisi partisipan merupakan pasien stroke dengan serangan pertama dan dijadwalkan untuk dilakukan rehabilitasi medik.

Sebelum pengukuran gelombang otak dengan alat EEG, partisipan dikenalkan terlebih dahulu mengenai proses pengukuran dan segala aktivitas yang akan terjadi saat pengukuran termasuk tahapan-tahapan perekaman data. Serta menjelaskan bahwa pengukuran dengan alat EEG tidak memberikan dampak negatif bagi partisipan. Hal ini diperlukan untuk menghindarkan kekhawatiran partisipan. Kondisi khawatir ini dapat mempengaruhi gelombang otak saat pengukuran dilakukan.

3.1.2 Alat dan Bahan Penelitian

Penelitian ini menggunakan perangkat OpenBCI Ultracortex Mark IV with ganglion board 8 channel. Alat ini terdiri dari 2 bagian yaitu ultracortex mark IV sebagai headset yang dipasang pada kepala partisipan dan cyton board 8 channel sebagai alat pemroses sinyal. OpenBCI Ultracortex Mark IV with ganglion board 8 channel bersifat portable, mudah digunakan dan tidak terlalu mahal dibandingkan alat untuk standar kedokteran, sehingga cocok untuk penelitian. Detail tentang peralatan telah dibahas pada bab sebelumnya.

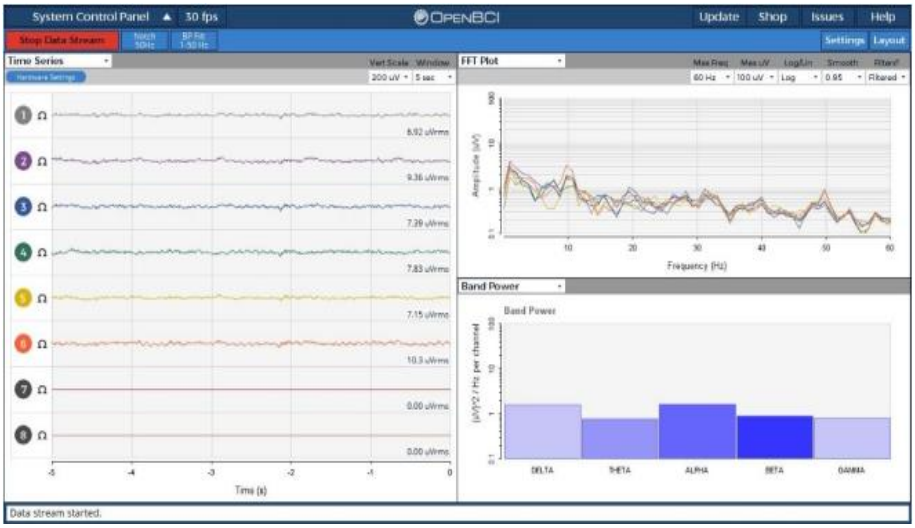
Perekaman data EEG dilakukan dengan memasang headset pada kepala partisipan, menghidupkan cyton board dan menghubungkannya dengan komputer melalui bluetooth dongle yang tersedia. Sebelum dilakukan perekaman data terlebih dahulu menginstal software OpenBCI GUI v4.1.2 dan OpenBCI Hub. Pada Gambar 3.2 terlihat tampilan awal OpenBCI GUI. Dalam proses perekaman, klik Live (from Cyton) pada Data Source, kemudian pada Pick Transfer Protocol pilih Serial (from Dongle) dan pilih port yang tersedia. Setelah itu isikan nama file pada kotak File Name, klik Start System umtuk memulai perekaman.



Gambar 3.2 Tampilan Awal OpenBCI GUI

Pada Gambar 3.3 berikut menampilkan jendela perekaman data dengan OpenBCI Cyton Board. Terdapat 3 jendela yang dapat disesuaikan dalam dua belas tata letak. Pada jendela Time Series menampilkan data stream EEG secara realtime. Pengaturan yang digunakan pada penelitian ini adalah resolusi 30 FPS, Notch filter 50 Hz, BP filter 1-50 Hz, Vert Scale 100 µV dan time window 5 sec.

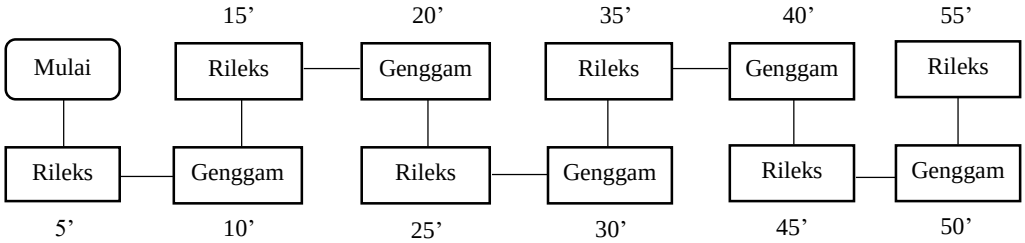
Tombol Stop Data Stream digunakan untuk mengakhiri proses perakaman data. Kemudian pada System Control Panel pilih Save Data untuk menyimpan data yang telah terekam. Data tersimpan dalam bentuk *.txt (data Raw EEG) dan siap untuk diolah lebih lanjut.



Gambar 3.3 Tampilan Utama OpenBCI GUI

3.1.3 Alur Perekaman Data

Gerakan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah menggenggam telapak tangan dan menekuk tangan. Pasien ditanyakan bagian mana yang terdampak serangan stroke. Gerakan akan dilakukan pada bagian tubuh yang terdampak stroke. Jika bagian tubuh kiri yang sakit digerakkan akibat serangan stroke, maka gerakan akan fokus pada tangan sebelah kiri, dan begitu juga sebaliknya. Detail alur perekaman sebagaimana pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Alur Perekaman Data EEG

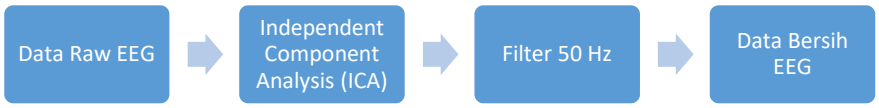
Antara gerakan dilakukan rileks untuk menjaga pasien tetap tenang dan tidak stres. Alur perekaman berlaku juga untuk gerakan siku. Data direkam yang menggunakan aplikasi OpenBCI GUI kemudian diolah menggunakan Aplikasi MRS buatan Saudari Mila yang melakukan proses dari *pre-processing*, *filtering*, pemotongan data dan ekstraksi fitur statistiknya.

