

**KLASIFIKASI GELOMBANG OTAK PADA
REMAJA SAAT DIBERIKAN STIMULUS
MUROTTAL AL-QURAN DAN MUSIK KLASIK
MENGUNAKAN METODE *RANDOM FOREST***

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna Memperoleh
Gelar Sarjana Sains dalam Ilmu Fisika



Diajukan oleh:

FAHIRA SEPTIANI

NIM : 1908026022

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG
2022**

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Fahira Septiani

NIM : 1908026022

Jurusan : Fisika

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul:

**KLASIFIKASI GELOMBANG OTAK PADA REMAJA SAAT
SAAT DIBERIKAN STIMULUS MUROTTAL AL-QURAN DAN
MUSIK KLASIK MENGGUNAKAN METODE *RANDOM
FOREST***

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian/karya saya sendiri,
kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya

Semarang, 20 Desember 2022

Pembuat Pernyataan



Fahira Septiani

NIM : 1908026022

PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini:

Judul : Klasifikasi Gelombang Otak Remaja saat
Diberikan Stimulus Murottal Al-Quran dan
Musik Klasik Menggunakan Metode *Random
Forest*

Penulis : **Fahira Septiani**

NIM : 1908026022

Jurusan : Fisika

Telah diujikan dalam sidang *tugas akhir* oleh Dewan Penguji
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat
diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana
dalam Ilmu Fisika

Semarang, 30 Desember 2022

Dewan Penguji

Penguji I



Agus Sudarmanto, M. Si
NIP. 19770823200121001

Penguji II



Heni Sumarti, M. Si
NIP. 198710112019023009

Penguji III



Sheilla Rully, A. S.Pd., M. Si
NIP. 199005052019033003

Penguji IV



Rizki Nurzal Riah, P, M.Sc.
NIP. 198906262019031012

Pembimbing I



Heni Sumarti, M. Si
NIP. 198710112019023009

Pembimbing II



Agus Sudarmanto, M. Si
NIP. 19770823200121001

NOTA DINAS

Semarang, 16 Desember 2022

Yth. Ketua Program Studi Fisika
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang

Assalamu'alaikum wr.wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan, dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : Klasifikasi Gelombang Otak Remaja saat
Diberikan Stimulus Murottal Al-Quran dan Musik
Klasik Menggunakan Metode *Random Forest*

Nama : Fahira Septiani

NIM : 1908026022

Jurusan : Fisika

Saya memandang bahwa naskah tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan teknologi UIN Walisongo untuk di ujikan dalam sidang Munaqosah.

Wassalamu'alaikum wb.wb.

Pembimbing I



Heni Sumarti, M. Si

NIP. 198710112019032009

NOTA DINAS

Semarang, 16 Desember 2022

Yth. Ketua Program Studi Fisika
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang

Assalamu'alaikum wr.wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan, dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : Klasifikasi Gelombang Otak Remaja saat
Diberikan Stimulus Murottal Al-Quran dan Musik
Klasik Menggunakan Metode *Random Forest*

Nama : Fahira Septiani

NIM : 1908026022

Jurusan : Fisika

Saya memandang bahwa naskah tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan teknologi UIN Walisongo untuk di ujikan dalam sidang Munaqosah.

Wassalamu'alaikum wb.wb.

Pembimbing II



Agus Sudarmanto, M. Si
NIP. 19770823200121001

ABSTRAK

Kemampuan kognitif remaja Indonesia dalam membaca, matematika, dan sains lebih rendah dibanding tiga tahun sebelumnya. Stimulus murottal Al-Quran dan musik klasik merupakan salah satu stimulus yang dapat memberikan efek positif terhadap penurunan kecemasan dan peningkatan kemampuan kognitif pada remaja. Penelitian ini bertujuan mencari ciri dan mengklasifikasikan aktivitas otak pada remaja yang terkait dengan stimulus audio yaitu murottal Al-Quran dan musik klasik. Proses pengolahan *raw* data menggunakan *python* pada laman *colab* gelombang di filter menggunakan *ICA* dan *band pass filter*, diekstraksi menggunakan *PSD Welch*, dilabeli, dan diklasifikasikan dengan metode *Random forest* menggunakan *Weka*. Hasil penelitian bahwa klasifikasi didapatkan dengan nilai terbaik yang sering muncul (modus) dari hasil prediksi setiap sampel *desission tree* berdasarkan ciri bahwa saat sampel diberikan stimulus mendengarkan murottal Al-Quran maka aktivitas gelombang delta dan theta lebih besar dibanding stimulus musik klasik dan saat diberikan stimulus mendengarkan musik klasik maka aktivitas gelombang alpha dan beta lebih besar dibandingkan ketika stimulus murottal Al-Quran. Akurasi menggunakan *Random forest* dalam klasifikasi gelombang otak remaja saat diperdengarkan murottal dan musik klasik sebesar 65.38%, presisi 61,53%, dan *recall* 69,23%.

Kata kunci : Murottal, Musik Klasik, Random Forest, python

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbi' alamin, segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah serta inayahNya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi dengan judul "Klasifikasi Gelombang Otak Remaja saat Diberikan Stimulus Murottal Al-Quran dan Musik Klasik Menggunakan Metode *Random Forest*" ini. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Baginda Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat dan umatnya sampai akhir zaman.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan di Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang. Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis mendapat banyak dukungan dari berbagai pihak sehingga dalam kesempatan ini penulis bermaksud menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Imam Taufiq, M.Ag., selaku Rektor UIN Walisong Semarang.
2. Dr. H. Ismail, M. Ag., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
3. Agus Sudarmanto, M.Si selaku Ketua Program Studi Fisika FST UIN Walisongo Semarang dan Pembimbing II yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan,

kritik dan saran serta motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini.

4. Heni Sumarti, M.Si selaku pembimbing I yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, kritik dan saran serta motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini.
5. Segenap para Dosen Fakultas Sains dan Teknologi yang telah berdedikasi dan mengajarkan banyak ilmu.
6. Ayahanda (Alm) Heri Suryadi dan Ibunda Endang Sri Hartati yang senantiasa mendoakan, memberikan cinta dan kasih sayang, serta semangat untuk terus berjuang.
7. Kakak- kakakku Herli Ayu Agustini dan Nur Rohmat yang selalu menghibur dan memotivasi.
8. Terkhusus Muhammad Labib, Alvania, dan Flaurin yang menjadi tempat berkeluh kesah, memberikan warna masa perkuliahan, dan seringkali direpotkan.
9. Seluruh rekan-rekan Fisika 2019, keluarga besar HMI Komisariat Saintek, Kelompok 53 KKN MMK, The Moon dan rekan-rekan lainnya yang telah memberikan semangat untuk berjuang bersama dan menjadi insan yang amanah bagi agama dan negara.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini karena keterbatasan pengetahuan dan pengalaman yang dimiliki penulis. Semoga skripsi ini

dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan menjadi acuan penelitian selanjutnya.

Semarang, 30 Desember 2022

Penulis

Fahira Septiani

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PENGESAHAN.....	iii
NOTA DINAS	iv
ABSTRAK.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah	6
C. Tujuan Penelitian	7
D. Batasan Masalah	7
E. Manfaat Penelitian	8
BAB II TEORI DAN KAJIAN PUSTAKA	10
A. Landasan Teori.....	10
1. EEG (<i>Electroencephalography</i>).....	10
2. Otak	19
3. Biolistrik.....	36
4. Neuron.....	40
5. Al-Quran	43
6. Musik Klasik.....	45
7. Google Colaboratory.....	47
8. ICA (<i>Independent Component Analysis</i>)	47
9. <i>Band Pass Filter</i>	48
10. <i>Power Spectral Density (PSD) Metode Welch</i>	49
11. Weka	50
12. <i>Random Forest</i>	51
B. Tinjauan Pustaka	53
BAB III METODE PENELITIAN	59
A. Tempat dan Waktu Penelitian.....	59
B. Alat dan Bahan.....	59
1. EEG.....	59
2. Audio atau pemutar alat musik.....	60

C. Metode	60
1. Sampel penelitian.....	61
2. Prosedur Penelitian.....	61
3. Teknik Analisis Data	63
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	67
A. Filtrasi data	67
B. Ekstraksi	71
C. Pelabelan.....	79
D. Klasifikasi.....	81
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	85
A. Kesimpulan	85
B. Saran.....	85
DAFTAR PUSTAKA	87
LAMPIRAN-LAMPIRAN	96
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	121

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Karakteristik setiap jenis gelombang otak	36
Tabel 3.1	<i>Confusion matrix</i> untuk klasifikasi biner	64
Tabel 4.1	Data ekstraksi (dalam bentuk %)	80
Tabel 4.2	Nilai akurasi pada berbagai <i>folds</i>	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Penempatan elektroda menggunakan 10/20 elektroda	14
Gambar 2.2	Macam-macam elektroda (a) elektroda cakram (b) elektroda jarum (c) elektroda berbasis garam (d) ikat kepala	17
Gambar 2.3	Diagram prinsip kerja EEG	19
Gambar 2.4	Bagian utama otak	21
Gambar 2.5	Fungsi bagian otak kanan dan kiri	24
Gambar 2.6	Perbedaan lobus beserta karakteristik	27
Gambar 2.7	Klasifikasi gelombang otak	31
Gambar 2.8	Proses potensial aksi	39
Gambar 2.9	Bagian neuron	41
Gambar 2.10	Pemulihan aktivasi otak dengan <i>Independent Component Analysis</i> (PCA) dan waktu	48
Gambar 2.11	Kurva <i>band pass</i> filter	49
Gambar 3.1	Prosedur analisis data	62
Gambar 4.1	<i>Raw</i> data sebelum di filter menggunakan ICA	68
Gambar 4.2	<i>Raw</i> data setelah di filter menggunakan ICA	69
Gambar 4.3	<i>Raw</i> data sebelum di filter menggunakan <i>band pass filter</i>	69
Gambar 4.4	<i>Raw</i> data setelah di filter menggunakan <i>band pass filter</i>	71
Gambar 4.5	Visualisasi sinyal (a) delta, (b) theta, (c) alpha, (d) beta	73

Gambar 4.6	Persentase gelombang pada sampel yang diberikan stimulus mendengarkan murottal Al-Quran	74
Gambar 4.7	Persentase gelombang pada sampel yang diberikan stimulus mendengarkan musik klasik.	74
Gambar 4.8	Rata-rata persentase gelombang otak pada sampel saat diberikan stimulus murottal Al-Quran	75
Gambar 4.9	Rata-rata persentase gelombang otak pada sampel saat diberikan stimulus musik klasik.	76
Gambar 4.10	Rata-rata aktivitas gelombang otak saat diberi stimulus murottal Al-Quran dan musik klasik	77

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

De Porter & Mike Hernacki (2000) menyatakan bahwa otak menyimpan semua kecerdasan yang dimiliki manusia sejak lahir. 80 persen otak manusia merupakan *neo cortex* disebut juga "*the thinking cap*" atau otak berpikir atau otak rasional dimana berfungsi sebagai memori, pusat kognitif, berpikir secara sadar serta pembelajaran (Irmaniar, 2021). Setiap manusia memiliki sekitar 100 miliar neuron, berupa sel syaraf yang mengirimkan informasi di dalam otak. Neuron ini terhubung ke neuron lain dalam jaringan yang luas dan kompleks dan berkomunikasi satu sama lain melalui impuls listrik. Arus listrik yang berjalan di antara neuron disebut gelombang otak karena sifatnya yang seperti gelombang siklik. Gelombang otak dapat diukur dengan EEG.

Bataineh & Jarrah (2019) Elektroensefalografi (EEG) digunakan untuk merekam sinyal fisiologis dari proses elektrofisiologis aktivitas listrik otak menggunakan elektroda yang ditempatkan di kulit kepala (Kosmyrna dan Lécuyer, 2019). Hasil studi EEG menunjukkan bahwa ada empat jenis utama gelombang

otak: delta, theta, alfa, dan beta. Studi-studi ini juga menunjukkan bahwa gelombang otak ini berkorelasi dengan keadaan pikiran (McCullough, 2013).

EEG menghasilkan sinyal berupa rangkaian waktu multivariat waktu-diskrit (yaitu, dengan banyak dimensi). Jumlah saluran EEG menentukan dimensi setiap titik dalam deret waktu. Setiap titik waktu sesuai dengan sampel EEG yang diperoleh pada titik waktu yang sama. Jumlah titik dalam deret waktu bergantung pada waktu yang direkam dan laju pengambilan sampel (Perronnet et al. 2016). Sinyal mentah ini jarang digunakan karena termasuk *DC offset dan drift*, derau elektromagnetik, dan artefak yang harus difilter (Bataineh & Jarrah, 2019).

Aktivitas gelombang otak dapat dipengaruhi oleh suara dan berkaitan erat dengan fungsi fisiologis pada otak (Fachner dkk, 2013). Suara dapat memiliki efek antikonvulsan pada otak dan bertindak sebagai stimulus terapeutik. Musik adalah media yang kuat dan kompleks (Rahman *et al.*, 2020). Hal ini memungkinkan untuk meningkatkan fokus, kreativitas, dan merangsang aktivitas fisik. Studi menunjukkan bahwa mendengarkan musik secara signifikan dapat menurunkan laju pernapasan dan detak jantung, yang berkorelasi dengan penurunan tingkat kecemasan. Kemampuan musik untuk

mempengaruhi emosi dan fisiologi manusia. Beberapa sinyal dari daerah otak yang berbeda diselidiki untuk mengidentifikasi fitur memberikan informasi mengenai jenis stimulus suara yang diberikan.

Skor kompetensi siswa Indonesia dalam membaca, matematika, dan sains pada 2018 lebih rendah dibanding pengukuran serupa tiga tahun sebelumnya. Hasil dari pengukuran global untuk siswa berusia 15 tahun itu menunjukkan bahwa rata-rata skor siswa Indonesia adalah 371 dalam membaca, matematika 379, dan sains 396. Capaian skor tersebut di bawah rerata 79 negara-negara peserta PISA (*Programme for International Students Assessment*), yakni 487 untuk kemampuan membaca, dan 489 untuk kemampuan matematika dan sains. Hasil PISA 2018 menunjukkan bahwa 70% siswa Indonesia tidak mampu mencapai level 2 pada *framework* PISA. Hasil siswa Indonesia sangat mengkhawatirkan. Padahal, secara rata-rata hanya sekitar 23% siswa di 79 negara peserta PISA yang tidak mampu menguasai kemampuan membaca level 2 (Revina, 2019). Kasih (2020) menyatakan bahwa pembelajaran yang tepat dapat membantu mendorong, membimbing, memotivasi, menggerakkan, dan mengarahkan remaja dapat menggunakan potensi kognitif, afektif, dan psikomotorik.

Potensi ini dapat dimaksimalkan dengan metode yang tepat untuk meningkatkan kualitas belajar secara optimal (Ilma, 2019).

Penelitian ini menggunakan stimulus murottal Al-Quran dan musik klasik karena keduanya memiliki efek positif pada penurunan kecemasan sampel dan peningkatan kemampuan kognitif. Penelitian yang dilakukan oleh Norsiah & Amira (2017) menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan pada skor yang diperoleh peserta sebelum dan sesudah diperdengarkan ayat kursi. Ahli saraf S. Majid (2013) menemukan hubungan menghafal Al-Quran dengan peningkatan pemikiran dan penemuan ilmiah. Saat menghafal Al-Quran, lobus temporal dalam keadaan yang efisien untuk belajar dan mengingat. Studi Lain oleh A. Abdurrochman (2007) tentang pengaruh pendengaran musik klasik, musik santai dan membaca Al-Quran. Hasil menunjukkan gelombang otak subjek didominasi gelombang alfa saat mendengarkan musik klasik dan musik santai, gelombang otak ketika mendengarkan bacaan Al-Quran didominasi oleh gelombang delta. Penelitian serupa oleh Abdullah & Omar (2011) tentang gelombang otak saat mendengar Al-Quran dan musik *rock*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mendengarkan bacaan Al-Quran menghasilkan

gelombang Alfa dan membantu individu dalam keadaan tenang dibandingkan dengan mendengarkan music *rock*.

Penelitian mengenai identifikasi pola dalam aktivitas otak yang sesuai dengan stimulus tertentu terutama hubungan antara stimulus suara dan gelombang otak menjadi perhatian khusus. Penelitian sebelumnya oleh Rahman *et al* (2020) dalam mengidentifikasi hubungan antara stimulus musik dan gelombang otak serta menganalisis efek dari 3 genre musik yang berbeda. Fitur statistik diekstraksi dari sinyal klasifikasi model berdasarkan K-nearest Neighbor (KNN), Support Vector Mesin (SVM) dan Neural Network (NN). Penelitian ini menunjukkan bahwa NN, bersama dengan pemilihan fitur Genetic Algorithm (GA), dapat mencapai akurasi tertinggi 97,5% dalam mengklasifikasikan 3 genre musik. Model ini juga mencapai akurasi 98,6% dalam mengklasifikasikan musik berdasarkan peringkat subyektif emosi peserta.

Studi terdahulu belum ada yang memahami fenomena ini pada tingkat klasifikasi terhadap stimulus mendengarkan murottal Al-Quran dan musik klasik secara bersamaan. Penelitian ini menggunakan pustaka *mne* dengan algoritma ICA dan *band pass filter* untuk memfilter *raw* data sinyal gelombang EEG agar didapatkan sinyal sebenarnya. Pada penelitian yang dilakukan oleh Winkler

et al. (2015) penggunaan ICA dan *band pass filter* dapat menghapus artefak dan secara signifikan meningkatkan (*Signal to Noise Ratio*) SNR dan akurasi. Data yang telah dilabeli kemudian diklasifikasikan menggunakan algoritma *random forest* karena algoritma ini dapat menghasilkan akurasi yang tinggi, mengelola data besar secara efisien dan mudah dipahami (Onesmus, 2020). Pengelolaan data menggunakan Google Colab karena terbukti efisien dan efektif karena colab dapat memproses data dengan cepat dan tersedia berbagai pustaka yang diperlukan tanpa harus meng-*install* terlebih dahulu (Orhan, 2020). Penelitian ini mencari pola aktivitas otak pada remaja yang terkait dengan stimulus audio yaitu murottal Al-Quran dan musik klasik yang kemudian diklasifikasikan menggunakan metode *random forest*.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana cara klasifikasi aktivitas gelombang otak remaja saat diberikan stimulus murottal Al-Quran dan musik klasik menggunakan metode *random forest* berdasarkan ciri gelombang?

2. Bagaimana akurasi klasifikasi aktivitas gelombang otak remaja saat diberikan stimulus murottal Al-Quran dan musik klasik menggunakan metode *random forest*?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini adalah:

1. Mengetahui cara klasifikasi aktivitas gelombang otak remaja saat diberikan stimulus murottal Al-Quran dan musik klasik menggunakan metode *random forest* berdasarkan ciri gelombang.
2. Mengetahui akurasi klasifikasi aktivitas gelombang otak remaja saat diberikan stimulus murottal Al-Quran dan musik klasik menggunakan metode *random forest*.

D. Batasan Masalah

Pembatasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Murottal Al-Quran yang digunakan adalah surat Al-Baqarah 1-15.
2. Musik klasik yang digunakan adalah Mozart Eine Kleine Nachtmusik, K. 525: I. Allegro.
3. Pada penelitian ini menggunakan 26 sampel mahasiswa UIN Walisongo Semarang dengan rentang usia antara 19-23 tahun dan beragama Islam.
4. Menggunakan *python* pada laman Google Colaboratory dan Weka dalam analisis data.

5. Menggunakan *ICA* dan *band pass filter* dalam memfilter *raw* data.
6. Menggunakan *random forest* dalam klasifikasi data.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat pada penelitian ini adalah:

1. Bagi Pembaca

- a. Dapat mengetahui metode dalam mengoptimalkan kemampuan kognitif.
- b. Dapat memberikan informasi ilmiah mengenai klasifikasi gelombang otak pada remaja saat diberikan stimulus mendengarkan murottal Al-Quran dan musik klasik.

2. Bagi Peneliti

- a. Dapat Memperoleh pengalaman melakukan penelitian eksperimen menggunakan EEG untuk mengetahui aktivitas gelombang otak.
- b. Sebagai salah satu syarat dalam mendapatkan gelar sarjana sains dari Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang.

3. Bagi Institusi

- a. Dapat menambah bahan referensi dalam pengembangan ilmu pengetahuan dalam bidang kesehatan.

- b. Dapat menjadi pemicu untuk penelitian lanjutan yang lebih mendalam terkait klasifikasi gelombang otak pada remaja pada stimulus mendengarkan murottal Al-Quran dan musik klasik.

BAB II

TEORI DAN KAJIAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. EEG (Electroencephalography)

EEG merupakan teknik pencitraan medis non-invasif, didefinisikan sebagai: aktivitas listrik yang direkam dari permukaan kulit kepala dengan bantuan elektroda logam dan media konduktor. EEG sangat berguna bagi neurofisiologi klinis dan neurologi (Abhang *et al.*, 2016). Arus lokal dihasilkan ketika neuron di otak diaktifkan selama eksitasi sinaptik dari dendrit, dan diukur oleh EEG. Perbedaan potensial listrik disebabkan oleh penjumlahan potensial bertingkat pasca sinapsis dari sel piramidal yang menciptakan dipol listrik antara soma (badan neuron) dan apical dendrit (cabang syaraf) (Niedermeyer E, 1993).

Pembacaan EEG adalah prosedur yang sepenuhnya aman yang dapat dilakukan berulang kali pada pasien, orang dewasa normal, dan anak-anak tanpa resiko atau batasan apapun. Aliran arus disebabkan oleh neuron aktif yang terdiri dari ion Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , dan Cl^- yang dikeluarkan melalui saluran di membran neuron dalam arah yang diatur oleh

potensial membran (Atwood, 1989). Aktivitas listrik yang dapat direkam pada permukaan kepala antara elektroda dan arus pada lapisan syaraf menembus melalui kulit, tengkorak, dan beberapa lapisan lainnya. Sinyal yang dideteksi melalui elektroda lemah, sehingga diperkuat, didigitalkan, dan disimpan ke memori computer (Tyner *et al.*, 1983). EEG adalah alat medis yang berguna karena memiliki kemampuan untuk merekam aktivitas listrik normal dan abnormal otak (Nunez, 1995). Pengaruh tertinggi pada EEG berasal dari aktivitas listrik korteks serebral, karena posisi dekat permukaannya (Cohen, 1987).

a. Sejarah

Sejarah selama lebih dari 100 tahun, EEG telah membuat kemajuan besar. Berger meletakkan dasar bagi banyak aplikasinya saat ini, dan juga pertama kali menggunakan kata *electroencephalogram* untuk menggambarkan potensial listrik otak pada manusia. Aktivitas otak ditemukan berubah dengan cara yang konsisten dan dapat dikenali ketika status umum subjek berubah, seperti dari relaksasi ke kewaspadaan. Kemudian, pada tahun 1934, Adrian dan Matthews menerbitkan sebuah makalah yang memverifikasi

konsep "gelombang otak manusia" dan mengidentifikasi osilasi teratur di sekitar 10-12 Hz, yang mereka sebut *alpha rhythm* (Bronzino, 1995).

b. Sistem Penempatan Elektroda

Pengukuran ensefalografi menggunakan sistem pencatatan yang terdiri dari:

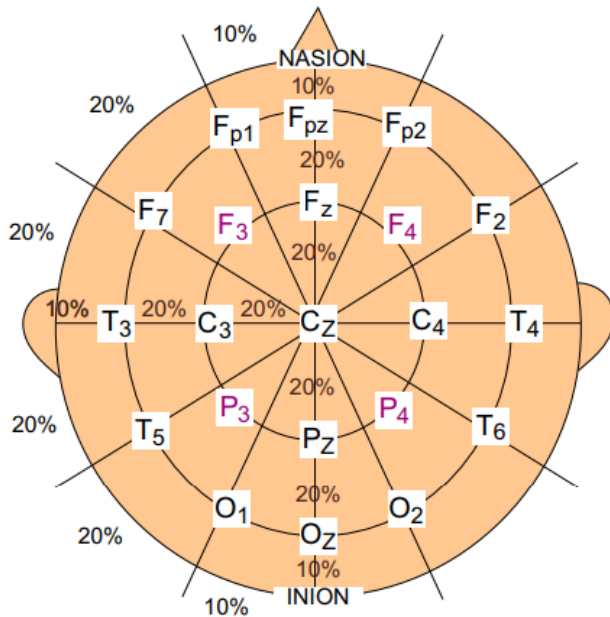
- 1) Elektroda dengan media konduktif
- 2) Amplifier dengan filter
- 3) Konverter analog-ke-digital (A/D)
- 4) Alat perekam

Penempatan standar adalah yang direkomendasikan oleh American encephalography society. Standar sistem penomoran menempatkan elektroda bernomor ganjil di sebelah kiri kulit kepala dan elektroda bernomor genap di sisi kanan kulit kepala. Angka 10% dan 20% mengacu pada jarak antara elektroda yang berdekatan ditempatkan pada jarak 10% atau 20% pada tengkorak. Lokasi elektroda ditentukan dengan membagi perimeter ini menjadi interval 10% dan 20%. F menggambarkan daerah frontal, C menggambarkan daerah tengah, P adalah daerah parietal, O adalah oksipital dan T adalah untuk temporal. Z mengacu pada elektroda yang

ditempatkan di garis tengah. Bagian depan diwakili dengan simbol A. Dasar pertimbangan dalam penempatan elektroda dapat ditentukan dengan titik sebagai berikut (Abhang et al., 2016):

- 1) Nasion merupakan titik paling cekung pada pertengahan dahi dan hidung
- 2) Inion ujung tonjolan oksipital eksternal, penonjolan tulang garis tengah di tulang oksipital tempat ligamen nuchae dan otot trapezius menempel.
- 3) Titik Preaurikularis lubang kecil di depan telinga bagian atas, terletak tepat di antara wajah dan tulang rawan telinga.

Sistem 10/20 pada penempatan 21 elektroda terletak di permukaan kulit kepala dan mengumpulkan sinyal EEG yang dihasilkan oleh aktivitas listrik di otak. Gambar 2.1 menunjukkan sistem penempatan elektroda internasional (Abhang *et al.*, 2016).



Gambar 2.1 Penempatan elektroda menggunakan 10/20 elektroda (Abhang *et al.*, 2016).

Perekaman EEG yang lebih detail, elektroda tambahan ditambahkan ke ruang di antaranya sistem 10/20 yang ada. Sistem penamaan elektroda baru ini lebih rumit, sehingga menimbulkan *Modified Combinatorial Nomenclature* (MCN). Sistem MCN menggunakan 1, 3, 5, 7, dan 9 untuk belahan kiri, masing-masing mewakili 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% dari jarak inion ke nasion; sedangkan 2, 4, 6, 8, dan 10 digunakan untuk belahan kanan. Pendahuluan

huruf tambahan memungkinkan penamaan situs elektroda tambahan (Abhang *et al.*, 2016).

c. Elektroda

EEG merupakan Instrumentasi modern, pilihan jenis pada elektroda tidak memainkan peran penting dalam pengukuran. Lokasi dahi (Fpz) atau telinga lebih disarankan, tetapi terkadang pergelangan tangan atau kaki digunakan (Collura T. A, 1998). Saluran terdiri dari kombinasi semua elektroda bersamaan dengan elektroda referensi dan *ground*. Konfigurasi umum disebut montase.

Elektroda yang paling umum digunakan untuk merekam sinyal EEG dari otak adalah elektroda *cup* dan elektroda jarum subdermal. Elektroda *cup* terbuat dari platina atau timah dan berdiameter sekitar 5-10 mm. Elektroda *cup* ini diisi dengan gel elektrolit konduktor dan dapat ditempelkan ke kulit kepala dengan pita perekat. Perekaman potensial listrik dari kulit kepala sulit dilakukan karena rambut dan kulit berminyak menghalangi kontak listrik yang baik. Oleh karena itu, dokter terkadang lebih suka menggunakan elektroda EEG subdermal daripada elektroda

permukaan logam untuk perekaman EEG. Elektroda jarum merupakan elektroda subdermal yang terbuat dari platinum atau baja tahan karat halus dengan panjang sekitar 10 mm dengan lebar 0,5 mm, yang dimasukkan di bawah kulit untuk memberikan kontak listrik yang lebih baik (Enderle et al., 2005).

Elektroda perekam EEG dan fungsinya yang tepat sangat penting untuk memperoleh data berkualitas tinggi yang sesuai untuk interpretasi. Elektroda terdiri dari berbagai jenis (Gambar 2.2) (abhang *et al.*, 2016):

- 1) Elektroda cakram yang dapat digunakan kembali (emas, perak, baja tahan karat, atau timah).
- 2) Ikat kepala dan tutup elektroda.
- 3) Elektroda berbasis garam.
- 4) Elektroda jarum.

Elektroda kulit kepala yang umum digunakan terdiri dari cakram Ag-AgCl, berdiameter 1-3 mm, dengan kabel fleksibel panjang yang dapat dipasang ke amplifier (Bronzino, 1995). Elektroda AgCl dapat secara akurat merekam perubahan potensial yang sangat

lambat (Teplan, 2002). Elektroda jarum digunakan untuk perekaman yang panjang dan dimasukkan secara invasif di bawah kulit kepala.



(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 2.2 Macam-macam elektroda (a) elektroda cakram (b) elektroda jarum (c) elektroda berbasis garam (d) ikat kepala (Alibaba, 2022).

Perekaman disarankan untuk memiliki kulit yang bersih bebas dari minyak atau lengket lainnya. Lokasi elektroda aktif pada kulit kepala memiliki keterbatasan yang disebabkan oleh sifat tengkorak yang tidak homogen, orientasi yang berbeda dari sumber korteks, koherensi antara

sumber, dan sebagainya, sehingga tidak mencerminkan area tertentu dari korteks (Nunez, 1995).

Penempatan beberapa elektroda referensi perekaman yang berbeda disebutkan dalam literatur. Referensi fisik dapat dipilih sebagai (Abhang et al., 2016):

- 1) Simpul (Cz)
- 2) Telinga yang terhubung
- 3) Ujung hidung

d. Teknik perekaman pada EEG

Rekaman aktivitas syaraf otak pada kulit kepala yang diidentifikasi oleh EEG, memungkinkan pengukuran perubahan potensial dari waktu ke waktu dalam rangkaian listrik dasar yang menghantarkan sinyal elektroda (aktif) dan elektroda referensi (Kondraske GV, 1986). Tambahan tiga elektroda, yang disebut ground elektroda, diperlukan untuk mendapatkan tegangan diferensial dengan mengurangi tegangan yang sama yang ditunjukkan pada titik aktif dan referensi. Konfigurasi minimal untuk pengukuran EEG satu saluran terdiri dari satu elektroda aktif, satu (atau dua yang dihubungkan secara khusus)

elektroda referensi dan satu elektroda *ground*. Konfigurasi *multichannel* memiliki 128 hingga 256 elektroda aktif (Abhang *et al.*, 2016).

Prinsip kerja EEG (Gambar 2.3) dimulai saat elektroda membaca sinyal dari permukaan kepala, amplifier membawa sinyal mikrovolt ke dalam kisaran agar sinyal dapat didigitalkan secara akurat, konverter mengubah sinyal dari analog ke bentuk digital, dan komputer (atau perangkat lain yang relevan) menyimpan dan menampilkan sinyal atau data yang diperoleh (Abhang *et al.*, 2016).



Gambar 2.3 Diagram prinsip kerja EEG

2. Otak

a. Fisiologi Otak

Otak adalah organ pengendali utama manusia. Berbagai kajian ilmiah telah membuktikan bahwa beberapa daerah otak terlibat dalam memikirkan emosi, merespons terhadap stimulus emosional yang ekstrim, dan melihat situasi emosional. Hampir semua aktivitas vital diperlukan untuk bertahan hidup, serta semua emosi, berasal dari

dalam otak. Otak juga menerima dan menafsirkan banyak sinyal yang dikirim oleh bagian lain dari tubuh dan otak lingkungan (Abhang *et al.*, 2016).

b. Anatomi Otak

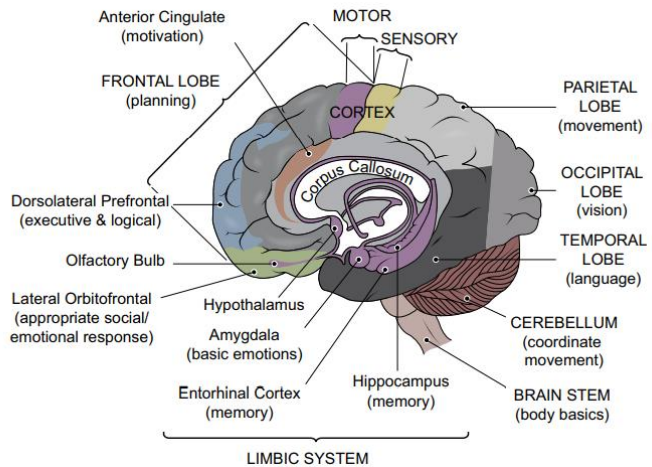
1) Area Otak Utama

Otak terdiri dari sejumlah daerah yang berbeda, masing-masing dengan fungsi khusus. Gambar 2.4 menunjukkan bagian-bagian utama otak. Inti pusat otak terdiri dari batang otak dan otak tengah. Korteks serebral adalah lapisan penutup untuk inti pusat ini. Inti pusat cukup elementer dan lebih tua, dan aktivitasnya sebagian besar tidak disadari. Sebaliknya, korteks serebral sangat berkembang dan mampu mempertimbangkan dan berfungsi, sedangkan bagian otak yang lebih tua tetap relatif stabil (Ekman, *n.d.*, 2016).

a) Batang Otak

Batangnya berada di antara sumsum tulang belakang dan bagian otak lainnya. Terdiri dari medula yang mengontrol pernapasan, detak jantung, dan pencernaan, dan otak kecil yang berkoordinasi masukan sensorik dengan

gerakan otot. Fungsi batang otak mengatur pernapasan, tekanan darah, dan beberapa refleksi. Batang otak selanjutnya didistribusikan ke beberapa bagian yang berbeda bagian: otak tengah, pons, dan *medula oblongata* (Abhang *et al.*, 2016).



Gambar 2.4 Bagian utama otak (Abhang *et al.*, 2016).

b) Otak tengah

Otak tengah terdiri dari fitur-fitur yang berhubungan erat dengan emosi manusia dan pembentukan memori jangka panjang melalui koneksi syaraf ke lobus korteks. Struktur terkandung juga menghubungkan batang otak bagian

bawah ke talamus untuk menyampaikan informasi dari indera ke otak, dan kembali ke otot dan sistem limbic (Abhang *et al.*, 2016).

c) **Sistem limbik**

Sistem limbik memegang hipotalamus, amigdala, dan hipokampus, terdiri dari:

- Hipotalamus bertanggung jawab untuk mendorong tindakan.
- Amigdala terhubung dengan perilaku agresif.
- Hipokampus memainkan peran penting dalam memproses berbagai jenis informasi untuk membentuk ingatan jangka panjang. Salah satu fitur kunci dari otak tengah dan sistem limbik adalah *Reticular Activating System* (RAS). Area inilah yang membuat agar tetap terjaga dan sadar. RAS bertindak sebagai saklar utama yang mengingatkan otak akan data yang masuk dan urgensi pesan (Abhang *et al.*, 2016).

d) *Korteks Serebral*

Korteks serebral adalah lapisan terluar dari otak dan merupakan titik awal berpikir. Pada manusia, korteks serebral telah berevolusi menjadi dua serebral yang simetris (Abhang *et al.*, 2016).

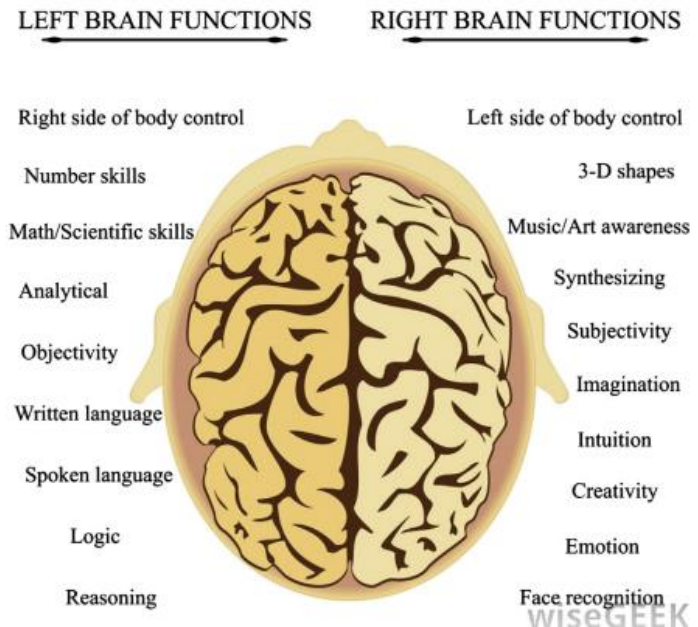
e) *Ganglia Basal*

Ganglia basal adalah sekelompok struktur di pusat otak yang mengoordinasikan pesan antara beberapa wilayah otak (Abhang *et al.*, 2016).

f) *Otak kecil*

Otak kecil berada di bawah dan di belakang otak besar, di dasar dan belakang otak, dan terikat pada batang otak. Otak kecil mengontrol fungsi motorik dan kemampuan tubuh untuk menafsirkan informasi yang dikirim ke otak oleh mata, telinga, dan organ sensorik lainnya. Ini bertanggung jawab untuk koordinasi dan keseimbangan (Socrates, 2017).