3.2 Preprocessing Data EEG

Data mentah EEG hasil perekaman sinyal EEG akan dilakukan proses *pre-processing*. Dimana pada proses ini dilakukan secara otomatis menggunakan software MRS (Monitoring Rehabilitasi Stroke) buatan Saudari Milla. Aplikasi MRS tersebut merupakan tools untuk memudahkan serangkaian proses untuk mengolah data EEG. Tujuan dari *pre-processing* adalah menghasilkan band frekuensi yang diinginkan. Band frekuensi yang diharapkan dari penelitian ini adalah alpha dan beta. Sinyal EEG yang didapat dari pengukuran harus dibersihkan dahulu dari noise (artefak). Noise yang dihilangkan dalam hal ini ada noise yang berasal dari interferensi jaringan listrik PLN yang berkisar di 50 Hz. Noise dari

frekuensi jala-jala listrik tersebut biasanya menimbulkan artefak pada sinyal EEG yang didapatkan dari pengukuran pasien stroke.

Sebelum itu dilakukan juga teknik pembersihan artefak menggunakan *Independent Component Analysis* (ICA). Dimana teknik ini bisa mengurangi artefak yang yang disebabkan gangguan seperti kedipan mata, gerakan mata, aktifitas otot dan denyut jantung.



Gambar 3.5 mengilustrasikan skema preprocessing data.

Data EEG yang sudah bersih kemudian diproses ektraksi fitur dicari nilai statistiknya yang kemudian akan dianalisa secara menyeluruh. Dimana fitur statistik yang akan dikeluarkan adalah Mean, *Mean Absolute Value* (MAV), dan Standar Deviasi (STD).

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 4
HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan hasil dan analisa terkait penelitian. Hasil penelitian merupakan penerapan dari metode pada bab sebelumnya. Pembahasan dalam bab ini bertujuan untuk memperoleh nilai perubahan antara gerakan sebelum dilakukan rehabilitasi dengan gerakan setelah dilakukan rehabilitasi.

4.1. Hasil Perekaman Data EEG

Penelitian ini melibatkan sebanyak 3 partisipan, terdiri dari 1 laki-laki dan 2 perempuan. Rentang usia partisipan adalah 45 hingga 70 tahun. Kondisi partisipan merupakan pasien dengan serangan pertama dengan bagian tubuh yang terdampak stroke sebelah kiri atau kanan. Berikut Tabel 4.1. merupakan daftar detail partisipan.

Tabel 4.1 Detail Partisipan

Kode Partisipan	Umur	Jenis Kelamin	Bagian tubuh terdampak	Serangan stroke pertama
P01	64	Laki-Laki	Kiri	Ya
P02	47	Perempuan	Kanan	Ya
P03	50	Perempuan	Kiri	Ya

Proses perekaman data EEG dilakukan menggunakan headset UltraCortex “Mark IV” dengan system operasi openBCI yang dipasang pada mainboard Cyton. Alat ini merupakan perangkat portable yang digunakan dengan cara menempatkan elektroda pada kulit kepala. Elektroda ditempelkan tanpa menggunakan gel atau cairan sebagaimana terlihat pada Gambar 4.1 dibawah. Dari alat yang terpasang pada kulit kepala tersebut, sinyal EEG direkam menggunakan dongle bluetooth yang terhubung dengan aplikasi OpenBCI GUI v4.1.2 pada laptop.

Gambar 4.1 Perekaman Data Sinyal EEG

Gerakan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah menggenggam telapak tangan kemudian dibuka kembali selama kurun waktu tertentu. Gerakan berikutnya adalah menekuk tangan ke atas kemudian dibuka kembali selama kurun waktu tertentu.

Masing-masing gerakan diambil satu kali percobaan yang diolah lebih lanjut, sehingga setiap partisipan menghasilkan 2 dataset EEG. Bentuk keluaran hasil perekaman data tersimpan dalam bentuk *.txt. Gambar 4.2 menunjukkan data raw hasil perekaman.