Otak dibagi di tengah menjadi dua bagian yang simetris dan sama, dianggap sebagai hemisfer kanan dan kiri (Gambar 2.5). Meskipun ukurannya sama, kedua sisi ini tidak sama dalam menjalankan fungsi yang sama. Kedua belahan dihubungkan oleh corpus callosum dan melayani tubuh dengan cara yang berbeda.



Gambar 2.5 fungsi bagian otak kanan dan kiri (Abhang *et al.*, 2016).

(1) Fungsi otak kiri.

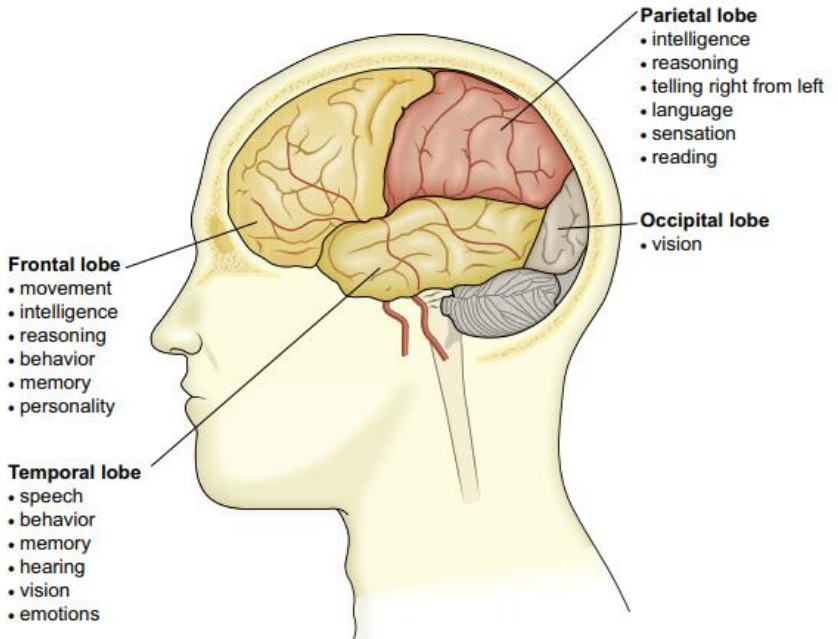
- (a) Sisi kiri otak bertanggung jawab untuk mengendalikan sisi kanan tubuh.
- (b) melakukan tugas-tugas logis seperti yang ditemukan dalam sains dan matematika.
- (c) Otak kiri dominan dalam bahasa.
- (d) Belahan otak kiri penting untuk praproses emosi sosial.

(2) Fungsi otak kanan.

- (a) Otak kanan bertanggung jawab untuk mengendalikan sisi kiri tubuh.
- (b) Bertanggung jawab atas kesadaran kreatif.
- (c) Belahan otak kanan dominan dalam ekspresi emosional.
- (d) Hal ini juga dominan dalam persepsi ekspresi wajah, postur tubuh, dan prosodi (Abhang et al., 2016).

g) Otak besar (Cerebrum)

Cerebrum adalah bagian terbesar dari otak. Bagian ini bertanggung jawab untuk memori, ucapan, perasaan, dan respon emosional. Ini dibagi menjadi empat bagian yang disebut lobus: frontal, temporal, parietal, dan oksipital. Masing-masing menangani segmen tertentu dari pekerjaan otak besar. Diencephalon berada di dalam otak besar di atas batang otak. Tugasnya termasuk sensorik fungsi, kontrol asupan makanan, dan siklus tidur. Bagian otak lainnya dibagi menjadi beberapa bagian, hal ini termasuk talamus, hipotalamus, dan epitel. Otak dilindungi dari kerusakan oleh beberapa lapisan pertahanan. Terluar adalah tulang dari tengkorak. Di bawah tengkorak adalah meninges, serangkaian membran kokoh yang mengelilingi otak dan sumsum tulang belakang. Di dalam meninges, otak dilapisi oleh cairan (Abhang *et al.*, 2016).



Gambar 2.6 Perbedaan lobus beserta karakteristik (Abhang *et al.*, 2016).

c. Lobus Otak dan Fungsinya

Otak adalah organ paling kompleks dalam tubuh manusia. Bagian ini terdiri dari frontal, oksipital, lobus temporal, dan parietal, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6. Keempat lobus memiliki lokasi dan fungsi berbeda yang mendukung respons dan tindakan tubuh manusia (Abhang *et al.*, 2016).

1) Lobus frontal

Lobus frontal adalah pusat kendali emosi otak, bertanggung jawab untuk membentuk kepribadian dan mempengaruhi keputusan. Itu terletak di depan sulkus sentral, di mana ia menerima sinyal informasi dari lobus lain di otak. Lobus frontal bertanggung jawab untuk pemecahan masalah, penilaian, dan fungsi motorik; mengontrol pemikiran, perencanaan, pengorganisasian, memori jangka pendek, dan gerakan. Sebagian besar fungsinya berpusat pada pengaturan social perilaku. Beberapa fungsi penting dari lobus frontal meliputi (Abhang *et al.*, 2016):

- (a) kognisi, pemecahan masalah, dan penalaran
- (b) pengembangan keterampilan motorik
- (c) bagian dari pidato
- (d) kontrol impuls
- (e) spontanitas
- (f) mengatur emosi
- (g) mengatur dorongan seksual
- (h) perencanaan.

2) Lobus Parietal

Lobus parietal memproses informasi sensorik untuk tujuan kognitif dan membantu koordinasi hubungan spasial. Itu berada di bagian tengah otak di belakang sulkus sentral, di atas lobus oksipital. Lobus parietal bertanggung jawab untuk mengatur sensasi, tulisan tangan, dan posisi tubuh. Ini menafsirkan informasi sensorik, seperti suhu dan sentuhan, dan bertanggung jawab untuk memproses informasi sensorik dari berbagai bagian tubuh. Beberapa dari Fungsi lobus parietal antara lain (Abhang et al., 2016):

- (a) merasakan nyeri, tekanan, dan sentuhan
- (b) mengatur dan memproses panca indera tubuh
- (c) gerakan dan orientasi visual
- (d) pidato
- (e) persepsi dan pengenalan visual
- (f) kognisi dan pemrosesan informasi.

3) Lobus Temporal

Lobus temporal terletak di bagian bawah otak di bawah fisura lateral; ada satu lobus temporal di setiap sisi otak, di dekat

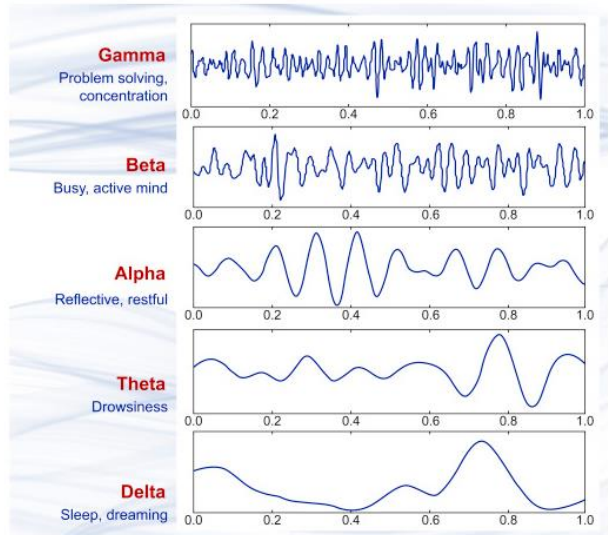
telinga. Lobus terletak di korteks pendengaran primer, yang penting untuk menafsirkan suara dan bahasa yang didengar. Lobus temporal terlibat dengan memori dan pendengaran, dan memproses informasi dari indera penciuman, rasa, dan suara. Mereka juga berperan dalam penyimpanan memori. Fungsi utama lobus temporal adalah untuk memproses suara pendengaran, fungsi lainnya termasuk (Abhang et al., 2016):

- (a) Membantu dalam pembentukan ingatan jangka panjang dan memproses informasi baru.
- (b) Pembentukan memori visual dan verbal.
- (c) Interpretasi bau dan suara.

4) Lobus Oksipital

Lobus *oksipital* terletak di bagian belakang otak di belakang parietal dan lobus temporal, dan terutama bertanggung jawab untuk memproses informasi visual. Lobus *oksipital* berisi sistem pemrosesan visual otak. Lobus *oksipital* memproses gambar dari mata dan menghubungkan informasi itu dengan gambar yang disimpan dalam memori. Lobus

okspital, terkecil dari empat lobus, terletak di dekat daerah posterior korteks serebral, dekat bagian belakang tengkorak. Lobus *okspital* adalah pusat pemrosesan visual utama otak (Abhang *et al.*, 2016).



Gambar 2.7 Klasifikasi gelombang otak (Abhang *et al.*, 2016)

d. Klasifikasi Gelombang Otak

Gelombang otak adalah tegangan listrik yang beresilasi di otak yang berukuran hanya sepersejuta volt. Ada lima gelombang otak yang dikenal luas, dan frekuensi utama gelombang EEG manusia tercantum dalam Tabel 2.1 beserta

karakteristiknya. Aktivitas listrik di otak tergantung pada jenis aktivitas yang dilakukan oleh seseorang. Misalnya, gelombang otak orang yang membaca sangat berbeda dengan gelombang otak orang yang sedang bersantai. Gelombang otak diklasifikasikan dalam lima kategori (Gambar 2.7). Setiap kondisi gelombang memberikan informasi tentang kesehatan dan keadaan pikiran, yaitu sebagai berikut:

1) Gelombang Gamma

Gelombang gamma dianggap sebagai aktivitas otak tercepat. Ini bertanggung jawab untuk kognitif fungsi, pembelajaran, memori, dan pemrosesan informasi. Keunggulan gelombang ini mengarah pada kecemasan, gairah tinggi, dan stres; sementara penekanannya dapat menyebabkan Attention-Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD), depresi, dan ketidakmampuan belajar. Kondisi optimal gelombang gamma membantu perhatian, fokus, pengikatan indera (penciuman, penglihatan, dan pendengaran), kesadaran, pemrosesan mental, dan persepsi (Abhang *et al.*, 2016).

2) Gelombang Beta

Gelombang beta adalah gelombang otak frekuensi tinggi dengan amplitudo rendah yang biasa diamati dalam keadaan terjaga. Mereka terlibat dalam pemikiran sadar dan pemikiran logis, dan cenderung memiliki efek stimulus. Memiliki jumlah gelombang beta yang tepat memungkinkan untuk fokus. Penonjolan gelombang ini menyebabkan kecemasan, gairah tinggi, ketidakmampuan untuk rileks, dan stres, sedangkan penekanan dapat menyebabkan ADHD, melamun, depresi, dan kognisi yang buruk. Secara optimal kondisi gelombang beta membantu dengan fokus sadar, memori, dan pemecahan masalah. Gelombang ini dapat dibagi menjadi tiga klasifikasi khusus (Abhang *et al.*, 2016):

- (a) Gelombang beta rendah (13-15 Hz): dikenal sebagai gelombang “beta satu” dan sebagian besar terkait dengan tenang, fokus, konsentrasi *introvert*.
- (b) Gelombang beta rentang menengah (15-20 Hz): dikenal sebagai gelombang “beta dua”

dan terkait dengan peningkatan energi, kecemasan, dan kinerja.

- (c) Gelombang beta tinggi (18-35 Hz): dikenal sebagai gelombang "beta tiga" dan terkait dengan stres, kecemasan, paranoia, energi tinggi, dan gairah yang signifikan.

3) Gelombang Alfa

Gelombang alpha memiliki rentang frekuensi antara beta dan theta. Mereka membantu tenang bila perlu dan meningkatkan perasaan relaksasi yang mendalam. ketika dapat mengatur gelombang alpanya dengan baik. seseorang yang memiliki gelombang Alfa yang lebih baik dibandingkan beta sering diasosiasikan dengan "kinerja puncak". Biasanya orang-orang dengan gelombang alfa yang tinggi memiliki tingkat konsentrasi yang baik dan emosi yang stabil. Oleh karena itu, dapat menghasilkan ide-ide yang lebih cemerlang, menyerap informasi lebih baik ketika belajar, dan memberikan hasil kerja yang juga lebih baik (Multiph, 2022).

4) Gelombang Theta

Rentang frekuensi khusus ini terlibat dalam melamun dan tidur. ADHD, depresi, hiperaktif, impulsif, dan kurang perhatian, ketika gelombang theta menonjol; terjadi kecemasan, kesadaran emosional yang buruk, dan stres dapat terlihat. Keadaan optimal, theta membantu dalam kreativitas, hubungan emosional, intuisi, dan relaksasi. Gelombang theta memiliki manfaat membantu meningkatkan intuisi dan kreativitas. Theta juga terlibat dalam tidur restoratif (Abhang *et al.*, 2016).

5) Gelombang Delta

Gelombang delta adalah gelombang otak yang tercatat paling lambat pada manusia. Mereka paling banyak ditemukan sering pada bayi dan anak kecil, dan berhubungan dengan tingkat relaksasi yang paling dalam dan restoratif, penyembuhan tidur. Delta terlihat jelas pada cedera otak, masalah belajar, ketidakmampuan untuk berpikir, dan ADHD yang parah. Jika gelombang ini ditekan, itu menyebabkan ketidakmampuan untuk peremajaan tubuh dan merevitalisasi otak, dan

kurang tidur. Produksi gelombang delta yang memadai membantu dalam masa peremajaan dan meningkatkan sistem kekebalan tubuh, penyembuhan alami, dan restoratif / tidur nyenyak (Abhang *et al.*, 2016).

Tabel 2.1 karakteristik setiap jenis gelombang otak

Pita Frekuensi	Frekuensi	Keadaan Otak
Gamma (γ)	> 35 Hz	konsentrasi
Beta (β)	13-35 Hz	kecemasan, aktif, perhatian eksternal, santai
Alpha (α)	8-12 Hz	sangat santai, perhatian pasif
Theta (θ)	5-7 Hz	sangat santai, fokus ke dalam
Delta (δ)	0.5-4 Hz	tidur

3. Biolistrik

Sel syaraf dan otot menghasilkan sinyal bioelektrik yang merupakan hasil dari perubahan elektrokimia di dalam dan di antara sel. Jika sel syaraf atau otot dirangsang oleh stimulus yang cukup kuat untuk mencapai ambang batas yang diperlukan, sel akan menghasilkan potensial aksi. Potensial aksi, yang mewakili aliran singkat ion melintasi membran sel,

dapat diukur dengan intraseluler atau ekstraseluler elektroda. Potensial aksi yang dihasilkan oleh sel yang tereksitasi dapat ditransmisikan dari satu sel ke sel yang berdekatan melalui aksonnya. Ketika banyak sel menjadi aktif, medan listrik dihasilkan yang menyebar melalui jaringan biologis. Perubahan potensial ekstraseluler ini dapat diukur pada permukaan jaringan atau organisme dengan menggunakan elektroda permukaan. Elektrokardiogram (EKG), elektrogastrogram (EGG), elektro ensefalogram (EEG), dan elektromiogram (EMG) (Enderle *et al.*, 2005).

a. Sejarah

Pada tahun 1791, sebuah artikel muncul di *Proceedings of the Bologna Academy* yang melaporkan hasil eksperimen yang diklaim membuktikan keberadaan listrik hewan. Publikasi yang sekarang terkenal ini adalah karya Luigi Galvani. Pada saat diterbitkan, artikel ini menyebabkan banyak kegembiraan di komunitas ilmiah dan memicu kontroversi yang pada akhirnya menghasilkan dua disiplin ilmu yang terpisah dan berbeda: elektrofisiologi dan teknik elektro. Kontroversi muncul dari interpretasi yang berbeda dari data yang disajikan dalam artikel ini.

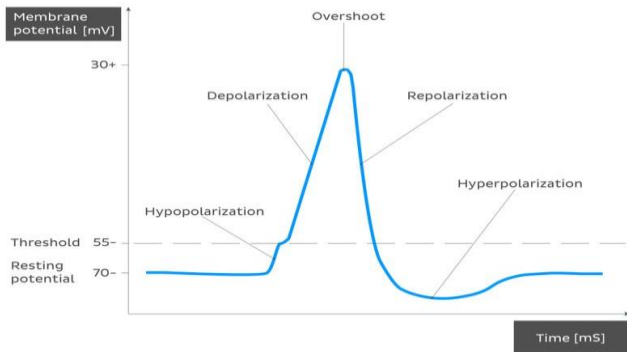
Galvani yakin bahwa kontraksi otot yang diamati pada kaki katak disebabkan oleh beberapa bentuk energi listrik yang berasal dari hewan itu. Disisi lain, Allesandro Volta, seorang profesor fisika di Universitas Padua, yakin bahwa "listrik" yang dijelaskan dalam eksperimen Galvani tidak berasal dari hewan tetapi dari keberadaan logam berbeda yang digunakan dalam eksperimen Galvani (Enderle et al., 2005).

b. Potensial aksi

Potensial aksi adalah sinyal yang dihasilkan oleh aktivitas syaraf. Neuron menghasilkan dan menjalankan sinyal-sinyal melalui proses panjang untuk mengirimkannya ke jaringan target. Setelah terjadi stimulus, dirangsang, dihambat, atau dimodulasi dalam beberapa cara (Grace, 2021).

Menurut aspek ion, potensial aksi disebabkan oleh perubahan sementara permeabilitas membran untuk ion yang dapat berdifusi. Perubahan ini menyebabkan saluran ion terbuka dan ion menurunkan gradien konsentrasinya. Nilai potensial ambang tergantung pada permeabilitas membran, konsentrasi ion

intra dan ekstraseluler, dan sifat membran sel (Grace, 2021).



Gambar 2.8 Proses potensial aksi (Grace, 2021).

Potensial aksi memiliki tiga fase (Gambar 2.8): depolarisasi, overshoot, repolarisasi. Ada dua keadaan potensial membran yang berhubungan dengan potensial aksi. Pertama adalah hipopolarisasi yang mendahului depolarisasi, sedangkan yang kedua adalah hiperpolarisasi, yang mengikuti repolarisasi (Grace, 2021).

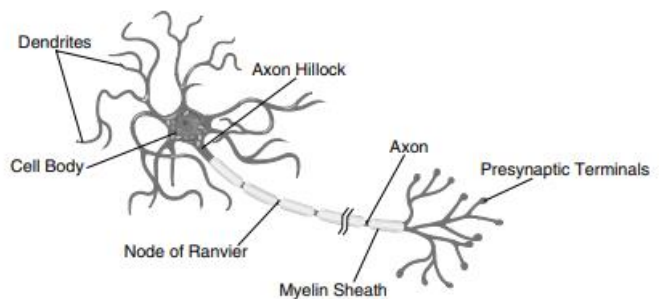
Hipopolarisasi adalah peningkatan awal potensial membran ke nilai potensial ambang. Potensi ambang membuka saluran natrium berpintu yang memiliki tegangan dan menyebabkan masuknya ion natrium dalam

jumlah besar. Fase ini disebut depolarisasi. Selama depolarisasi, bagian dalam sel menjadi semakin elektropositif, sampai potensial mendekati kesetimbangan elektrokimia untuk natrium +61 mV. Fase positif ekstrim ini adalah fase overshoot. Setelah overshoot, permeabilitas natrium tiba-tiba menurun karena penutupan salurannya. Nilai overshoot dari potensial sel membuka saluran kalium berpintu yang memiliki tegangan, yang menyebabkan pengurangan jumlah kalium yang besar, menurunkan elektropositivitas sel. Fase ini merupakan fase repolarisasi, yang bertujuan untuk mengembalikan potensial membran istirahat. Repolarisasi selalu mengarah pertama ke hiperpolarisasi, suatu keadaan dengan potensial membran lebih negatif daripada potensial membran default. Tetapi segera setelah itu, nilai potensial membran kembali tetap (Grace, 2021).

4. Neuron

Perkiraan yang masuk akal dari otak manusia adalah mengandung sekitar 10^{12} neuron dipartisi menjadi kurang dari 1000 jenis yang berbeda dalam struktur yang terorganisir dengan penampilan seragam. Ada dua kelas neuron, yaitu sel syaraf dan sel

neuroglial. Bahkan meskipun ada 10 hingga 50 kali lebih banyak sel neuroglial daripada sel syaraf di otak, perhatian difokuskan di sini pada sel syaraf karena sel-sel neuroglial tidak terlibat dalam sinyal dan terutama memberikan fungsi pendukung untuk sel syaraf. Oleh karena itu, istilah neuron dan sel syaraf digunakan secara bergantian untuk lebih memahami sifat pensinyalan neuron. Secara keseluruhan, kemampuan kompleks otak paling baik dijelaskan berdasarkan interkoneksi neuron dengan yang lain neuron atau perifer dan bukan sebagai fungsi dari perbedaan individu di antara neuron (Enderle et al., 2005).



Gambar 2.9 bagian neuron(Kondraske GV, 1986).

Neuron terdiri dari empat wilayah utama: cell badan, dendrit, akson, dan terminal prasinaps (Gambar 2.9). Badan sel neuron mengandung nukleus dan

peralatan lain yang diperlukan untuk memelihara sel dan mirip dengan sel lain. Namun, tidak seperti sel lain, badan sel neuron terhubung ke sejumlah cabang yang disebut dendrit dan tabung panjang yang disebut akson yang menghubungkan sel tubuh ke terminal prasinaps. Dendrit adalah permukaan reseptif neuron yang menerima sinyal dari ribuan neuron lain secara pasif dan tanpa amplifikasi. Terletak di dendrit dan badan sel adalah situs reseptor yang menerima masukan dari terminal prasinaps pada neuron yang berdekatan. Neuron biasanya memiliki 10^4 hingga 10^5 sinapsis. Komunikasi antara neuron dilakukan melalui neurotransmitter yang mengubah sifat membran. Juga terhubung ke badan sel adalah akson tunggal yang panjangnya berkisar dari 1 meter di sumsum tulang belakang manusia beberapa milimeter di otak. Diameter akson juga bervariasi dari kurang dari 1 sampai $500 \mu\text{m}$.

Secara umum, semakin besar diameter akson, semakin cepat sinyal perjalanan. Sinyal yang merambat dalam akson berkisar dari $0,5 \text{ m/s}$ hingga 120 m/s . Tujuan dari sebuah akson berfungsi sebagai saluran transmisi untuk memindahkan informasi dari satu neuron ke lain dengan kecepatan tinggi. Akson

besar dikelilingi oleh bahan isolasi berlemak disebut selubung mielin dan memiliki celah teratur, yang disebut simpul Ranvier, yang memungkinkan potensial aksi untuk melompat dari satu simpul ke simpul berikutnya. Potensial aksi paling besar mudah dibayangkan sebagai denyut nadi yang berjalan sepanjang akson tanpa berkurang amplitudo. Ujung akson adalah jaringan hingga 10.000 cabang dengan ujung disebut terminal prasinaps. Semua potensial aksi yang bergerak melalui akson merambat melalui masing-masing bercabang ke terminal prasinaps. Terminal prasinaps adalah transmisi unit neuron yang bila dirangsang akan melepaskan neurotransmitter yang mengalir melintasi celah sekitar 20 nanometer ke sel yang berdekatan di mana ia berinteraksi dengan membran postsinaps dan mengubah potensinya (Enderle et al., 2005).

5. Al-Quran

Al-Quran dari segi bahasa berarti “bacaan” atau “sesuatu yang dibaca”. القراءة merupakan bentuk masdar (kata benda) dari Al-Quran yang berarti menghimpun dan mengumpulkan. Hal ini karena Al-Quran seolah-olah mengumpulkan huruf, kata, dan kalimat secara teratur sehingga tersusun dengan rapi dan benar.

Secara istilah berarti firman Allah SWT yang disampaikan oleh malaikat jibril dengan redaksi langsung dari Allah SWT. Kepada Nabi Muhammad SAW, dan disampaikan kepada umat Islam dari generasi ke generasi tanpa ada perubahan (Anshori, 2013). Menurut Shihab (1996), Alquran secara harfiah berarti bacaan yang sempurna. Ia merupakan suatu nama pilihan Allah yang tepat, karena tiada suatu bacaan pun sejak manusia mengenal tulis baca lima ribu tahun yang lalu yang dapat menandingi Alquran, bacaan sempurna lagi mulia.

Kata *Ratlu As-syaghiri* merupakan asal kata dari murottal yang berarti tumbuhan yang bagus dengan masaknyanya dan merekah. Sedangkan menurut istilah berarti bacaan yang tenang, keluarnya huruf dan makhraj dengan baik serta perenungan akan maknanya. Murottal merupakan salah satu bentuk menjaga Al-Quran dengan cara merekam dengan memperhatikan hukum-hukum bacaan, menjaga keluarnya huruf-huruf serta wakaf. Kesimpulannya bahwa murottal memfokuskan pada kebenaran bacaan dan nada (Taimiyah, 2003).

Murottal merupakan Lantunan Al-Quran secara fisik mengandung unsur suara manusia, suara manusia merupakan instrumen penyembuhan yang menakjubkan dan alat yang paling mudah dijangkau. Tempo yang lambat serta harmonis lantunan Al Quran dapat menurunkan hormon-hormon stress, mengaktifkan hormon endorfin alami, meningkatkan perasaan rileks, dan mengalihkan perhatian dari rasa takut, cemas dan tegang, memperbaiki sistem kimia tubuh sehingga menurunkan tekanan darah serta memperlambat pernafasan, detak jantung, denyut nadi, dan aktivitas gelombang otak. Laju pernafasan yang lebih dalam atau lebih lambat tersebut sangat baik menimbulkan ketenangan, kendali emosi, pemikiran yang lebih dalam dan metabolisme yang lebih baik (Rohison, 2008).

6. Musik Klasik

Musik klasik, didefinisikan secara ketat, berarti musik yang diproduksi di dunia Barat antara tahun 1750 dan 1820. Musik ini termasuk opera, musik kamar, paduan suara, dan musik yang membutuhkan orkestra penuh. Namun, bagi sebagian besar, istilah ini merujuk pada semua jenis musik yang berada pada

periode waktu sebelum abad ke-20. Secara khusus dikenal dengan simfoni-simfoninya (Gabler, 2013).

Haydn sering disebut sebagai "bapak musik klasik", karena karyanya selama era ini menjadi dasar pengaruh bagi banyak orang lain. Ironisnya, meskipun ia dianggap sebagai nenek moyang dari era klasik, ia kurang dikenal oleh sebagian besar penonton. Simfoninya no. 94, *The Surprise Symphony*, adalah salah satu karyanya yang paling terkenal (Gabler, 2013).

Musik klasik dalam definisi yang lebih luas membangkitkan komposer seperti Bach, yang mendahului era yang lebih kaku dan lebih tepat diklasifikasikan pada periode Barok. Vivaldi, mungkin paling diingat untuk *The Four Seasons* juga dari periode Baroque. Mesias Handel dikenal oleh banyak orang yang berpartisipasi dalam bernyanyi bersama selama musim Natal. Musik "Klasik" juga dapat merujuk pada musik asli dan musik rakyat dari negara mana pun, meskipun gayanya sangat bervariasi, tergantung pada instrumen yang tersedia. Misalnya, musik klasik Indonesia, dengan penggunaan gamelan, sangat berbeda dari apa yang kebanyakan orang anggap klasik di dunia barat. Tradisi rakyat di negara

lain seringkali cukup berpengaruh terhadap musik barat, namun, karena musisi dari periode barok dan klasik sering mengadaptasi karya mereka dari musik rakyat (Gabler, 2013).

7. **Google Colaboratory**

Google Colaboratory dikenal sebagai Colab, adalah IDE web untuk *python* yang dirilis oleh Google pada tahun 2017. Colab adalah alat yang sangat baik bagi ilmuwan data untuk menjalankan proyek *Machine Learning* dan *Deep Learning* dengan kemampuan penyimpanan *cloud* (Prerna, 2022).

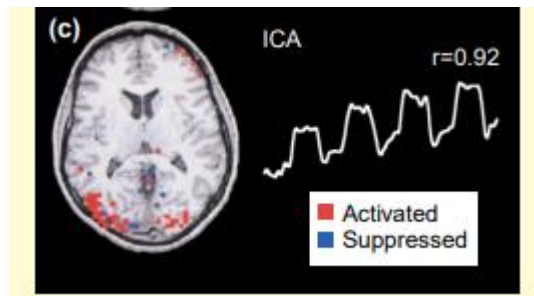
Colab pada dasarnya adalah lingkungan *notebook Jupyter* berbasis *cloud* yang tidak memerlukan penyiapan. Terlebih lagi, ini memberi penggunanya akses gratis ke sumber daya komputasi tinggi seperti GPU dan TPU yang penting untuk melatih model dengan cepat dan lebih efisien (Prerna, 2022).

8. **ICA (Independent Component Analysis)**

ICA bertujuan penguraian sinyal terukur, atau variabel, menjadi sekumpulan variabel dasar yang telah diterapkan dalam dua bidang penelitian yang relevan dengan ilmu kognitif: analisis data biomedis dan pemodelan komputasi. Salah satu aplikasi biomedis paling awal dari ICA melibatkan analisis data

EEG, dengan ICA digunakan untuk memulihkan sinyal yang terkait dengan deteksi target visual (Palmer, 2021).

ICA telah digunakan untuk memulihkan *Temporal Independent Component* (TIC) yang terkait dengan deteksi target visual (Gambar 2.1). Dalam hal ini, setiap output elektroda adalah campuran temporal. Sinyal yang direkam pada setiap elektroda adalah campuran TIC, dan ICA temporal (tICA) digunakan untuk memulihkan perkiraan komponen independen temporal ini (Palmer, 2021).



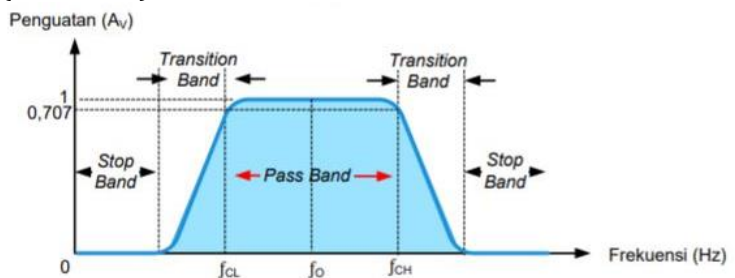
Gambar 2.10 pemulihan aktivasi otak dengan *Independent Component Analysis* (ICA) dan waktu (Palmer, 2021).

9. Band Pass Filter

Band Pass Filter sering disingkat dengan BPF adalah filter atau penyaring frekuensi yang

melewatkan sinyal frekuensi dalam rentang frekuensi tertentu yaitu melewati sinyal yang berada di antara frekuensi batas bawah hingga frekuensi batas atasnya. Dengan kata lain, *band pass filter* ini akan menolak atau melemahkan sinyal frekuensi yang berada diluar rentang yang ditentukan tersebut (Kho, 2021). Penggambaran seperti pada kurva (Gambar 2.11).

Salah satu aplikasi sederhana *band pass filter* adalah pada penguat audio, pengendali nada (*tone control*) dan penyaring *crossover speaker*. Pada rangkaian-rangkaian tersebut, kadang-kadang hanya perlu melewati rentang frekuensi tertentu yang tidak dimulai dari 0 Hz atau memerlukan sinyal yang berakhir pada suatu titik frekuensi tinggi tertentu (Kho, 2021).



Gambar 2.11 Kurva *band pass filter* (Rasyid, 2020).

10. Power Spectral Density (PSD) Metode Welch

Power Spectral Density (PSD) adalah dekomposisi sinyal ortogonal yang paling banyak

digunakan karena efisiensi komputasi dan kemudahan interpretasi. Secara implisit diasumsikan bahwa sinyal tersebut stasioner; namun, PSD sering digunakan dengan peristiwa transien yang durasinya relatif panjang terhadap konten spektral. Transien merupakan perubahan nilai tegangan atau arus maupun keduanya baik sesaat maupun dalam jangka waktu tertentu (dalam orde mikrodetik) dari kondisi tunaknya (*steady state*). Fungsi jendela pembobotan diperlukan untuk jumlah sampel terbatas yang akan menyebabkan kebocoran dan menyebabkan distorsi komponen spektral; dan juga memiliki resolusi frekuensi terbatas. Namun pendekatan ini adalah alat industri yang paling banyak digunakan untuk analisis getaran pada mesin berputar (Yiu, 2019).

11. Weka

Weka adalah perangkat lunak sumber terbuka yang dikeluarkan di bawah Lisensi Publik Umum GNU. Weka menggunakan bahasa pemrograman Java dan berjalan di hampir semua platform komputasi modern. Kumpulan lengkap teknik preprocessing dan pemodelan data. Kemudahan penggunaan karena antarmuka pengguna grafisnya (Hall et al., 2021).

Weka mendukung beberapa tugas penambangan data standar, khususnya, pra pemrosesan data, pengelompokan, klasifikasi, regresi, visualisasi, dan pemilihan fitur. Input ke Weka diharapkan diformat sesuai dengan Attribute-Relational File Format dan nama file dengan ekstensi (Java Point, 2011).

Semua teknik Weka didasarkan pada asumsi bahwa data tersedia sebagai satu file datar atau relasi, di mana sejumlah atribut menggambarkan setiap titik data (atribut numerik atau nominal, tetapi juga mendukung beberapa jenis atribut lainnya). Weka menyediakan akses ke database SQL menggunakan *Java Database Connectivity* dan dapat memproses hasil yang dikembalikan oleh kueri database. Weka menyediakan akses ke deep learning dengan Deep learning (Java Point, 2011).

12. Random Forest

Random forest adalah algoritma pembelajaran yang diawasi. “forest” yang dibangunnya adalah ansambel pohon keputusan, biasanya dilatih dengan metode “*pocket*”. Gagasan umum metode *bagging* adalah bahwa kombinasi model pembelajaran meningkatkan hasil keseluruhan. Untuk *random forest*

yang terdiri dari N trees dirumuskan sebagai (Java Point, 2011):

$$l(y) = \operatorname{argmax}_c \left(\sum_{n=1}^N I_{h_n(y)=c} \right) \quad (2.1)$$

Keterangan:

I = fungsi indikator

h_n = tree ke-n dari *random forest*

Algoritma *random forest* memiliki tiga parameter utama, yang perlu diatur sebelum pelatihan. Ini termasuk ukuran simpul, jumlah pohon, dan jumlah fitur sampel. Dari situ, pengklasifikasi hutan acak dapat digunakan untuk memecahkan masalah regresi atau klasifikasi (Onesmus, 2020).

Algoritme *random forest* terdiri dari kumpulan pohon keputusan, dan setiap pohon dalam ansambel terdiri dari sampel data yang diambil dari set pelatihan dengan penggantian, yang disebut sampel bootstrap. Dari sampel pelatihan tersebut, sepertiganya disisihkan sebagai data pengujian, yang dikenal sebagai sampel out-of-bag (oob), yang akan kita bahas nanti. Contoh lain dari keacakan kemudian disuntikkan melalui fitur mengantongi, menambahkan lebih banyak keragaman ke dataset dan mengurangi korelasi antara pohon keputusan. Tergantung pada jenis masalahnya, penentuan prediksi akan berbeda-beda.

Untuk tugas regresi, pohon keputusan individual akan dirata-ratakan, dan untuk tugas klasifikasi, suara mayoritas—yaitu. variabel kategori yang paling sering—akan menghasilkan kelas yang diprediksi. Terakhir, sampel oob kemudian digunakan untuk validasi silang, menyelesaikan prediksi tersebut (Onesmus, 2020).

B. Tinjauan Pustaka

1. Penelitian yang dilakukan oleh Rahman et al (2020) adalah mengidentifikasi pola kegiatan di otak yang sesuai dengan emosi tertentu. Hubungan antara stimulus musik dan gelombang otak telah tertentu minat karena efek sengketa musik pada aktivitas otak mengambil pendekatan komputasi untuk memahami efek yang berbeda jenis musik pada otak manusia; menganalisis efek dari 3 genre musik yang berbeda pada peserta elektroensefalogram (EEG). Aktivitas otak direkam menggunakan headset 14 saluran dari 24 peserta sambil mendengarkan musik yang berbeda. Fitur statistik diekstraksi dari sinyal dan fitur saluran yang berguna diidentifikasi menggunakan berbagai teknik fitur. Menggunakan fitur-fitur ini membuat klasifikasi model berdasarkan K-nearest Neighbor (KNN), Support Vector Mesin (SVM) dan Neural

Network (NN). Analisis menunjukkan bahwa NN, bersama dengan pemilihan fitur Genetic Algorithm (GA), dapat mencapai akurasi tertinggi 97,5% dalam mengklasifikasikan 3 genre musik. Model ini juga mencapai akurasi 98,6% di mengklasifikasikan musik berdasarkan peringkat subyektif emosi peserta. Selain itu, gelombang otak yang direkam mengidentifikasi tingkat gelombang gamma, yang sangat penting dalam mendeteksi epilepsi kejang. Hasil menunjukkan bahwa teknik komputasi ini efektif dalam membedakan genre musik berdasarkan efeknya pada otak manusia. Penelitian sebelumnya mengidentifikasi pola EEG dengan tiga genre musik berbeda dan dibandingkan dengan tiga fitur algoritma berbeda. Penelitian ini menganalisis murottal Al-Quran dan musik klasik untuk diklasifikasikan menggunakan algoritma *random forest*.