OpenBCI-RAW-sri_indah_genggam1.txt - Notepad

File Edit Format View Help

```
%OpenBCI Raw EEG Data
%Number of channels = 8
%Sample Rate = 250.0 Hz
%First Column = SampleIndex
%Last Column = Timestamp
%Other Columns = EEG data in microvolts followed by Accel Data (in G) interleaved with Aux Data
0, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.000, 0.000, 0.000, 10:23:01.482, 1579749781482
1, -173087.14, -16533.83, 10695.26, -932.76, 11473.80, 21156.64, -187500.02, -187500.02, 0.046, 1.012, 0.030, 10:23:01.971, 1579749781971
2, -174124.36, -16763.36, 10819.03, -801.58, 11457.48, 21247.28, -187500.02, -187500.02, 0.000, 0.000, 0.000, 10:23:01.972, 1579749781972
3, -174473.16, -16648.79, 10886.53, -818.77, 11494.61, 21251.59, -187500.02, -187500.02, 0.000, 0.000, 0.000, 10:23:01.972, 1579749781972
4, -174177.69, -16462.39, 10842.25, -872.72, 11520.89, 21214.55, -187500.02, -187500.02, 0.000, 0.000, 0.000, 10:23:01.972, 1579749781972
5, -173344.17, -16325.89, 10712.14, -1008.80, 11516.36, 21121.12, -187500.02, -187500.02, 0.000, 0.000, 0.000, 10:23:01.972, 1579749781972
6, -173327.73, -16535.60, 10702.33, -960.48, 11465.21, 21116.45, -187500.02, -187500.02, 0.000, 0.000, 0.000, 10:23:01.972, 1579749781972
7, -174367.70, -16760.34, 10836.86, -804.80, 11451.83, 21217.15, -187500.02, -187500.02, 0.000, 0.000, 0.000, 10:23:01.972, 1579749781972
8, -174726.55, -16645.61, 10843.17, -822.25, 11484.64, 21229.64, -187500.02, -187500.02, 0.042, 1.006, 0.032, 10:23:01.972, 1579749781972
9, -174439.02, -16453.63, 10814.89, -877.15, 11508.04, 21201.72, -187500.02, -187500.02, 0.000, 0.000, 0.000, 10:23:01.972, 1579749781972
10, -173615.09, -16304.52, 10708.85, -1001.38, 11510.99, 21121.15, -187500.02, -187500.02, 0.000, 0.000, 0.000, 10:23:01.972, 1579749781972
11, -173585.70, -16512.96, 10684.78, -963.23, 11459.14, 21119.49, -187500.02, -187500.02, 0.000, 0.000, 0.000, 10:23:01.972, 1579749781972
12, -174640.45, -16723.28, 10867.28, -774.55, 11451.85, 21234.78, -187500.02, -187500.02, 0.000, 0.000, 0.000, 10:23:01.973, 1579749781973
13, -174999.20, -16626.48, 10844.87, -832.47, 11485.76, 21241.20, -187500.02, -187500.02, 0.000, 0.000, 0.000, 10:23:01.973, 1579749781973
14, -174692.56, -16484.46, 10741.35, -944.63, 11487.88, 21177.29, -187500.02, -187500.02, 0.000, 0.000, 0.000, 10:23:01.973, 1579749781973
15, -173875.11, -16336.24, 10671.04, -1022.39, 11484.19, 21091.13, -187500.02, -187500.02, 0.000, 0.000, 0.000, 10:23:01.973, 1579749781973
16, -173836.31, -16531.13, 10686.06, -968.30, 11445.01, 21101.48, -187500.02, -187500.02, 0.000, 0.000, 0.000, 10:23:01.973, 1579749781973
17, -174885.91, -16741.90, 10871.51, -783.97, 11440.61, 21211.92, -187500.02, -187500.02, 0.000, 0.000, 0.000, 10:23:01.973, 1579749781973
18, -175275.25, -16610.07, 10873.21, -780.86, 11492.69, 21241.71, -187500.02, -187500.02, 0.042, 1.010, 0.030, 10:23:01.973, 1579749781973
19, -174982.95, -16448.49, 10790.35, -889.33, 11512.18, 21194.42, -187500.02, -187500.02, 0.000, 0.000, 0.000, 10:23:01.973, 1579749781973
```

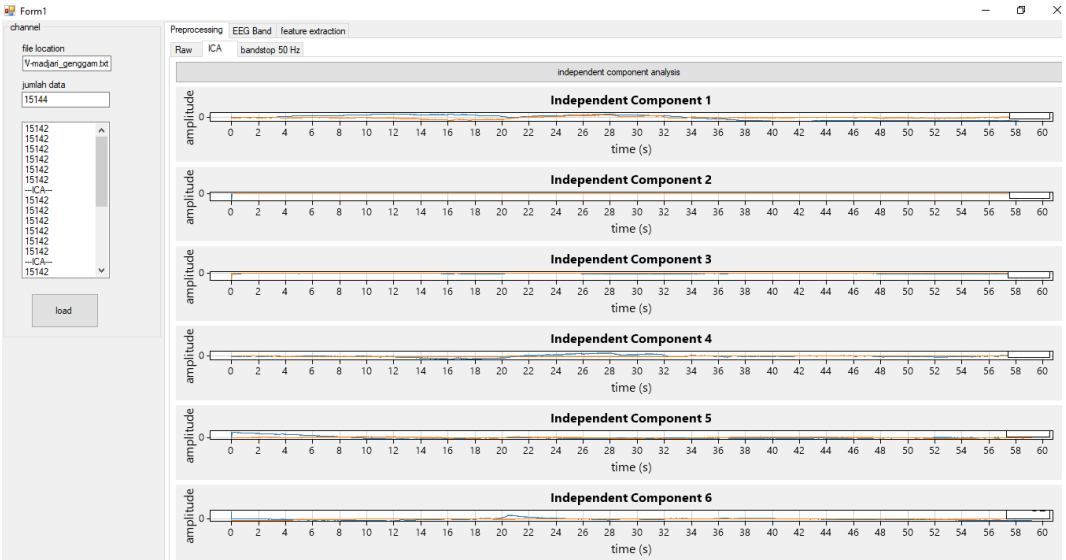
Gambar 4.2 Raw Data Perekaman EEG

4.2. Hasil Preprocessing Data EEG

Preprocessing merupakan bagian dari pengolahan data EEG. Proses preprocessing dalam penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan, yaitu independent component analysis, filter 50 Hz, pemotongan data, dan dekomposisi band. Hasil dari setiap tahapan tersebut akan dijelaskan pada sub bab berikut.