2. Penelitian oleh Liu et al (2007) melakukan rancangan pada tangan kiri atau kanan imajiner gerakan dan algoritma baru diusulkan untuk mengidentifikasi berbeda pola EEG. Filter Butterworth telah diterapkan untuk mengambil sinyal yang berguna. Gangguan kebisingan telah dihilangkan menggunakan penyaring digital. Entropi wavelet diperlakukan sebagai salah

satu fitur dalam mendekati. Model autoregresif adaptif dikombinasikan dengan desinkronisasi terkait peristiwa digunakan dalam penelitian untuk memperoleh fitur lainnya. Dua fitur yang diperoleh mencerminkan domain waktu dan fitur domain frekuensi sinyal EEG, dan akan digunakan oleh Jaringan syaraf BP untuk pelatihan. Simulasi telah dilakukan dan hasil simulasi menunjukkan bahwa pendekatan ini bisa menahan gangguan kebisingan dan secara efektif dapat mengekspresikan mental negara bagian. Saat digunakan dalam klasifikasi kejadian khusus di antarmuka otak komputer, pendekatan ini memiliki beberapa keunggulan. Selain itu, dapat digunakan untuk analisis online. Penelitian sebelumnya mengidentifikasi pola EEG dengan stimulasi gerakan dari rancangan pada gerakan tangan kiri atau kanan imajiner. Penelitian ini menganalisis murottal Al-Quran dan musik klasik untuk diklasifikasikan menggunakan algoritma *random forest*.

3. Penelitian yang dilakukan oleh Norsiah & Nurul Amira (2017) dalam menilai efektivitas Ayatul Kursi dengan pelatihan *neurofeedback* (NFT) pada kinerja memori di antara dua perlakuan pada siswa kelas konseling.

Pelatihan dilakukan peserta selama lima sesi dalam sepekan di laboratorium konseling. Sebanyak 10 peserta mengikuti *pre-test* pada hari yang sama di ruangan yang tenang tanpa ada gangguan di ruang konseling. Pada tahap kedua peserta mengikuti pelatihan *neurofeedback* menggunakan Ayatul kursi. Berdasarkan data yang diperoleh mayoritas menunjukkan peningkatan gelombang alfa pada sesi ini. Tahap ketiga, dilakukan *post-test* dengan instrumen *Intelligence Scale Weshler Bellover the Digit Span* dan *Digit Symbol* diberikan setelah sesi tiga pelatihan untuk melihat perbedaan skor yang diperoleh pada saat *pre-test* dan *post-test*. Hasilnya menunjukkan peningkatan yang signifikan pada skor yang diperoleh peserta. Penelitian sebelumnya hanya menggunakan satu stimulus gelombang otak yaitu ayat kursi. Penelitian ini menganalisis murottal Al-Quran dan musik klasik untuk diklasifikasikan menggunakan algoritma *random forest*.

4. Penelitian oleh Abdurrochman *et al* (2007) untuk melihat efek dari pendengaran (musik klasik, musik relaksasi dan pembacaan Alquran) dalam rekaman *EEG* dan dibandingkan satu sama lain. Ini adalah sebuah studi *Auditory Evoked Potential (AEP)*. AEP

merekam musik klasik dan musik relaksasi sama dengan studi lainnya. Mereka didominasi dengan gelombang alfa. Tapi, catatan AEP pada murottal Al-Quran didominasi dengan delta. Ketika didominasi dengan gelombang delta pelajar mengantuk pada jam belajar di sekolah. Jadi, dapat disimpulkan bahwa bacaan Al-Quran dapat digunakan untuk terapi gangguan tidur berbeda bila dibandingkan dengan musik klasik dan musik rileks. Penelitian sebelumnya memakai tiga stimulus suara untuk melihat aktivitas gelombang otak. Penelitian ini menganalisis murottal Al-Quran dan musik klasik untuk diklasifikasikan menggunakan algoritma *random forest*.

5. Penelitian yang dilakukan Abdullah & Omar (2011) mengenai otak manusia yang merupakan salah satu sistem organik paling kompleks, melibatkan miliaran proses fisiologis dan kimia yang berinteraksi memunculkan aktivitas neuroelektrik kemudian diamati secara eksperimental dengan EEG. Banyak peneliti telah menyelidiki pengaruh berbagai peristiwa terhadap sinyal EEG seperti meditasi dan musik klasik. Hasil analisis menyatakan bahwa meditasi dan musik klasik dapat membantu seseorang untuk berada dalam kondisi rileks. Penelitian ini dilakukan dalam rangka

memperluas temuan penelitian tentang pengaruh aktivitas keagamaan terhadap otak manusia. Sinyal EEG dari subjek saat istirahat, serta dalam kondisi kognitif yang berbeda; mendengarkan pembacaan Quran dan mendengarkan musik keras diukur dan dianalisis. Analisis statistik menggunakan software SPSS dilakukan untuk menguji keabsahan data yang diperoleh. Hasil analisis dari penelitian ini menunjukkan bahwa mendengarkan bacaan Al-Qur'an dapat membangkitkan gelombang alfa dan dapat membantu seseorang untuk selalu dalam kondisi rileks dibandingkan dengan mendengarkan musik *hard rock*. Penelitian sebelumnya hanya menganalisis pengaruh bacaan Al-Quran dilihat dari aktivitas gelombang otak. Penelitian ini menganalisis murottal Al-Quran dan musik klasik untuk diklasifikasikan menggunakan algoritma *random forest*.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Fisika Modern, kampus III Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang. Penelitian ini dilakukan pada rentang waktu Oktober-November 2022.

B. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini ,
yaitu:

1. EEG

EEG digunakan untuk merekam aktivitas listrik pada permukaan kulit kepala dengan bantuan elektroda logam dan media konduktor. Berikut spesifikasi EEG Contec KT88 yang digunakan dalam penelitian ini:

- a. 16 saluran EEG
- b. Tingkat pengambilan sampel: 100 titik/detik
- c. Akurasi: 12 bit
- d. Impedansi masukan: 100 M Ω
- e. Arus bocor pasien: < 10 A
- f. Tingkat kebisingan: 5 μ Vp-p
- g. CMRR: 90 dB

- h. Pembesaran berganda: 10000
- i. Filter konstan: semua undang-undang digital dan gratis
- j. Kecepatan tampilan (kecepatan kertas):
5,10,15,30,60,120 mm/s
- k. Amplitudo: 1, 1,5, 2, 3, 5, 7,5, 10, 12, 15, 20, 30, 50
mm/50 V
- l. Kecepatan pemutaran: 1 kali, 2 kali, 3 kali, 10 kali,
20 kali, 40 kali, 60 kali
- m. Penekanan interferensi 50 Hz: 30 dB
- n. Jenis keamanan: Kelas II, tipe BF diterapkan
bagian.

2. Audio atau pemutar alat musik

Rekaman audio yang digunakan sampel dalam mendengarkan stimulus murottal Al-Quran surat Al-baqarah ayat 1-15 atau musik klasik mozzart Eine Kleine Nachtmisik. K.525: I. Allegro.

C. Metode

Pada penelitian ini menggunakan jenis penelitian kuantitatif yang bersifat eksperimen/percobaan. Pelaksanaan penelitian untuk mengetahui ciri aktivitas otak terhadap variabel independen (*treatment/stimulus*) dalam kondisi yang dikendalikan (Satriawan, 2022).

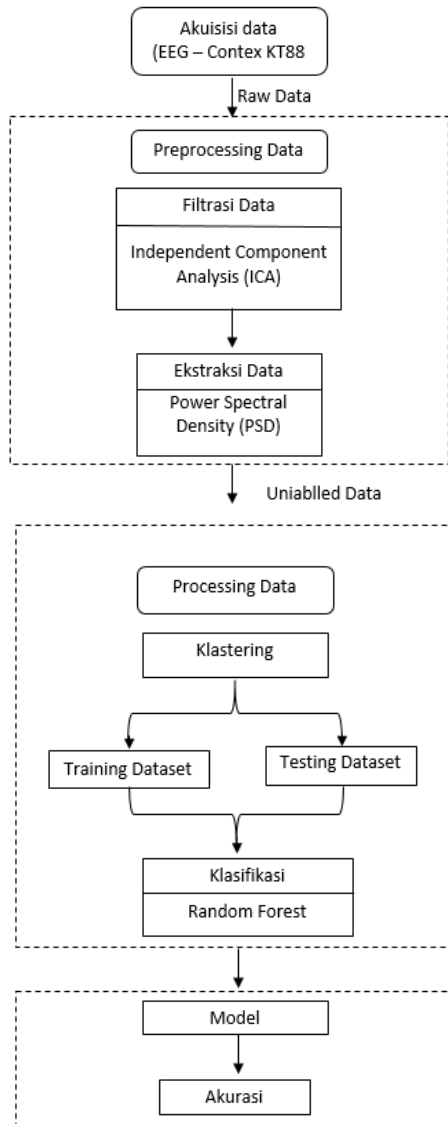
1. Sampel penelitian

Sampel yang digunakan sebanyak 26 sampel dengan dibagi pada 2 stimulus berbeda yaitu, 13 sampel dengan stimulus diperdengarkan murottal Al-Quran dan 13 sampel dengan stimulus diperdengarkan musik klasik. Ketentuan lain meliputi:

1. Mahasiswa UIN Walisongo Semarang dengan rentang usia antara 19-23 tahun beragama Islam.
2. Sehat jasmani dan rohani.
3. Sedang tidak mengonsumsi obat-obatan.

2. Prosedur Penelitian

Skema penelitian dimulai dengan mengumpulkan studi literatur yang relevan dengan penelitian dari berbagai sumber; seperti *e-book*, jurnal, buku, skripsi dan buku non-fiksi. Alat dan bahan dipersiapkan sebelum dilakukan pengambilan data. Pengambilan data dengan memasang 10/20 elektroda pada kepala. Pengambilan data dilakukan pada dua stimulus. Stimulus pertama sampel tidak diberi stimulus apapun dan dalam keadaan rileks. Stimulus kedua sampel akan di diberi stimulus sesuai dengan kelompok stimulusnya.



Gambar 3.1 Prosedur analisis data

Pada saat pengambilan data sampel dikondisikan dengan mata terpejam dan tidak diperkenankan bergerak, agar menghindari artefak dalam pengambilan data. Data yang diperoleh kemudian dianalisis. Hasil analisis kemudian dibahas dan disimpulkan.

Prosedur analisis data disajikan pada gambar 3.1. Data dari sinyal EEG akan diolah menggunakan google colab untuk menjalankan proyek *machine learning* dengan kemampuan penyimpanan *cloud*. Raw data EEG akan difilter menggunakan *package library mne* dengan algoritma ICA yang digunakan untuk memulihkan sinyal yang terkait dengan deteksi target visual dan *band pass filter* digunakan untuk menyaring sinyal frekuensi dengan *lowpass* dan *highpass* pada raw data sinyal EEG. Hasil filter raw data diekstraksi menggunakan psd metode welch. Tahap selanjutnya pelabelan data sesuai stimulus yang diberikan. Data hasil pelabelan diolah menggunakan metode *random forest* untuk klasifikasi saat diberikan stimulus mendengarkan murottal Al-Quraan dan musik klasik.

3. Teknik Analisis Data

Confusion matrix digunakan saat memecahkan masalah klasifikasi. Confusion matrix dapat diterapkan

untuk klasifikasi biner serta untuk masalah klasifikasi multi kelas. Contoh *confusion matrix* untuk klasifikasi biner ditunjukkan pada Gambar 3.3 (Kulkarni et al., 2020).

Tabel 3.1 *Confusion matrix* untuk klasifikasi biner

PREDICTION/ACTUAL	POSITIVE	NEGATIVE
POSITIVE	<i>True</i> <i>positive</i>	<i>False</i> <i>Negative</i>
NEGATIVE	<i>False</i> <i>Negative</i>	<i>True</i> <i>Negative</i>

Confusion matrix mewakili jumlah dari nilai prediksi dan aktual. Keluaran "TN" adalah singkatan dari *True Negative* yang menunjukkan jumlah contoh negatif yang diklasifikasikan secara akurat. Demikian pula, "TP" adalah singkatan dari *True Positive* yang menunjukkan jumlah contoh positif yang diklasifikasikan secara akurat. Istilah "FP" menunjukkan nilai *False Positive*, yaitu jumlah contoh negatif aktual yang diklasifikasikan sebagai positif; dan "FN" berarti nilai *False Negative* yang merupakan jumlah contoh positif aktual yang diklasifikasikan sebagai negatif. Salah satu metrik yang paling umum digunakan saat melakukan klasifikasi adalah akurasi.

Keakuratan model melalui *confusion matrix* (Kulkarni et al., 2020).

Akurasi rendah jika digunakan dengan kumpulan data yang tidak seimbang, oleh karena itu ada *matrix* lain berdasarkan *confusion matrix* yang dapat berguna untuk mengevaluasi kinerja. Presisi dan *recall* banyak digunakan untuk klasifikasi. Presisi menunjukkan seberapa akurat model untuk memprediksi nilai positif. Hal ini dikenal sebagai nilai prediksi positif. *Recall* berguna untuk mengukur kekuatan model untuk memprediksi hasil positif, dan juga dikenal sebagai sensitivitas model. Kedua tindakan memberikan informasi yang berharga, tetapi tujuannya adalah untuk meningkatkan *recall* tanpa mempengaruhi presisi. Nilai presisi dan *recall* dapat dihitung dengan *python*. Rumus untuk menghitung akurasi, presisi dan daya ingat diberikan di bawah ini (Kulkarni et al., 2020):

$$\text{Akurasi} = \frac{TP+TN}{TP+FP+FN+TN} \times 100\% \quad 3.1$$

$$\text{Presisi} = \frac{TP}{TP+FN} \times 100\% \quad 3.2$$

$$\text{Recall} = \frac{TN}{TN+FP} \times 100\% \quad 3.3$$

Keterangan:

TP = Jumlah data positif dan diprediksi benar

TN = Jumlah data negatif yang diprediksi benar

FP = Jumlah data negatif namun diprediksi positif

FN = Jumlah data positif namun diprediksi negatif

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Electroencephalography (EEG) *Contec KT88*, digunakan dalam mengukur sinyal elektromagnetik lemah yang berasal dari arus syaraf di otak. Pengambilan data menggunakan EEG dengan 16 saluran dan 2 saluran tambahan. Data yang dihasilkan setiap 1 detik dengan amplitudo gelombang 7,5 mm/50 μ V dan kecepatan 30mm/s. Data sinyal-sinyal ini berguna untuk mengklasifikasikan aktivitas otak.

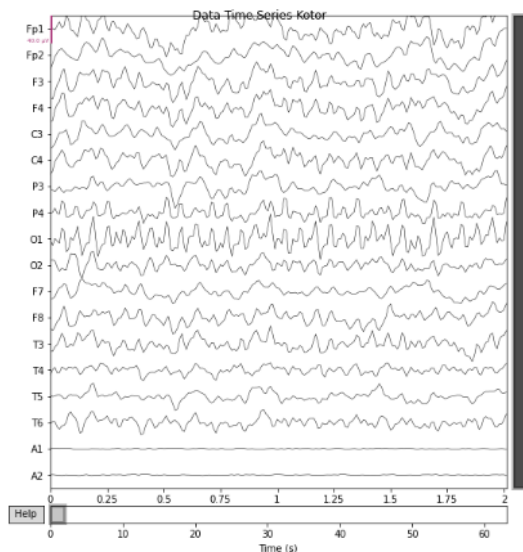
Data yang dihasilkan dari EEG disebut *raw data*, disimpan dalam bentuk file EDF. *Raw data* ini akan diolah dalam dua tahap. Tahap pertama *preprocessing* data yang terdiri dari filtrasi data dan ekstraksi data. Tahap kedua *processing* data yang terdiri dari pelabelan dan klasifikasi. *Raw data* dengan bentuk EDF akan dibuka menggunakan aplikasi EDF *browser* dan dikonversikan menghasilkan data dalam bentuk TXT. Data dalam bentuk TXT kemudian diubah dalam bentuk CSV untuk diolah menggunakan bahasa pemrograman *python*.

A. Filtrasi data

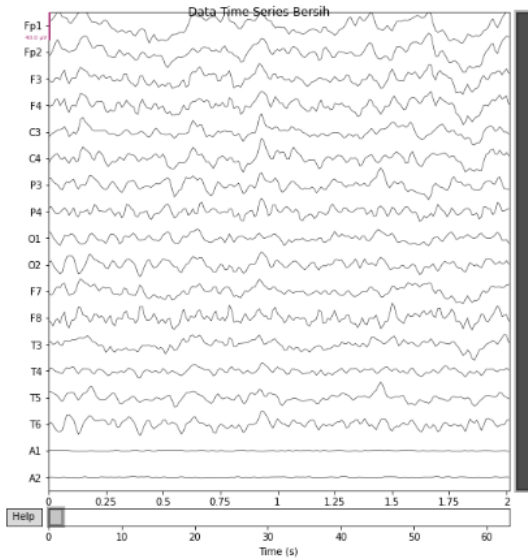
Kualitas *raw data* EEG ditentukan pada proses pengambilan datanya. Data yang dihasilkan biasanya memiliki artefak dan *noise* yang disebabkan pergerakan

sampel atau gangguan dari kondisi sekitar. *Raw* data dalam bentuk CSV akan di filter menggunakan ICA untuk memulihkan sinyal dari artefak dan noise.

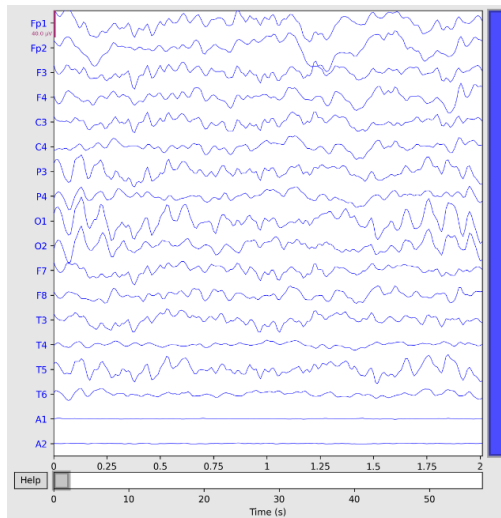
Gambar 4.1 merupakan *raw* data sebelum di filter, adanya sinyal otak yang bersinggungan antara satu saluran dengan yang lain. Gambar 4.2 merupakan hasil setelah di filter menggunakan ICA, sinyal terlihat baik karena artefak dan *noise* telah berkurang, tidak ada lagi sinyal yang bersinggungan antara saluran.



Gambar 4.1 *Raw* data sebelum di filter menggunakan ICA



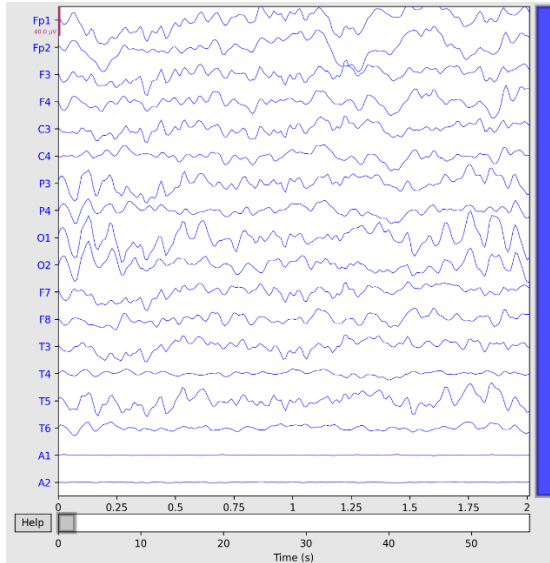
Gambar 4.2 Raw data setelah di filter menggunakan ICA



Gambar 4.3 Raw data sebelum di filter menggunakan *band pass filter*

Data yang telah difilter menggunakan ICA kemudian akan di filter menggunakan *band pass filter*. *Band pass filter* berfungsi untuk penyaring frekuensi. Gambar 4.3 merupakan *raw* data sebelum di filter menggunakan *band pass filter*. Filtrasi dilakukan berdasarkan rentang frekuensi pada empat jenis gelombang otak, yaitu; delta (0.5-4 Hz), theta (5-7 Hz), alpha (8-12 Hz), dan beta (13-35 Hz). Sehingga, sinyal otak yang kurang dari 0,5 Hz (*lowpass filter*) dan sinyal yang melebihi 35 Hz (*highpass filter*) akan dilemahkan secara otomatis. Hasil *Raw* data setelah di filter menggunakan *band pass filter* pada gambar 4.4.

Raw data yang di filter menggunakan ICA dan *band pass filter* akan disimpan kembali dalam bentuk EDF. Proses kedua filter tersebut akan menghasilkan data sinyal yang baik karena *noise* dan artefak serta ketidaksesuaian sudah di hilangkan. Penggunaan kedua filter ini diharapkan dapat memberikan data yang benar-benar sesuai sehingga dalam proses klasifikasi didapatkan hasil yang maksimal.



Gambar 4.4 Raw data setelah di filter menggunakan *band pass filter*

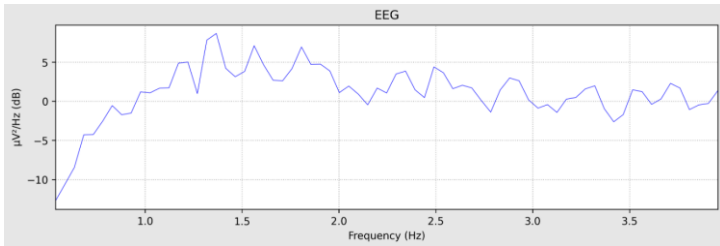
B. Ekstraksi

Data diekstraksi menggunakan *Power Spectral Density* (PSD) berbasis metode *Welch* pada laman colab menggunakan *python* dengan menginstal pustaka *mne*, *numpy*, dan *pandas*. PSD *welch* berfungsi untuk mereduksi sinyal yang dihasilkan dari EEG. Metode ini bekerja dengan mentransformasi sinyal dari *time-based* ke *frequency-based* sehingga akan diperoleh informasi tentang frekuensi yang terkandung pada sinyal tersebut. Data yang dihasilkan pada proses ekstraksi adalah berupa tabel persentase pada masing-masing jenis gelombang

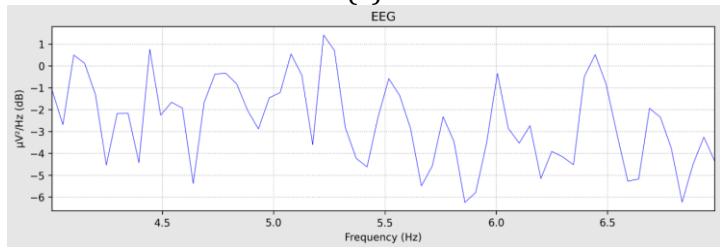
yaitu delta, theta, alfa, dan beta dalam satu data. Gambar 4.5 merupakan sinyal yang divisualisasi berdasarkan pada jenis gelombang dilihat dari rentang frekuensi dalam satu file data. Sinyal divisualisasikan terpisah berdasarkan rentang frekuensi. PSD *welch* mengubah data sinyal menjadi data tabel berisi angka.

Gambar 4.6 data yang didapatkan bersinggungan satu sama lain. Gelombang alpha bersinggungan dengan gelombang delta dan theta, hal ini dikarenakan kondisi sampel yang tidak homogen. Aktivitas otak bersifat spontan dan tidak bergantung pada rangsangan sensorik tertentu, hal itu dapat dengan mudah diubah oleh rangsangan tersebut. Ketidak homogen ini dapat akibatkan oleh kondisi awal sampel atau kondisi sekitar saat pengambilan data.

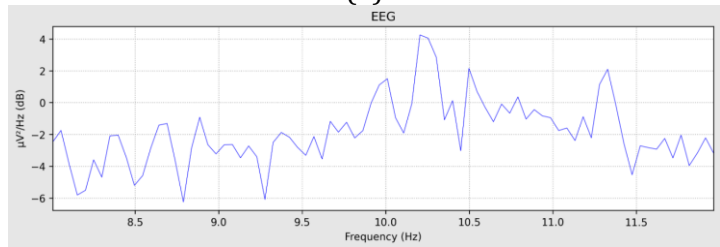
Gambar 4.7 data yang didapatkan bersinggungan satu sama lain. Gelombang alpha bersinggungan dengan gelombang delta, hal ini dikarenakan kondisi sampel yang tidak homogen. Aktivitas otak bersifat spontan dan tidak bergantung pada rangsangan sensorik tertentu, hal itu dapat dengan mudah diubah oleh rangsangan tersebut. Ketidak homogen ini dapat akibatkan oleh kondisi awal sampel atau kondisi sekitar saat pengambilan data.



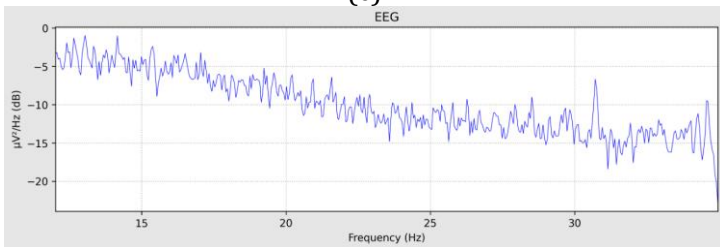
(a)



(b)

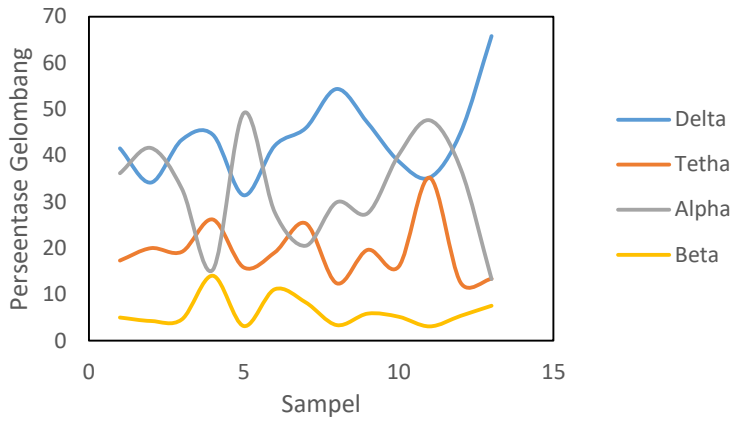


(c)

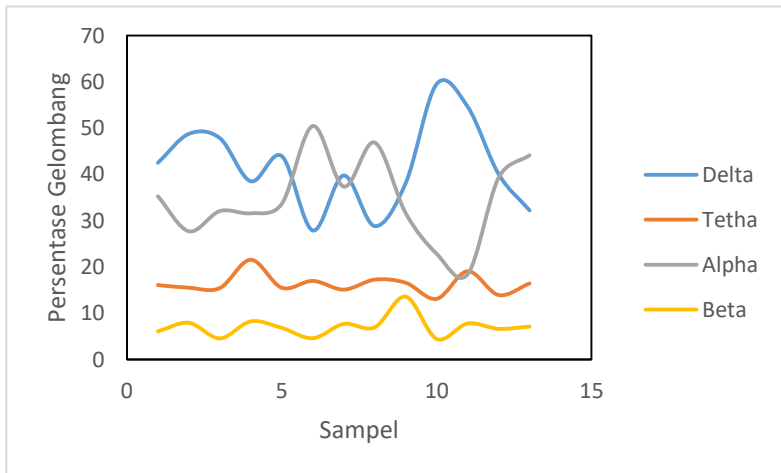


(d)

Gambar 4.5 visualisasi sinyal (a) delta, (b) theta, (c) alpha, (d) beta.

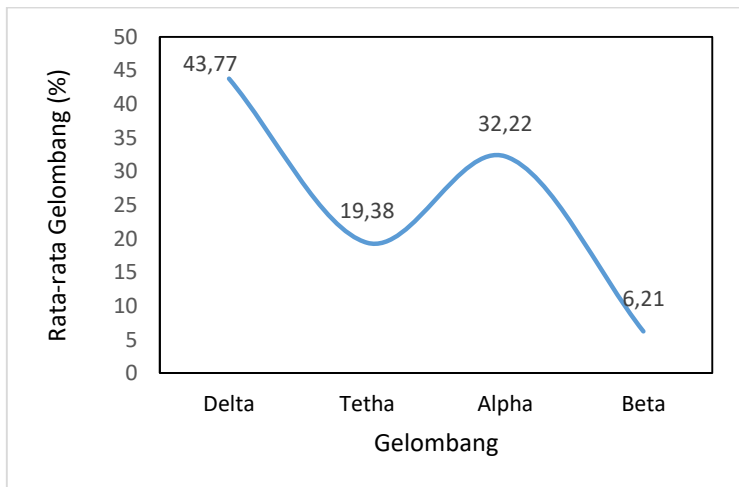


Gambar 4.6 Persentase gelombang pada sampel yang diberikan stimulus mendengarkan murottal Al-Quran.

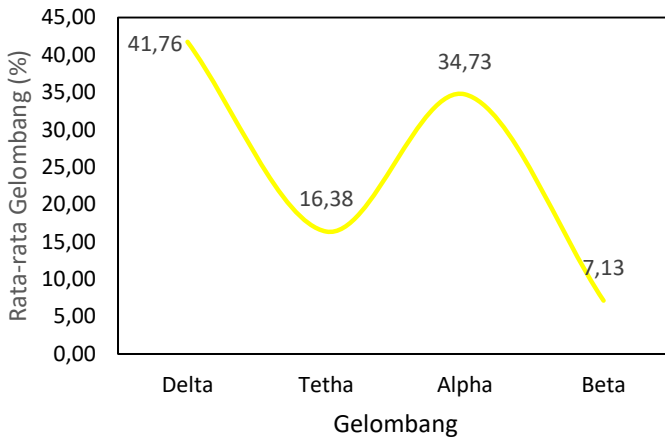


Gambar 4.7 Persentase gelombang pada sampel yang diberikan stimulus mendengarkan musik klasik.

Proses ekstraksi data didapatkan pada sampel yang diberikan stimulus murottal Al-Quran data rata-rata aktivitas gelombang otak didominasi gelombang delta 43,77% dengan dengan rentang frekuensi 0.5-4 Hz diikuti oleh gelombang alpha 32,22%, theta 19,38%, dan beta 6,21% (Gambar 4.8). Dominasi gelombang delta pada stimulus mendengarkan murottal Al-Quran sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Abdurrochman *et al* (2007). Pada penelitiannya disebutkan bahwa catatan AEP pada murottal Al-Quran didominasi dengan delta, sehingga dapat digunakan sebagai terapi gangguan tidur.



Gambar 4.8 Rata-rata persentase gelombang otak pada sampel saat diberikan stimulus murottal Al-Quran.

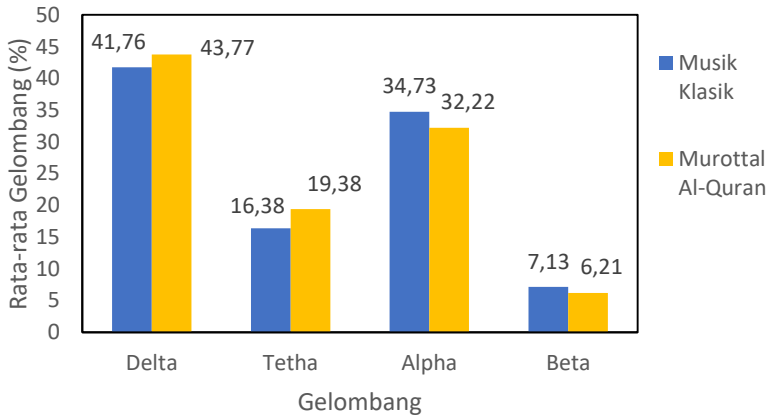


Gambar 4.9 Rata-rata persentase gelombang otak pada sampel saat diberikan stimulus musik klasik.

Proses ekstraksi data didapatkan pada sampel yang diberikan stimulus musik klasik data rata-rata aktivitas gelombang otak didominasi gelombang delta 41,76% dengan rentang frekuensi 0,5-4 Hz dan diikuti oleh gelombang alpha 34,73%, theta 16,38% dan beta 7,13% (Gambar 4.9).

Gambar 4.10 aktivitas gelombang delta lebih besar saat diberikan stimulus murottal Al-Quran bila dibandingkan saat diberi stimulus musik klasik. Aktivitas gelombang theta lebih besar saat diberikan stimulus murottal Al-Quran bila dibandingkan saat diberi stimulus musik klasik. Aktivitas gelombang alpha lebih besar saat diberikan stimulus musik klasik bila dibandingkan saat

diberi stimulus murottal Al-Quran. Aktivitas gelombang beta lebih besar saat diberikan stimulus musik klasik bila dibandingkan saat diberi stimulus murottal Al-Quran.



Gambar 4.10 Rata-rata aktivitas gelombang otak saat diberi stimulus murottal Al-Quran dan musik klasik

Data yang diperoleh rata-rata pada saat sampel diberikan stimulus mendengarkan murottal Al-Quran maka aktivitas gelombang delta dan theta lebih besar bila dibandingkan saat diberikan stimulus mendengarkan musik klasik. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Norsiah & Amira (2017) serta Abdullah & Omar (2011) bahwa mendengarkan bacaan Al-Qur'an dapat dapat membantu seseorang untuk selalu dalam

kondisi rileks. Kondisi rileks ini terjadi saat gelombang otak dengan frekuensi 0,5-7 Hz (delta dan theta). Kondisi rileks akibat frekuensi sangat rendah (aktivitas delta) dominasi selama tidur nyenyak, koma, dan anestesi. Ritme theta biasanya diamati dalam keadaan mengantuk dan keadaan kewaspadaan tingkat rendah. Jenis teta yang sangat spesifik yang disebut sebagai "theta garis tengah frontal" dapat diamati selama berbagai tugas seperti perhitungan mental, memori kerja, pemrosesan kesalahan, dan meditasi (Sammler et al., 2007).

Sampel saat diberikan stimulus mendengarkan musik klasik, maka aktivitas gelombang alpha dan beta lebih besar bila dibandingkan saat mendengarkan murotta Al-Quran. Peningkatkan aktivitas gelombang alfa ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Abdurrochman et al (2007) serta Abdullah & Omar (2011) bahwa mendengarkan musik klasik atau musik rileks dapat membangkitkan gelombang alfa dan meningkatkan kemampuan kognitif. Ritme alfa biasanya dominan dalam keadaan bangun-istirahat, baik santai dan nyaman. Ritme beta biasanya dikaitkan dengan integritas kortikal, peningkatan kewaspadaan, dan proses kognitif (Nunez & Orleans, 2002). Gelombang beta terjadi terutama selama keadaan terjaga, dan peningkatan kekuatan beta dapat

disebabkan oleh stres, emosi yang kuat, dan ketegangan (Sammler et al., 2007).

Kedua stimulus suara yang diberikan berupa murottal Al-Quran dan musik klasik, kedua memiliki dominan gelombang otak delta hal ini bisa diartikan sampel dalam keadaan mengantuk bahkan beberapa ada yang tertidur. Hal ini dikarenakan proses pemasangan elektroda yang memakan waktu yang cukup lama (Sammler et al., 2007).

C. Pelabelan

Data yang telah di ekstraksi dengan mengambil nilai frekuensi. Frekuensi akan digolongkan berdasarkan rentang masing-masing gelombang dan disajikan ke dalam bentuk persentase pada satu data. Hasil nilai ekstraksi 26 sampel dengan 13 sampel diberikan stimulus murottal Al- Quran surah Al-Baqarah ayat 1-15 dan 13 sampel diberikan stimulus musik klasik Mozart Eine Kleine Nachtmusik, K. 525: I. Allegro. Data tersebut dimasukkan ke dalam microsoft excel dengan pelabelan secara manual sesuai dengan stimulus (Tabel 4.1).

Tabel 4.1 Data ekstraksi (dalam bentuk %)

Delta	Theta	Alpha	Beta	Ket
41.54	17.30	36.16	5.00	murottal
34.15	19.98	41.62	4.25	murottal
43.39	19.19	32.83	4.59	murottal
44.49	26.17	15.31	14.03	murottal
31.40	15.81	49.16	3.15	murottal
42.11	19.06	27.73	11.10	murottal
45.91	25.34	20.50	8.26	murottal
54.36	12.39	29.89	3.36	murottal
47.03	19.61	27.52	5.84	murottal
38.74	15.98	40.11	5.17	murottal
35.21	35.21	47.60	3.08	murottal
44.94	12.54	37.18	5.35	murottal
65.79	13.37	13.30	7.54	murottal
42.51	16.10	35.29	6.10	klasik
48.78	15.54	27.73	7.95	klasik
47.86	15.46	32.10	4.58	klasik
38.53	21.58	31.62	8.27	klasik
43.97	15.52	33.66	6.85	klasik
27.90	17.01	50.47	4.62	klasik
39.79	15.13	37.37	7.71	klasik
28.85	17.28	46.90	6.97	klasik
38.12	16.61	31.65	13.61	klasik
59.54	13.13	22.86	4.47	klasik
54.66	19.10	18.44	7.80	klasik
40.09	13.96	39.30	6.65	klasik
32.24	16.46	44.15	7.14	klasik

D. Klasifikasi

Random forest merupakan gabungan dari beberapa *decision tree*. Pertama Algoritman akan memilih sampel acak dari dataset dari keseluruhan data, tiap sample tersebut dibuat *decision tree*. *Decision tree* didapatkan dari teori gain. Prediksi dihasilkan dari setiap sampel *decision tree*. Hasil prediksi tersebut dipilih yang terbaik untuk klasifikasinya menggunakan nilai yang sering muncul (modus). Nilai prediksi yang paling banyak dipilih menjadi nilai akhir. Nilai akurasi bergantung pada banyaknya *decision tree*. Semakin kompleks datanya semakin menurun nilai prediksinya, tapi semakin simple datanya nilai prediksinya semakin baik.