4.2.1. Hasil Independent Component Analysis (ICA)

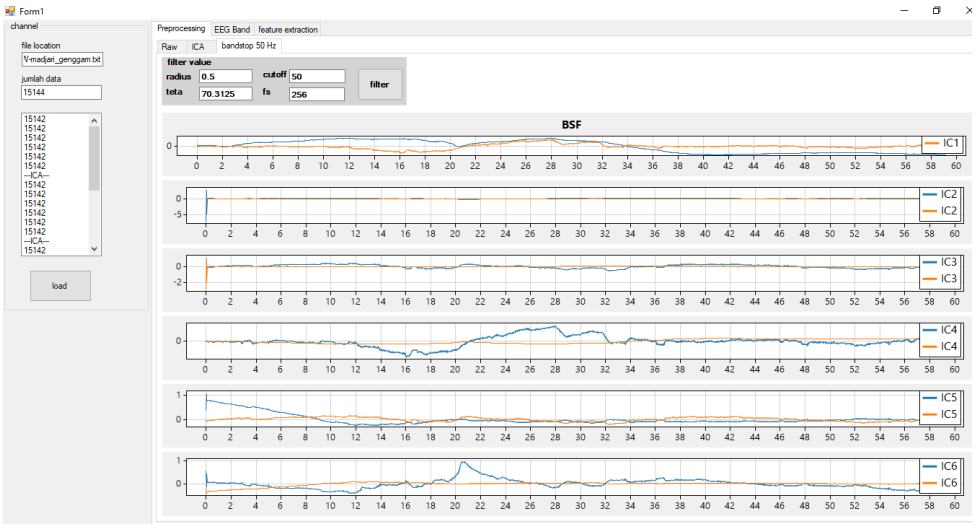
Proses Independent Component Analysis (ICA) dijalankan secara otomatis begitu kita menekan tombol ICA setelah melakukan load data raw EEG menggunakan software MRS (Monitoring Rehabilitasi Stroke). Hasil proses ICA pada gerakan genggam pada salah satu partisipan sebagaimana Gambar 4.3 berikut :



Gambar 4.3. Hasil proses ICA

4.2.2. Hasil Filter 50 Hz

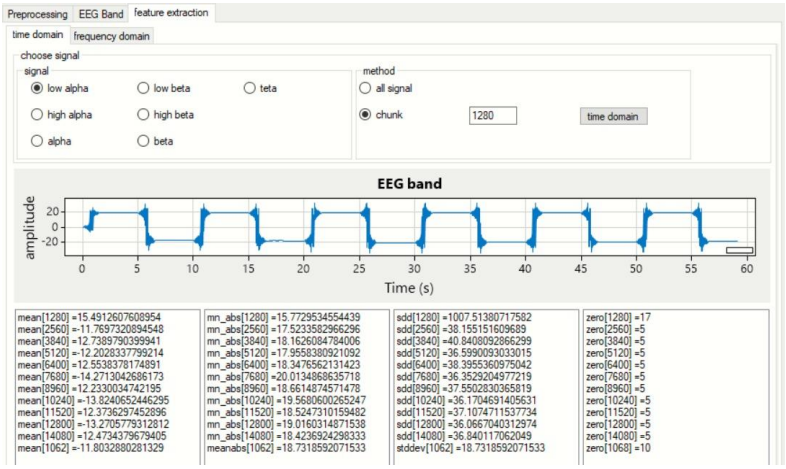
Data yang sudah melalui proses ICA kemudian di filter untuk direduksi noise yang berada di frekuensi 50 Hz menggunakan software MRS. Hasil proses pembersihan noise frekuensi jala-jala pada data gerakan genggam pada salah satu partisipan sebagaimana Gambar 4.4 berikut :



Gambar 4.4. Hasil Filter 50 Hz

4.2.3. Pemotongan Data

Proses pemotongan data dilakukan melalui software MRS dengan menggunakan method chunk = 1280 (5 detik x 256) sebagaimana Gambar 4.5, dimana data yang diambil adalah 5 detik data gerakan saja dan data ketika pasien rileks dibuang.



Gambar 4.5. Tampilan proses pemotongan data

4.3. Hasil Ekstraksi Fitur

Setelah tahapan preprocessing selesai, proses selanjutnya adalah ekstraksi fitur. Sinyal EEG bersih diekstraksi dengan menggunakan metode statistik pada domain waktu. Fitur statistik atau parameter yang dihitung dalam penelitian ini adalah Mean, Mean Absolut Value (MAV), dan Standar Deviasi (STD).

Penelitian ini melibatkan 3 orang partisipan, dimana setiap partisipan memiliki 2 data hasil perekaman yang terdiri dari rekaman gerakan genggam dan gerakan siku, dan masing-masing partisipan diukur sebelum dan sesudah rehabilitasi stroke, maka ada 12 dataset yang diekstraksi. Setiap dataset gerakan terdiri dari data pada 2 chanel, yaitu chanel C3 dan C4 pada 6 band, yaitu alpha, alpha high, alpha low, beta, beta high, beta low dan theta. Dataset bersih untuk satu gerakan memiliki panjang 5 detik (1280 data segmen).

Berikut Tabel 4.2 sampai dengan Tabel 4.8 merupakan contoh hasil ektraksi fitur statistik data EEG pada salah satu partisipan pada gerakan genggam sebelum dilakukan proses rehabilitasi pada 6 band yang ada :

Tabel 4.2 Hasil ekstraksi fitur Partisipan 3 gerakan genggam band Alpha

Fitur di s- second	Mean	Mean absolut	Standar Deviasi
1280	-0.0692	0.0714	66.2608
2560	3.8455	3.9839	36.2240
3840	0.4212	0.6441	35.8075
5120	1.8364	1.9203	35.8235
6400	0.1290	0.2965	35.7753
7680	0.3395	0.3965	35.7744
8960	-0.0528	0.0990	35.7690
10240	-0.6905	0.6961	35.7652
11520	-0.2009	0.2176	35.7670
12800	-1.7159	1.7469	35.7640
14080	-0.3511	0.3907	35.7663

Tabel 4.3 Hasil ekstraksi fitur Partisipan 3 gerakan genggam band Alpha High

Fitur di s- second	Mean	Mean absolut	Standar Deviasi
1280	-0.0668	0.0680	77.4596
2560	3.7221	3.8083	36.2572
3840	0.5450	0.7200	35.8229
5120	1.7860	1.8412	35.8333
6400	0.1799	0.3242	35.7809
7680	0.3343	0.3682	35.7785
8960	-0.0477	0.0844	35.7720
10240	-0.6600	0.6601	35.7669
11520	-0.2314	0.2377	35.7688
12800	-1.6537	1.6649	35.7641
14080	-0.4134	0.4277	35.7674