Data yang telah dilabeli (Tabel 4.1), kemudian diolah menggunakan weka. Klasifikasi gelombang menggunakan metode *random forest* dan di tes dengan *cross validation folds*. *Cross validation* merupakan teknik yang digunakan untuk menilai model *machine learning* dan menguji kinerja (atau akurasinya). Ini melibatkan pemesanan sampel spesifik dari kumpulan data yang modelnya tidak dilatih. *K-folds* semakin besar, himpunan bagian resampling semakin kecil. Jumlah *k-folds* juga menentukan seberapa sering Model *Machine Learning* dilatih (philschmid, 2020).

Penelitian ini diujikan *folds* mulai dari 5, 10, 15, 20, dan 25 ditunjukkan pada tabel 4.2. Hasil yang baik pada *folds* $k = 15$ yaitu percobaan dengan 15 kali tahapan. Nilai *folds* $k = 15$ ini merupakan nilai tengah. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Tapikap et al (2019) menggunakan metode *Transformed Complement Naïve Bayes* (TCNB) dengan uji 2,3,4,5,6,7,8,9,10. Hasil akurasi tertinggi pada *folds* 10. semakin tinggi *folds* akurasi yang didapatkan semakin baik. Hal ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Furqon et al. (2018) menggunakan *Modified K-Nearest Neighbor* (MKNN) dan diujikan dengan *folds* $k = 1$ sampai $k = 10$. Hasil terbaik terletak pada $k = 7$. Perbedaan penelitian sebelumnya dengan penelitian ini dikarenakan perbedaan metode klasifikasi yang digunakan

Tabel 4.2 Nilai akurasi pada berbagai *folds*

No.	Folds	Akurasi	Presisi	Recall	TP	FP	FN	TN
1	5	57,69%	53,84%	61,53%	7	5	6	8
2	10	57,69%	53,84%	61,53%	7	5	6	8
3	15	65,38%	61,53%	69,23%	8	4	5	9
4	20	57,69%	53,84%	61,53%	7	5	6	8
5	25	57,69%	53,84%	61,53%	7	5	6	8

Penelitian ini nilai TP (*True Positive*), yang merupakan murottal Al-Quran yang terdeteksi sebagai

murottal Al-Quran 8, TN (*True Negative*) adalah murottal Al-Quran yang terdeteksi sebagai musik klasik 9, FP (*False Positive*) adalah musik klasik yang terdeteksi sebagai murottal Al-Quran adalah 4, dan FN (*False Negatif*) untuk murottal Al-Quran terdeteksi sebagai musik klasik adalah 5. Nilai TN dan FN cukup besar hal ini dapat disebabkan oleh keadaan sampel yang tidak homogen pada penelitian yang dilakukan oleh ul-Ain Irfan et al. (2019) mendengar murottal Al-Quran dan musik klasik, keduanya memiliki kesamaan yaitu efek positif pada penurunan tekanan darah dan tingkat kecemasan pasien.

Nilai akurasi yang didapat pada penelitian ini 65,38%. Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya oleh Rahman et al (2020) dalam mengidentifikasi hubungan antara stimulus musik dan gelombang otak serta menganalisis efek dari 3 genre musik yang berbeda berdasarkan KNN, SVM dan NN. Hasil menunjukkan bahwa NN, bersama dengan pemilihan fitur *Genetic Algorithm* (GA) dapat mencapai akurasi tertinggi 97,5% dalam mengklasifikasikan 3 genre musik. Hasil penelitian ini menggunakan metode *random forest* dalam mengklasifikasikan gelombang berdasarkan frekuensi kurang baik. Hal ini diakibatkan karena sampel yang mendengarkan murottal Al-Quran dan musik klasik bukan

satu sampel yang sama, sehingga *raw* data yang diperoleh belum benar-benar mengidentifikasi ciri pola pada setiap stimulus karena adanya kemiripan. Akurasi yang rendah dapat disebabkan oleh ketidakseimbangan data sehingga *classifier* tidak dapat memprediksi data dengan benar (Cross Validated, 2012).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian ini adalah:

1. Klasifikasi didapatkan dengan nilai terbaik yang sering muncul (modus) dari hasil prediksi setiap sampel *desission tree* berdasarkan ciri bahwa saat sampel diberikan stimulus mendengarkan murottal Al-Quran maka aktivitas gelombang delta dan theta lebih besar besar dibandingkan stimulus musik klasik dan saat diberikan stimulus mendengarkan musik klasik maka aktivitas gelombang alpha dan beta lebih besar dibandingkan ketika stimulus murottal Al-Quran.
2. Akurasi klasifikasi gelombang otak remaja saat diberikan stimulus murottal dan musik klasik menggunakan metode *Random forest* sebesar 65.38 %.

B. Saran

Saran pada penelitian ini adalah:

1. Menggunakan sampel yang homogen untuk setiap stimulus yang diberikan.
2. Mengkondisikan sampel agar dalam keadaan rileks.

3. Pengambilan data sebaiknya dilakukan di ruangan yang kedap suara agar tidak mempengaruhi stimulus yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Abdurrochman, R. (2007). *The Comparison of Classical Music, Relaxation Music and. The 2007 Regional Symposium on Biophysics and Medical Physic.*
- Abdullah, A. A., & Omar, Z. (2011a). The Effect of Temporal EEG Signals While Listening to Quran Recitation. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 1(4), 372. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.1.4.77>
- Abdullah, A. A., & Omar, Z. (2011b). The Effect of Temporal EEG Signals While Listening to Quran Recitation. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 1(4), 372. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.1.4.77>
- Abhang, P. A., Gawali, B. W., & Mehrotra, S. C. (2016a). *Chapter 1 - Introduction to Emotion, Electroencephalography, and Speech Processing* (P. A. Abhang, B. W. Gawali, & S. C. B. T.-I. to E. S.-B. E. R. Mehrotra (eds.); pp. 1–17). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804490-2.00001-4>
- Abhang, P. A., Gawali, B. W., & Mehrotra, S. C. (2016b). *Chapter 2 - Technological Basics of EEG Recording and Operation of Apparatus* (P. A. Abhang, B. W. Gawali, & S. C. B. T.-I. to E.

- S.-B. E. R. Mehrotra (eds.); pp. 19–50). Academic Press.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804490-2.00002-6>
- Alibaba. (2022). *Elektroda cakram, jarum, berbasis garam*.
- Anshori. (2013). *Ulumul Quran*. Rajawali Press.
- Ayunda Pininta Kasih. (2020). Survei UNICEF: 66 Persen Siswa Mengaku Tak Nyaman Belajar di Rumah. *Kompas.Com*, 1–7.
<https://edukasi.kompas.com/read/2020/06/24/090832371/survei-unicef-66-persen-siswa-mengaku-tak-nyaman-belajar-di-rumah>
- Bataineh, A. Al, & Jarrah, A. (2019). *High Performance Implementation of Neural Networks Learning Using Swarm Optimization Algorithms for EEG Classification Based on Brain Wave Data*. 13(1), 1–17.
<https://doi.org/10.4018/IJAMC.292500>
- Bronzino, J. D. (1995). *Biomedical Engineering Fundamental: Principles of Electroencephalography*. CRC Press.
<https://doi.org/10.1016/B978-012374410-4.00385-X>
- Cohen, D. (1987). *Encyclopedia of Neuroscience: Magnetoencephalography*.
<https://doi.org/10.1201/9781420003864>
- Collura T. A. (1998). *Guide to Electrode Selection, Location and Application for EEG Biofeedback*. 1998. Ohio.

- Cross Validated. (2012). *Akurasi klasifikasi rendah, apa yang harus dilakukan selanjutnya? September*, 5–8.
- De Porter, Mike Hernacki, B. (2000). *Quantum Learning*. PT Mizan Publika.
https://books.google.co.id/books?id=6%5C_Nx2%5C_6T2cAC
- Desynchronization, E., Liu, B., Gao, J., Liu, Z., Zhang, Z., Yin, C., Peng, C., & Gu, J. (2007). *Brainwave Classification based on Wavelet Entropy*. 1018–1021.
- Ekman. (n.d.). Chapter 3: basic emotions. In: Dalgleish T, Power M, eds. *Handbook of Cognition and Emotion*. In 1999.
- Enderle, J. D., Blanchard, S. M., & Bronzin, J. D. (2005). Introduction to Biomedical Engineering Technology. In *Introduction to Biomedical Engineering Technology*.
<https://doi.org/10.1201/9781439860663>
- Fay S. Tyner, John Russell Knott, W. B. M. (1983). *Fundamentals of EEG technology. Vol. 1 Basic concepts and methods*. Raven Press.
- Fira Zahrotul Ilma. (2019). Pentingnya Strategi Pembelajaran. *Dunia PGMI*, 6–10.
<https://www.duniapgmi.com/2019/08/pentingnya-strategi-pembelajaran.html>
- Furqon, M. T., Indriati, & Hutapea, A. (2018). Penerapan Algoritma Modified K-Nearest Neighbour Pada

- Pengklasifikasian Penyakit Kejiwaan Skizofrenia. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 2(10), 3957–3961.
- Gabler, J. (2013). *What is Classical Music?* 38(1), 55–82. <http://minnesota.publicradio.org/display/web/2013/10/15/what-is-classical-music>
- Grace, J. (2021). *Potensial Aksi*. 10–26. https://www.academia.edu/6462786/POTENSIAL_AKSI
- Hall, M., Frank, E., Holmes, G., Pfahringer, B., Reutemann, P., & Witten, I. H. (2021). *Weka 3: machine learning software in Java*. <https://github.com/Waikato/weka-3.8>
- Harold L. Atwood, W. A. M. (1989). *Essentials of neurophysiology*. B.C. Decker, Toronto.
- Irmaniar, N. (2021). *Neokorteks: Bagian Otak yang Membuat Manusia Selalu Terikat dengan Waktu*. 1–9.
- Java Point. (2011). *Weka Data Mining. Entropy, Chapter 5*.
- Kho, D. (2021). Pengertian Band Pass Filter (BPF) atau Tapis Lolos Antara. *Www.Teknikelektronika.Com*. <https://teknikelektronika.com/pengertian-band-pass-filter-bpf-tapis-lolos-antara/>
- Kondraske GV, J. B. (1986). *Biomedical Engineering and Instrumentation: Neurophysiologic measurements*.
- Kulkarni, A., Chong, D., & Batarseh, F. A. (2020). Foundations of data imbalance and solutions for a data democracy. In

- Data Democracy: At the Nexus of Artificial Intelligence, Software Development, and Knowledge Engineering.* Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818366-3.00005-8>
- Majid,S, A. (2013). *Islamic Post Brain Research: Quranic Memorization Key to Muslim Scientific.*
- McCraty, R., Barrios-Choplin, B., Atkinson, M., & Tomasino, D. (1998). The effects of different types of music on mood, tension, and mental clarity. *Alternative Therapies in Health and Medicine*, 4(1), 75–84.
- McCullough, J. (2013). *Pembelajaran dan Kecakapan Hidup yang Dipercepat.* 22–24.
- Miki, K., Watanabe, S., & Kakigi, R. (2004). Interaction between auditory and visual stimulus relating to the vowel sounds in the auditory cortex in humans: a magnetoencephalographic study. *Neuroscience Letters*, 357(3), 199–202. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2003.12.082>
- Multiph, W. M. (2022). *Gelombang Otak – Level of Consciousness.*
- Niedermeyer E, L. da S. F. (1993). Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications and Related Fields. In *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry* (Vol. 47, Issue 6). <https://doi.org/10.1136/jnnp.47.6.654-a>

- Norsiah, F., & Nurul Amira, A. (2017). The effects of neurotherapy (NFT) using ayatul kursi as stimulus on memory performance. *Journal of Islamic, Social, Economics and Development*, 2(4), 22–31.
- Nunez, P. L., & Orleans, N. (2002). *A Window on the Mind*. 2, 1–12. <https://doi.org/10.4249/scholarpedia.1348revision>
- Onesmus, M. (2020). Introduction to Random Forest in Machine Learning. *Section.Io*, 1–17. <https://www.section.io/engineering-education/introduction-to-random-forest-in-machine-learning/>
- Orhan, G. Y. (2020). 4 Reasons Why You Should Use Google Colab for Your Next Project. *Towards Data Science*, 1–9.
- Palmer, E. (2021). Africa: An Introduction. *Africa: An Introduction*, 6(2), 1–308. <https://doi.org/10.4324/9781003111733>
- Paul L. Nunez, B. A. C. (1995). *Neocortical dynamics and human EEG rhythms*. Oxford University Press.
- philschmid. (2020). *K-Fold as Cross-Validation with a BERT Text-Classification Example*. April.
- Prerna, S. (2022). *Cara menggunakan untuk Proyek Pembelajaran ☑ Google Colab Mesin Baca lebih lanjut di Ilmu Data Jelajahi kursus berdasarkan kategori pengantar Kursus populer tentang Pembelajaran Naukri Daftar Isi*

Mengapa Google Colab adalah Alat Utama Cara Colab untuk tan.

Rahman, J. S., Gedeon, T., Caldwell, S., & Jones, R. (2020). *Brain Melody Informatics: Analysing Effects of Music on Brainwave Patterns.*

Rasyid, A. (2020). Pengertian dan Cara Kerja Band Stop Filter. *Samrasyid.Com.*

<https://www.samrasyid.com/2020/05/pengertian-dan-cara-kerja-band-stop.html>

Revina, S. (2019). Skor siswa Indonesia dalam penilaian global PISA melorot, kualitas guru dan disparitas mutu penyebab utama. *Https://Theconversation.Com/Skor-Siswa-Indonesia-Dalam-Penilaian-Global-Pisa-Melorot-Kualitas-Guru-Dan-Disparitas-Mutu-Penyebab-Utama-128310, November.*

Rista Wulansari, Esmeralda Contesa Dajamal, T. D. (2014). *Klasifikasi Sinyal EEG terhadap Rangsangan Suara Menggunakan Power Spectral Dencity dan Multilayer Perceptron.* 126-131.

Rohison, A. (2008). *Ulum Al-Qur'an.* CV Pustaka Setia.

Sammler, D., Grigutsch, M., Fritz, T., & Koelsch, S. (2007). Music and emotion: electrophysiological correlates of the processing of pleasant and unpleasant music. *Psychophysiology*, 44(2), 293-304.

<https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2007.00497.x>

- Satriawan, N. (2022). Pengertian Metode Penelitian Eksperimen dan Cara Menggunakannya. *Ranah Research*, 1996, 1–2.
- Shihab, M. Q. (1996). *Wawasan Al-qur'an*. Mizan.
- Socrates. (2017). *Chapter 1: Know Yourself Lesson 4: Brain Structure and Function, Unit 3: Foundations for Success*.
- T. Oohashi, E. Nishina, N. Kawai, Y. Fuwamoto, dan H. I. (1991). *High-Frequency Sound Above the Audible Range Affects Brain Electric Activity and Sound Perception*.
- Taimiyah, A. A. I. (2003). *Al-Qahirah: Al sunnah*.
- Tapikap, H. F., Djahi, B. S., & Widiastuti, T. (2019). Klasifikasi spam e-mail menggunakan metode transformed complement naïve bayes (TCNB) klasifikasi spam e-mail menggunakan metode transformed complement naïve bayes (TCNB). *J-ICON (Jurnal Komputer & Informatika)*, 7(1), 21–26.
- Teplan, M. (2002). *Fundamentals of EEG Measurement. In: Measurement Science. Section 2*.
- ul-Ain Irfan, N., Atique, H., Taufiq, A., & Irfan, A. (2019). Differences in Brain Waves and Blood Pressure by Listening to Quran-e-Kareem and Music. *Journal of Islamabad Medical & Dental College*, 8(1), 40–44. <https://doi.org/10.35787/jimdc.v8i1.315>

- Winkler, I., Debener, S., Muller, K. R., & Tangermann, M. (2015).
On the influence of high-pass filtering on ICA-based
artifact reduction in EEG-ERP. *Proceedings of the Annual
International Conference of the IEEE Engineering in
Medicine and Biology Society, EMBS, 2015-Novem*, 4101–
4105. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2015.7319296>
- Yiu, T. (2019). *Memahami Hutan Acak*.

LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran 1

Proses pengambilan data pada sampel





Lampiran 2

Instrumen EEG



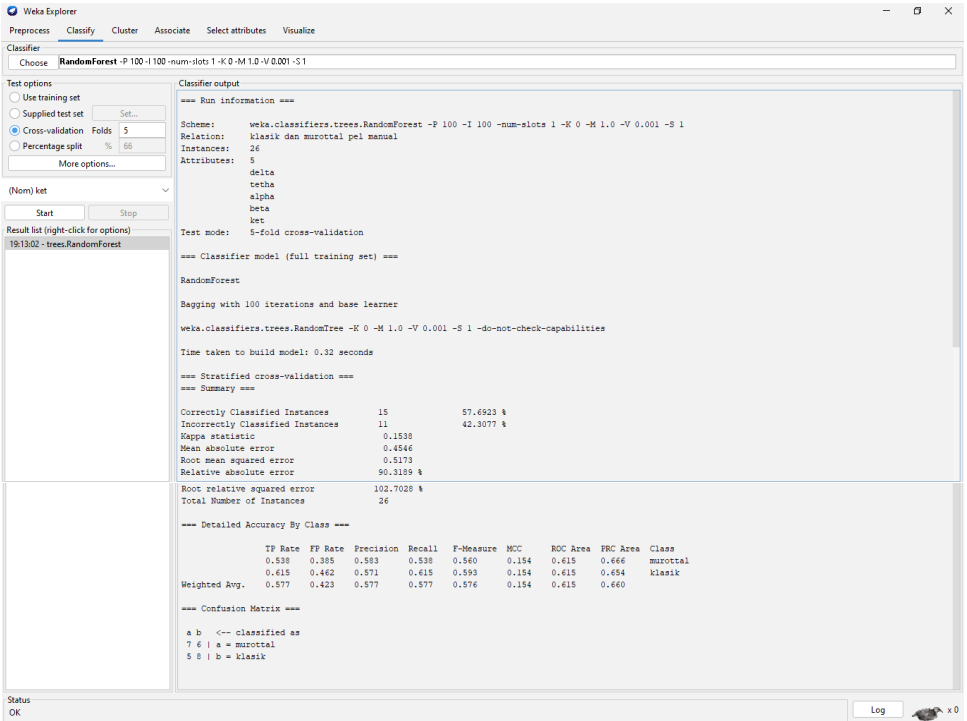
Lampiran 3

Data hasil Ekstraksi

Gelombang Percentase				
	delta	tetha	alpha	beta
1	delta		41.54	
2	theta		17.30	
3	alpha		36.16	
4	beta		5.00	
	delta	tetha	alpha	beta
Fp1	0.054169	0.017237	0.015000	0.004441
Fp2	0.042520	0.017599	0.017609	0.005835
F3	0.048968	0.021075	0.020431	0.003308
F4	0.051719	0.027558	0.017108	0.002151
C3	0.045442	0.022902	0.021206	0.003465
C4	0.043650	0.018801	0.016583	0.005518
P3	0.037998	0.017772	0.031385	0.003737
P4	0.044606	0.015700	0.025807	0.003871
O1	0.016870	0.006960	0.054267	0.005083
O2	0.027737	0.008882	0.044442	0.004549
F7	0.063866	0.016970	0.014868	0.002570
F8	0.045197	0.018417	0.022407	0.004105
T3	0.023919	0.011980	0.016742	0.010984
T4	0.053603	0.023409	0.016547	0.002902
T5	0.028653	0.012163	0.038917	0.005107
T6	0.048144	0.012833	0.026636	0.003725
A1	0.035393	0.020380	0.012996	0.007749
A2	0.035051	0.018526	0.015578	0.007552

Lampiran 4

Hasil proses weka



Perhitungan *confusion matrix*

$$\text{Akurasi} = \frac{7+8}{7+5+6+8} \times 100\% = 57,69\%$$

$$\text{Presisi} = \frac{7}{7+6} \times 100\% = 53,84\%$$

$$\text{Recall} = \frac{8}{8+5} \times 100\% = 61,53\%$$

Weka Explorer

Preprocess Classify Cluster Associate Select attributes Visualize

Classifier

Choose **RandomForest** -P 100 -I 100 -num-slots 1 -K 0 -M 1.0 -V 0.001 -S 1

Test options

Use training set

Supplied test set

Cross-validation Folds 10

Percentage split % 66

More options...