Tabel 4.4 Hasil ekstraksi fitur Partisipan 3 gerakan genggam band Alpha Low

Fitur di s- second	Mean	Mean absolut	Standar Deviasi
1280	-0.0668	0.0680	77.4474
2560	3.7221	3.8083	36.2572
3840	0.5450	0.7200	35.8229
5120	1.7860	1.8412	35.8333
6400	0.1799	0.3242	35.7809
7680	0.3343	0.3682	35.7785
8960	-0.0477	0.0844	35.7720
10240	-0.6600	0.6601	35.7669
11520	-0.2314	0.2377	35.7688
12800	-1.6537	1.6649	35.7641
14080	-0.4134	0.4277	35.7674

Tabel 4.5 Hasil ekstraksi fitur Partisipan 3 gerakan genggam band Beta

Fitur di s- second	Mean	Mean absolut	Standar Deviasi
1280	-0.0037	0.0066	35.8194
2560	0.2030	0.4038	35.7738
3840	0.0112	0.1240	35.7659
5120	0.0967	0.3353	35.7647
6400	0.0017	0.0574	35.7635
7680	0.0170	0.2366	35.7635
8960	-0.0025	0.0312	35.7632
10240	-0.0371	0.2261	35.7633

Fitur di s- second	Mean	Mean absolut	Standar Deviasi
11520	-0.0080	0.0479	35.7632
12800	-0.0915	0.2923	35.7634
14080	-0.0122	0.0743	35.7633

Tabel 4.6 Hasil ekstraksi fitur Partisipan 3 gerakan genggam band Beta High

Fitur di s- second	Mean	Mean absolut	Standar Deviasi
1280	0.0161	0.0179	36.4086
2560	-0.8875	0.9484	35.7842
3840	-0.0429	0.1240	35.7649
5120	-0.4209	0.4569	35.7656
6400	-0.0076	0.0622	35.7635
7680	-0.0766	0.1629	35.7635
8960	0.0139	0.0353	35.7633
10240	0.1620	0.2143	35.7633
11520	0.0323	0.0431	35.7632
12800	0.4003	0.4299	35.7633
14080	0.0506	0.0734	35.7633

Tabel 4.7 Hasil ekstraksi fitur Partisipan 3 gerakan genggam band Beta Low

Fitur di s- second	Mean	Mean absolut	Standar Deviasi
1280	0.0298	0.0320	39.5846
2560	-1.6479	1.7523	35.8398
3840	-0.1169	0.2540	35.7696
5120	-0.7840	0.8461	35.7725
6400	-0.0289	0.1212	35.7645
7680	-0.1420	0.2573	35.7646
8960	0.0233	0.0582	35.7637
10240	0.2987	0.3174	35.7634
11520	0.0700	0.0899	35.7636
12800	0.7417	0.7687	35.7635
14080	0.1132	0.1579	35.7636

Tabel 4.8 Hasil ekstraksi fitur Partisipan 3 gerakan genggam band Theta

Fitur di s- second	Mean	Mean absolut	Standar Deviasi
1280	-0.00225	0.002418	35.78273
2560	-0.0601	0.086207	35.76373
3840	-0.00669	0.01089	35.76332
5120	-0.00184	0.076822	35.76329
6400	-0.00358	0.008446	35.76321
7680	-0.03425	0.089871	35.76323
8960	-0.00588	0.012726	35.76318
10240	-0.01785	0.074319	35.76319
11520	-0.00184	0.011831	35.76316
12800	0.036956	0.086916	35.76317
14080	0.002177	0.016196	35.76315

Selanjutnya, pada Tabel 4.9 sampai 4.16 memperlihatkan hasil dari ekstraksi fitur statistik tiap gerakan partisipan serta perbandingan nilai pre-rehab dengan post-rehab.

Tabel 4.9 Ekstraksi Fitur pada Partisipan 1 gerakan genggam

Gerakan	Band	Pre			Post			Perubahan		
		Mean	Mean absolute	Std Dev	Mean	Mean absolute	Std Dev	Mean	Mean absolute	Std Dev
Genggam	alpha	1.1904	18.9858	132.0730	0.1987	4.1798	40.9155	TURUN	TURUN	TURUN
Genggam	alpha hi	1.1394	18.3710	125.6517	0.0005	0.2479	36.0234	TURUN	TURUN	TURUN
Genggam	alpha lo	1.1394	18.3710	125.6511	0.1878	4.0464	41.8969	TURUN	TURUN	TURUN
Genggam	beta hi	-0.2804	4.4617	58.0907	0.0977	0.6777	35.8402	NAIK	TURUN	TURUN
Genggam	beta lo	-0.5167	8.3071	77.2297	-0.0881	1.8335	37.1429	NAIK	TURUN	TURUN
Genggam	beta	0.0640	1.9206	46.7717	0.0109	0.4231	36.7822	TURUN	TURUN	TURUN
Genggam	teta	-0.5167	8.3071	77.2289	0.1334	0.9144	35.9683	NAIK	TURUN	TURUN

Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.9 diatas, sebagian besar fitur statistik baik Mean, Mean Absolute Value dan Standar Deviasi adalah TURUN. Dimana ini berarti angka fitur statistik pada saat pasca rehabilitasi tidak lebih besar dari angka pada saat sebelum dilakukan rehabilitasi stroke. Adapun nilai yang NAIK (lebih besar dari angka saat sebelum rehabilitasi) adalah pada fitur Mean pada band Beta High, Beta Low dan Teta.

Tabel 4.10 Ekstraksi Fitur pada Partisipan 1 gerakan siku

Gerakan	Band	Pre			Post			Perubahan		
		Mean	Mean absolut	Std Dev	Mean	Mean absolut	Std Dev	Mean	Mean absolut	Std Dev
Siku	alpha	0.3751	12.9551	54.4262	1.9487	52.4813	116.8570	NAIK	NAIK	NAIK
Siku	alpha hi	0.3357	12.5346	57.0503	-0.0032	1.7490	42.0164	TURUN	TURUN	TURUN
Siku	alpha lo	0.3357	12.5346	57.0484	1.7835	50.4557	121.9314	NAIK	NAIK	NAIK
Siku	beta hi	-0.0978	3.0433	39.7073	-0.0634	3.2919	36.8990	NAIK	NAIK	TURUN
Siku	beta lo	-0.1738	5.6673	42.4272	-0.3696	9.6161	47.9480	TURUN	NAIK	NAIK
Siku	beta	0.0221	1.3038	41.1266	0.0465	2.2188	46.2780	NAIK	NAIK	NAIK
Siku	teta	-0.1738	5.6673	42.4245	-0.1400	6.1420	39.9719	NAIK	NAIK	TURUN

Pada Tabel 4.10 diatas tampak bahwa sebagian besar nilai menunjukkan NAIK yang berarti hampir semua fitur statistik pada saat pasca rehabilitasi adalah lebih besar daripada pada saat sebelum dilakukan rehabilitasi. Nilai TURUN hanya pada band Alpha High, Beta High untuk standar deviasi, Beta Low untuk Mean, dan Teta untuk Standar Deviasi.

Tabel 4.11 Ekstraksi Fitur pada Partisipan 2 gerakan genggam

Gerakan	Band	Pre			Post			Perubahan		
		Mean	Mean absolut	Std Dev	Mean	Mean absolut	Std Dev	Mean	Mean absolut	Std Dev
Genggam	alpha	0.0026	0.0728	35.7777	0.0579	5.3796	48.1236	NAIK	NAIK	NAIK
Genggam	alpha hi	0.0035	0.0626	35.7868	-0.0002	0.4217	36.4789	TURUN	NAIK	NAIK
Genggam	alpha lo	0.0035	0.0626	35.7864	-0.1739	3.7813	59.6663	TURUN	NAIK	NAIK
Genggam	beta hi	-0.0003	0.0414	35.7638	0.0234	1.6316	37.6620	NAIK	NAIK	NAIK
Genggam	beta lo	-0.0008	0.0497	35.7649	0.0392	3.0390	40.1979	NAIK	NAIK	NAIK
Genggam	beta	0.0001	0.0521	35.7636	-0.0041	0.7661	35.8531	TURUN	NAIK	NAIK
Genggam	teta	-0.0008	0.0497	35.7649	0.0392	3.0377	40.1938	NAIK	NAIK	NAIK

Seperti yang terlihat pada Tabel 4.11 diatas, sebagian besar Value menunjukkan NAIK yang artinya nilai fitur statistik pada saat pasca rehabilitasi lebih besar daripada nilai fitur statistik pada saat sebelum dilakukan rehabilitasi. Dimana hal ini menunjukkan bahwa tingkat keberhasilan rehabilitasi pada Partisipan 2 ini mengalami perkembangan yang signifikan. Sedangkan nilai TURUN hanya terdapat pada band Alpha High, Alpha Low dan Beta pada fitur statistik Mean.

Tabel 4.12 Ekstraksi Fitur pada Partisipan 2 gerakan siku

Gerakan	Band	Pre			Post			Perubahan		
		Mean	Mean absolut	Std Dev	Mean	Mean absolut	Std Dev	Mean	Mean absolut	Std Dev
Siku	alpha	0.0071	0.2147	38.3312	-0.3269	8.8298	73.7974	TURUN	NAIK	NAIK
Siku	alpha hi	0.0088	0.2019	38.6318	0.0013	0.6403	35.7970	TURUN	NAIK	TURUN
Siku	alpha lo	0.0088	0.2019	38.6301	0.1851	13.5219	70.6181	NAIK	NAIK	NAIK
Siku	beta hi	-0.0009	0.0606	35.9395	-0.0621	3.2819	40.6565	TURUN	NAIK	NAIK
Siku	beta lo	-0.0022	0.1012	36.3505	-0.1075	6.1122	45.0529	TURUN	NAIK	NAIK
Siku	beta	0.0002	0.0572	35.7841	-0.0097	0.8436	36.0348	TURUN	NAIK	NAIK
Siku	teta	-0.0022	0.1012	36.3500	0.0975	3.8539	45.1519	NAIK	NAIK	NAIK

Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.12, nilai TURUN muncul pada fitur statistik Mean untuk band Alpha, Alpha High, Beta High, Beta Low dan Beta. Dimana ini artinya angka Mean pada saat pasca rehabilitasi tidak lebih besar daripada saat belum dilakukan rehabilitasi. Sedangkan selebihnya nilai NAIK muncul pada hampir semua fitur statistik yang menandakan perkembangan rehabilitasi stroke relatif menunjukkan perkembangan membaik.

Tabel 4.13 Ekstraksi Fitur pada Partisipan 3 gerakan genggam

Gerakan	Band	Pre			Post			Perubahan		
		Mean	Mean absolut	Std Dev	Mean	Mean absolut	Std Dev	Mean	Mean absolut	Std Dev
Genggam	alpha	0.0415	1.1268	38.3554	0.1051	2.9191	56.9422	NAIK	NAIK	NAIK
Genggam	alpha hi	0.0507	1.0935	39.2948	0.1308	2.8406	61.3973	NAIK	NAIK	NAIK
Genggam	alpha lo	0.0507	1.0935	39.2938	0.1308	2.8406	61.3969	NAIK	NAIK	NAIK
Genggam	beta hi	-0.0052	0.2755	35.8192	-0.0126	0.6817	36.9361	TURUN	NAIK	NAIK
Genggam	beta lo	-0.0128	0.5006	36.0898	-0.0314	1.2724	40.5444	TURUN	NAIK	NAIK
Genggam	beta	0.0013	0.1832	35.7692	0.0031	0.3050	35.8550	NAIK	NAIK	NAIK
Genggam	teta	-0.0128	0.5006	36.0888	-0.0314	1.2724	40.5434	TURUN	NAIK	NAIK

Pada Tabel 4.13 diatas, terlihat hampir semua nilai menunjukkan NAIK yang berarti angka fitur statistik pada saat pasca rehabilitasi lebih besar daripada pada saat belum dilakukan rehabilitasi stroke. Nilai TURUN hanya tampak pada fitur statistik Mean untuk band Beta High, Beta Low dan Teta. Hasil ini menunjukkan

bahwa perkembangan motorik Partisipan 3 untuk gerakan menggenggam mengalami perkembangan yang cukup baik.

Tabel 4.14 Ekstraksi Fitur pada Partisipan 3 gerakan siku

Gerakan	Band	Pre			Post			Perubahan		
		Mean	Mean absolut	Std Dev	Mean	Mean absolut	Std Dev	Mean	Mean absolut	Std Dev
Siku	alpha	0.0617	1.2898	36.1597	0.0397	1.1596	39.7842	TURUN	TURUN	NAIK
Siku	alpha hi	0.0577	1.2476	36.0604	0.0487	1.1291	41.1420	TURUN	TURUN	NAIK
Siku	alpha lo	0.0577	1.2476	36.0595	0.0487	1.1291	41.1413	TURUN	TURUN	NAIK
Siku	beta hi	-0.0151	0.3031	35.9595	-0.0050	0.2726	35.8638	NAIK	TURUN	TURUN
Siku	beta lo	-0.0275	0.5642	36.0879	-0.0121	0.5086	36.3227	NAIK	TURUN	NAIK
Siku	beta	0.0034	0.1306	35.8646	0.0012	0.1407	35.7716	TURUN	NAIK	TURUN
Siku	teta	-0.0275	0.5642	36.0874	-0.0121	0.5086	36.3218	NAIK	TURUN	NAIK

Pada gerakan siku, Partisipan 3 lebih banyak nilai TURUN sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.14. Ini artinya banyak fitur statistik pada saat pasca rehabilitasi yang nilainya tidak lebih besar dibanding pada saat sebelum dilakukan rehabilitasi. Dapat dikatakan perkembangan rehabilitasi untuk gerakan siku pada pasien ini kurang menunjukkan perkembangan yang baik.

4.4. Hasil Analisa Data

Setelah melalui proses ekstraksi fitur, kemudian dilakukan analisa hasil dari ekstraksi fitur tersebut. Proses ini untuk menentukan sejauh mana keberhasilan proses rehabilitasi stroke sejalan dengan perkembangan secara data statistiknya. Untuk partisipan 1, dapat dilihat pada Tabel 4.9 diatas terlihat bahwa secara value data partisipan 1 pada gerakan genggam ini banyak data yang TURUN, artinya nilai statistik pada saat setelah rehabilitasi tidak lebih tinggi dari pada saat sebelum rehabilitasi. Dan ini sejalan dengan rekam medis yang bersangkutan memang secara perkembangan setiap kunjungan baik pemeriksaan ataupun rehabilitasi kurang menunjukkan perkembangan fisik yang membaik. Terutama pada saat gerakan menggenggam tangan, partisipan kurang maksimal dalam pelaksanaannya.

Sementara itu untuk gerakan menekuk siku, partisipan 1 masih menunjukkan hasil yang cukup memuaskan sebagaimana terlihat pada Tabel 4.10

diatas hanya pada band Alpha High nilai Mean, Mean Absolute dan Standar Deviasi nya lebih rendah daripada nilai pada saat pengukuran sebelum rehabilitasi.

Untuk partisipan ke 2, pada gerakan menggengam tangan terlihat hasil ekstraksi fiturnya hampir semua nilai statistiknya menunjukkan hasil lebih baik daripada data sebelum rehabilitasi. Terlihat pada Tabel 4.11 kolom value Mean Absolute dan Standar Deviasinya NAIK yang berarti angka nya lebih besar dibandingkan data sebelum dilakukan rehabilitasi stroke.

Sedangkan untuk gerakan menekuk siku, untuk partisipan 2 nilai Mean Absolute nya pada semua band menunjukkan nilai NAIK artinya angkanya lebih besar daripada angka sewaktu dilakukan pengambilan data sebelum rehabilitasi stroke. Bisa dikatakan dengan melihat hasil statistik baik gerakan menggengam tangan maupun gerakan siku, partisipan 2 ini menunjukkan perkembangan motorik yang lebih baik setelah dilakukan rehabilitasi.

Pada Tabel 4.13 terlihat hasil perkembangan kemampuan motorik partisipan ke 3 menunjukkan perkembangan membaik yang ditandai dengan nilai Mean Absolute dan Standar Deviasi semuanya NAIK artinya dari angka hasil sebelum rehabilitasi dibandingkan setelah dilakukan rehabilitasi di semua band mengalami kenaikan. Hal ini bisa diartikan perkembangan motorik pada gerakan genggam partisipan 3 menunjukkan perkembangan membaik.

Sedangkan untuk gerakan siku, partisipan 3 kurang menunjukkan perkembangan yang baik. Hal ini terlihat pada Tabel 4.14 banyak nilai yang TURUN pada kolom value nilai statistiknya. Pada saat pengambilan data pun memang terlihat untuk gerakan siku partisipan seperti kurang power dalam melakukannya. Ketika ditanya waktu itu partisipan menjawab memang masih lemas tangan sebelah kirinya sewaktu ditekuk.

BAB 5
KESIMPULAN

Penelitian ini mencoba membuktikan apakah proses pengamatan visual yang dilakukan di rumah sakit sewaktu rehabilitasi stroke sejalan dengan data dan angka yang dihasilkan dari alat EEG. Jika secara fitur statistik data yang diambil setelah rehabilitasi itu menunjukkan perkembangan nilai yang lebih tinggi daripada data sebelum rehabilitasi maka bisa dikatakan bahwa EEG dapat digunakan untuk membantu penilaian keberhasilan proses rehabilitasi pada pasien stroke.

Dari ketiga partisipan yang diteliti, partisipan 1 adalah pasien yang memerlukan perhatian khusus karena data hasil statistiknya pada gerakan genggam khususnya, kurang menunjukkan nilai yang lebih baik dibandingkan pada saat sebelum dilakukan rehabilitasi.

Selebihnya, partisipan 2 dan 3 cenderung menunjukkan nilai statistiknya mengalami kenaikan bila dibandingkan dengan pada saat pre-rehabilitasi. Selain itu pola gerakan dengan *Metode Relearning Program* (MRP) dapat membantu melatih kembali motorik pasien stroke.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

[1] Arofah, A.N, Penatalaksanaan Stroke Trombotik :Peluang Peningkatan Prognosis Pasien. Vol.7 No.14 ,2011.

[2] Angliadi LS, dkk. Ilmu Kedokteran Fisik dan Rehabilitasi. Manado: Bagian Ilmu Kedokteran Fisik dan Rehabilitasi FK UNSRAT. 2006

[3] Jorgensen HS, Nakayama H, Raaschou HO, Vive-Larsen J, Stoier TS, Olsen TS. Outcome and time course of recovery in stroke. Part I: Outcome. The Copenhagen stroke study. Arch Phys Med Rehabil. 76:399—405, 1995.

[4] Pena-Pitarch ˜ E, Tico-Falguera N. Assessment of damage in affected persons with neurological sequelae. Trauma, 23:247—52, 2012.

[5] E. Niedermeyer and F.L da Silva, Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields. Lippincot Williams & Wilkins. ISBN 0-7817-5126-8, 2004.

[6] E. Monge-Pereira, F. Molina-Rueda, F.M. Rivas-Montero, J. Ibá˜nez, J.I. Serrano, I.M. Alguacil-Diego, J.C. Miangolarra-Page : Electroencephalography as a post-stroke assessment method: An updated review

[7] Salvatore Giaquinto, MD; Andrea Cobianchi, MD; Franco Macera, TdR; Giuseppe Nolfe, PhD : EEG Recordings in the Course of
Recovery From Stroke

[8] Gadi Bartur, Katherin Joubran, Sara Peleg-Shani, Jean-Jacques Vatine, and Goded Shahaf: An EEG Tool for Monitoring Patient Engagement during Stroke
Rehabilitation: A Feasibility Study

[9] Pudiastuti, D.R, Penyakit Pemicu stroke, Yogyakarta : Muha Medika, 2011.

[10] Soeharto I, Kolesterol dan Lemak Jahat, Kolesterol dan Lemak Baik, dan Proses Terjadinya Serangan Jantung dan Stroke. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama, 2004.

[11] Trevor H. Paris, MD : Stroke Rehabilitation, Northeast Florida Medicine Vol. 58, No. 2 2007.

[12] E. Niedermeyer and F.L da Silva, Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields. Lippincot Williams & Wilkins. ISBN 0-7817-5126-8, 2004.

[13] Wirawan RP. Rehabilitasi Stroke pada Pelayanan Kesehatan Primer. Majalah Kedokteran Indonesia, 59: 2, Februari, 2009.

[14] van der Putten, J. J., Hobart, J. C., Freeman, J. A., & Thompson, A. J. Measuring change in disability after inpatient rehabilitation: comparison of the

responsiveness of the Barthel Index and the Functional Independence Measure. Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry, 66(4), 480 484, 1999.

[15] WHO, W. H. O., Towards a common language for functioning, disability and health: ICF. Geneva: WHO, 8-9, 2001

[16] S. Katherine, C. Nerissa, R. Marina et al, 20 Outcome Measures in Stroke Rehabilitation, Evidence-Based Review of Stroke Rehabilitation (EBRSR), 2013

[17] Jang SH. Motor recovery by improvement of limb-kinetic apraxia in a chronic stroke patient. NeuroRehabilitation, 33:195—200, 2013.

[18] E.M. Pereira, F.M. Rueda, F.M.R, Montero et al, Electroencephalography as a post-stroke assessment method: An updated review, Sociedad Espanola ˜ de Neurologia, Elsevier Espana, 2014.

[19] Klem, G.H., Luders, H.O., Jasper, H.H., Elger, C., 1999. The ten–twenty electrode system of the International Federation. The International Federation of Clinical Neurophysiology. Electroencephalogr. Clin.Neurophysiol., Suppl. 52, 3–6.

[20] Jonke, Robert, Feature Extraction and Selection for Emotion Recognition from EEG. IEEE TRANSACTIONS ON AFFECTIVE COMPUTING, VOL. 5, NO. 3, JULY-SEPTEMBER 2014 : 327-339, 2014

[21] Susanto, Sani, and Dedy Suryadi. 2010. Pengantar Data Mining - Menggali Pengetahuan Dari Bongkahan Data. Yogyakarta: Andi Publisher.

[22] M. Teplan, “Fundamental of EEG Measurement,” Measurement Science Review, vol. 2, pp. 1-11, 2002

[23] T. Platz, I. H. Kim, H. Pintschovius, T. Winter, A. Kieselbach, K. Villringer, R. Kurth and K.-H. Mauritz, " Multimodal EEG analysis in man suggests impairment-specific changes in movement-related electric brain activity after stroke." Brain (2000), 123, 2475–2490

[24] Craig, Ashley, Yvonne Tran, Nirupama Wijesuriya, and Hung Nguyen. 2011. “Regional Brain Wave Activity Changes Associated with Fatigue.” Psychology.

[25] Angrisani, Leopoldo, Pasquale Arpaia, and Deborah Casinelli. 2017. “Instrumentation and Measurements for Non-Invasive EEG-Based Brain-Computer Interface.” IEEE Instrumentation and Measurement Society.