(Nom) ket

Start Stop

Result list (right-click for options)

19:29:22 - trees.RandomForest

```

Classifier output
=== Run information ===
Scheme:      weka.classifiers.trees.RandomForest -P 100 -I 100 -num-slots 1 -K 0 -M 1.0 -V 0.001 -S 1
Relation:    klasik dan murottal pel manual
Instances:   26
Attributes:  5
             delta
             tettha
             alpha
             beta
             ket
Test mode:   10-fold cross-validation

=== Classifier model (full training set) ===

RandomForest

Bagging with 100 iterations and base learner

weka.classifiers.trees.RandomTree -K 0 -M 1.0 -V 0.001 -S 1 -do-not-check-capabilities

Time taken to build model: 0.18 seconds

=== Stratified cross-validation ===
=== Summary ===
Correctly Classified Instances  15          57.6923 %
Incorrectly Classified Instances 11          42.3077 %
Kappa statistic                0.1538
Mean absolute error            0.4812
Root mean squared error        0.5496
Relative absolute error        95.3506 %
Root relative squared error    108.854 %
Total Number of Instances      26

=== Detailed Accuracy By Class ===
               TP Rate  FP Rate  Precision  Recall   F-Measure  MCC      ROC Area  PRC Area  Class
0.538   0.395   0.583   0.538   0.560   0.154   0.547   0.528   murottal
0.615   0.462   0.571   0.615   0.593   0.154   0.547   0.565   klasik
Weighted Avg.   0.577   0.423   0.577   0.577   0.576   0.154   0.547   0.546

=== Confusion Matrix ===
 a b  <-- classified as
 7 6 | a = murottal
 5 8 | b = klasik

```

Status OK

Log x 0

Perhitungan confusion matrix

$$\text{Akurasi} = \frac{7+8}{7+5+6+8} \times 100\% = 57,69\%$$

$$\text{Presisi} = \frac{7}{7+6} \times 100\% = 53,84\%$$

$$\text{Recall} = \frac{8}{8+5} \times 100\% = 61,53\%$$

Weka Explorer

Preprocess **Classify** Cluster Associate Select attributes Visualize

Classifier
Choose: [RandomForest -P 100 -I 100 -num-slots 1 -K 0 -M 1.0 -V 0.001 -S 1]

Test options
 Use training set
 Supplied test set Set...
 Cross-validation Folds: 15
 Percentage split %: 66
 More options...

(Nom) set

Result list (right-click for options)
 19:41:19 - Weka RandomForest

```

Classifier output

=== Run information ===

Scheme:      weka.classifiers.trees.RandomForest -P 100 -I 100 -num-slots 1 -K 0 -M 1.0 -V 0.001 -S 1
Relation:    klasik dan murrotal.pel.manual
Instances:   26
Attributes:  5
             delta
             theta
             alpha
             beta
             ket

Test mode:   15-fold cross-validation

=== Classifier model (full training set) ===

RandomForest

Bagging with 100 iterations and base learner

weka.classifiers.trees.RandomTree -K 0 -M 1.0 -V 0.001 -S 1 -do-not-check-capabilities

Time taken to build model: 0.04 seconds

=== Stratified cross-validation ===
=== Summary ===

Correctly Classified Instances      17      65.3846 %
Incorrectly Classified Instances     9      34.6154 %
Kappa statistic                    0.3077
Mean absolute error                 0.4448
Root mean squared error            0.5028
Relative absolute error             88.6487 %
Root relative squared error        96.973 %
Total Number of Instances          26


=== Detailed Accuracy By Class ===

               TP Rate  FP Rate  Precision  Recall  F-Measure  MCC      ROC Area  PRC Area  Class
0.615   0.308   0.667   0.615   0.640   0.309   0.654   0.632   murrotal
0.692   0.385   0.643   0.692   0.667   0.309   0.654   0.687   klasik
Weighted Avg.   0.654   0.346   0.655   0.654   0.653   0.309   0.654   0.659

=== Confusion Matrix ===

 a b <-> classified as
 5 5 | a = murrotal
 4 9 | b = klasik
  
```

Status
OK

Log 

Perhitungan confusion matrix

$$\text{Akurasi} = \frac{8+9}{8+4+5+9} \times 100\% = 65,38\%$$

$$\text{Presisi} = \frac{8}{8+5} \times 100\% = 61,53\%$$

$$\text{Recall} = \frac{9}{9+4} \times 100\% = 69,23\%$$

Weka Explorer

Preprocess **Classify** Cluster Associate Select attributes Visualize

Classifier: Choose **RandomForest -P 100 -I 100 -num-slots 1 -K 0 -M 1.0 -V 0.001 -S 1**

Test options:
 Use training set
 Supplied test set Set...
 Cross-validation Folds: 20
 Percentage split %: 66
 More options...

(Nom) ket

Start Stop

Result list (right-click for options)

19:44:40 - trees.RandomForest

```

Classifier output

=== Run information ===

Scheme:      weka.classifiers.trees.RandomForest -P 100 -I 100 -num-slots 1 -K 0 -M 1.0 -V 0.001 -S 1
Relation:    klasik dan murottal pel manual
Instances:   26
Attributes:  5
             delta
             tetha
             alpha
             beta
             ket
Test mode:   20-fold cross-validation

=== Classifier model (full training set) ===

RandomForest

Bagging with 100 iterations and base learner
weka.classifiers.trees.RandomTree -K 0 -M 1.0 -V 0.001 -S 1 -do-not-check-capabilities

Time taken to build model: 0.13 seconds

=== Stratified cross-validation ===
=== Summary ===

Correctly Classified Instances      15      57.6923 %
Incorrectly Classified Instances    11      42.3077 %
Kappa statistic                    0.1939
Mean absolute error                 0.4804
Root mean squared error             0.5151
Relative absolute error             88.2156 %
Root relative squared error         100.9845 %
Total Number of Instances          26

--- Detailed Accuracy By Class ---

              TP Rate  FP Rate  Precision  Recall  F-Measure  MCC      ROC Area  PRC Area  Class
0.536      0.355      0.583      0.536      0.560      0.154      0.612      0.169      murottal
0.615      0.462      0.571      0.615      0.593      0.154      0.612      0.645      klasik
Weighted Avg.   0.577      0.423      0.577      0.577      0.576      0.154      0.612      0.607

=== Confusion Matrix ===

  a b <- classified as
  7 6 | a = murottal
  8 5 | b = klasik
  
```

Status
OK

Log

Perhitungan confusion matrix

$$\text{Akurasi} = \frac{7+8}{7+5+6+8} \times 100\% = 57,69\%$$

$$\text{Presisi} = \frac{7}{7+6} \times 100\% = 53,84\%$$

$$\text{Recall} = \frac{8}{8+5} \times 100\% = 61,53\%$$

Weka Explorer

Preprocess **Classify** Cluster Associate Select attributes Visualize

Classifier: Choose RandomForest -P 100 -I 100 -num-slots 1 -K 0 -M 1.0 -V 0.001 -S 1

Test options:
 Use training set
 Supplied test set
 Cross-validation Folds 25
 Percentage split % 66
 More options...

(Nom) ket

Start Stop

Result list (right-click for options)

19:13:02 - trees.RandomForest
 19:13:14 - trees.RandomForest

Classifier output

```

=== Run information ===
Scheme: weka.classifiers.trees.RandomForest -P 100 -I 100 -num-slots 1 -K 0 -M 1.0 -V 0.001 -S 1
Relation: klasik dan murottal pel manual
Instances: 26
Attributes: S
          delta
          tetha
          alpha
          beta
          ket
Test mode: 25-fold cross-validation

=== Classifier model (full training set) ===
RandomForest
Bagging with 100 iterations and base learner
weka.classifiers.trees.RandomTree -K 0 -M 1.0 -V 0.001 -S 1 -do-not-check-capabilities
Time taken to build model: 0.06 seconds

=== Stratified cross-validation ===
=== Summary ===
Correctly Classified Instances      15          57.6923 %
Incorrectly Classified Instances    11          42.3077 %
Kappa statistic                    0.1538
Mean absolute error                 0.4765
Root relative squared error         104.2272 %
Total Number of Instances          26

=== Detailed Accuracy By Class ===
          TP Rate  FP Rate  Precision  Recall  F-Measure  MCC      ROC Area  PRC Area  Class
          0.538   0.385   0.553   0.538   0.560   0.154   0.568   0.579   murottal
          0.615   0.462   0.571   0.615   0.593   0.154   0.568   0.616   klasik
Weighted Avg.   0.577   0.423   0.577   0.577   0.576   0.154   0.568   0.598

=== Confusion Matrix ===
 a b <-- Classified as
 7 6 | a = murottal
 5 5 | b = klasik

```

Status OK

Log

Perhitungan confusion matrix

$$\text{Akurasi} = \frac{7+8}{7+5+6+8} \times 100\% = 57,69\%$$

$$\text{Presisi} = \frac{7}{7+6} \times 100\% = 53,84\%$$

$$\text{Recall} = \frac{8}{8+5} \times 100\% = 61,53\%$$

Lampiran 5

Kode Fiterisasi ICA

```
#menginstall paket pustaka (library package) mne
!pip install mne
#nama file
name_file =
"/content/drive/MyDrive/Data_EEG/wawan_murottal.csv"
name_file_export =
"/content/drive/MyDrive/Data_Output_EEG/wawan
_murottal.edf"
from google.colab import drive
drive.mount('/content/drive')
#mengimpor paket library
import pandas as pd
import mne
import matplotlib.pyplot as plt
from mne.preprocessing import
ICA

#konversi csv ke dataframe
pandasdf = pd.read_csv(name_file)
df.head()
```

```

#menghapus kolom (time)
df.drop("Time", axis=1,
inplace=True)#definisi informasi
EEG (raw data) sfreq = 100
ch_types = ["eeg"]*df.shape[1]

#ch_names = ["Fp1-A1","Fp2-A2","F3-A1","F4-A2","C3-A1","C4-
A2","P3-A1","P4-A2",
#           "O1-A1","O2-A2","F7-A1","F8-A2","T3-A1","T4-
A2","T5-A1","T6- A2",
#           "Add_lead1","Add_lead2"]

ch_names =
["Fp1","Fp2","F3","F4","C3","C4","P3","P4","O1","O2","F7","F
8","T3",
"T4","T5","T6","A1","A2"]
montage =
mne.channels.make_standard_montage("standard_1020") info =
mne.create_info(ch_names=ch_names, sfreq=sfreq,
ch_types=ch_types)
samples = df.T*1e-6
raw_data = mne.io.RawArray(samples,
info)

```



```

raw_data.set_montage(montage=montage
)

#new_names      =  {"Fp1-A1":"Fp1","Fp2-A2":"Fp2","F3-
A1":"F3","F4- A2":"F4",
#                "C3-A1":"C3","C4-A2":"C4","P3-A1":"P3","P4-
A2":"P4","O1- A1":"O1",
#                "O2-A2":"O2","F7-A1":"F7","F8-A2":"F8","T3-
A1":"T3","T4- A2":"T4",
#                "T5-A1":"T5","T6-
A2":"T6","Add_lead1":"A1","Add_lead2":"A2"}
#raw_data.rename_channels(new_name
s)#plitting (visualisasi) data
raw_data.plot(show=False)
#filtrasi dengan menggunakan ICA
ica_eeg = ICA(n_components=18, random_state=100)
#setup ICAica_eeg.fit(raw_data) #jalankan ICA
#raw data
raw_data.plot(duration=10, show=False)
plt.suptitle("Data Time Series Kotor")

#rekonstruksi data setelah mengilangkan

```

```
artefakreconst_data.plot(duration=10,  
show=False) plt.suptitle("Data Time Series  
Bersih")  
plt.show()
```

Kode Filterisai *Band pass*

```
!pip install mne  
#mengimpor library  
import mne  
import numpy as np  
import pandas as pd  
from mne.time_frequency import psd_welch  
  
#mengimpor library untuk tampilan  
plotingimport matplotlib.pyplot as plt  
#style/gaya (tampilan) plot  
plt.style.use('seaborn-bright')  
#mengatur DPI  
plt.rcParams['figure.dpi']=300  
#mengatur ukuran figura  
plt.rcParams['figure.figsize']=(8,  
6)#mengimpor data edf
```

```

raw_data_murottal=mne.io.read_raw_edf('/content/drive/MyDrive/Data_Output_EEG/mika_murottal.edf', preload=True)
raw_data_klasik
=mne.io.read_raw_edf('/content/drive/MyDrive/Data_Output_EEG/mika_data_klasik.edf', preload=True)
name_file_export1="/content/drive/MyDrive/Output_EEG_Bersih/mika_murottal.edf"
name_file_export2="/content/drive/MyDrive/Output_EEG_Bersih/mika_data_klasik.edf"
from google.colab import drive
drive.mount('/content/drive')
#Melakukan filter bandpass
xfile_data_murottal=raw_data_murottal.filter(0.5, 45.,
fir_design='firwin') #menampilkan data murottal setelah difilter
xfile_data_murottal.plot(start=0, duration=2, show=False,
color='green') #Melakukan filter bandpass xfile_data_klasik
=raw_data_klasik.filter(0.5, 45., fir_design='firwin')
#menampilkan data klasik setelah difilter
xfile_data_klasik.plot(start=0, duration=2, show=False,
color='blue')

```

Kode Ekstraksi Algoritma PSD

```
!pip install mne
#mengimpor library
import mne
import numpy as np
import pandas as pd
from mne.time_frequency import psd_welch

#mengimpor library untuk tampilan
plotting import matplotlib.pyplot as plt
#style/gaya (tampilan) plot
plt.style.use('seaborn-bright')
#mengatur DPI
plt.rcParams['figure.dpi']=300
#mengatur ukuran figura
plt.rcParams['figure.figsize']=(8,
6)from google.colab import drive
drive.mount('/content/drive')
#mengimpor data edf
xfil_data_murottal=mne.io.read_raw_edf('/content/drive/MyDrive/Out
put
```

```

_EEG_Bersih/harun_data_murottal.edf', preload=True)
xfile_data_klasik
=mne.io.read_raw_edf('/content/drive/MyDrive/Output_EEG_Bersih/h
arun_data_klasik.edf', preload=True)
# Mendefinisikan Variabel
tmin, tmax = 0, 60
low_delta, high_delta = 0.5, 4.0
low_theta, high_theta = 5.0, 7.0
low_alpha, high_alpha = 8.0, 12.0
low_beta, high_beta = 13.0, 35.0
# Mendefinisikan fungsi
def eeg_power_band(epochs):
    """EEG relative power band feature extraction.
    This function takes an `mne.Epochs` object and creates EEG
    features based
    on relative power in specific frequency bands that are compatible with
    scikit-learn."""
    # band frekuensi spesifik
    FREQ_BANDS = {"delta": [0.0, 4.0],
    "theta": [4.0, 7.0],
    "alpha": [8.0, 12.0],

```

```

"beta": [12.0, 30.0]}

psds, freqs = psd_welch(epochs, picks='eeg', fmin=0.0,
fmax=30)# Normalisasi psd
psds /= np.sum(psds, axis=-1, keepdims=True)

X = []
for fmin, fmax in FREQ_BANDS.values():
psds_band = psds[:, (freqs >= fmin) & (freqs <
fmax)].mean(axis=-1)X.append(psds_band.reshape(len(psds), -
1))

return np.concatenate(X, axis=1)

#menghitung psd
power_psd_murottal = eeg_power_band(xfil_data_murottal )
power_psd_klasik = eeg_power_band(xfil_data_klasik)
#Menampilkan Hasil PSD pada Kondisi Murottal
#(Average Band Power)
np_arr_murottal = np.array(power_psd_
murottal ) df_psd_murottal =
pd.DataFrame(np_arr_murottal ,
index=xfil_data_murottal.info['ch_names'],

```

```

columns=['delta',
'tetha',
'alpha',
'beta']) df_psd_
murottal.head(18)
#Menampilkan Hasil PSD ketika diberi Klasik
(Murrotal)#(Average Band Power)
np_arr_klasik = np.array(power_psd_klasik)
df_psd_klasik = pd.DataFrame(np_arr_klasik,
index=xfil_data_klasik.info['ch_names'],
columns=['delta',
'tetha',
'alpha',
'beta'])
df_psd_klasik.head(18)
#menghitung nilai persentase gelombang pada kondisi
murottal#Relative Power
#menghitung nilai persentase gelombang pada kondisi
murottal#Relative Power
total_df_murottal = [
df_psd_murottal.iloc[0].sum(),
df_psd_murottal.iloc[1].sum(),

```

```

df_psd_murottal.iloc[2].sum(),
df_psd_murottal.iloc[3].sum(),
df_psd_murottal.iloc[4].sum(),
df_psd_murottal.iloc[5].sum(),
df_psd_murottal.iloc[6].sum(),
df_psd_murottal.iloc[7].sum(),
df_psd_murottal.iloc[8].sum(),
df_psd_murottal.iloc[9].sum(),
df_psd_murottal.iloc[10].sum(),
df_psd_murottal.iloc[11].sum(),
df_psd_murottal.iloc[12].sum(),
df_psd_murottal.iloc[13].sum(),
df_psd_murottal.iloc[14].sum(),
df_psd_murottal.iloc[15].sum(),
df_psd_murottal.iloc[16].sum(),
df_psd_murottal.iloc[17].sum()]
df_murottal = df_psd_murottal
df_murottal ['total'] =
total_df_murottal

df_murottal ['%delta'] = df_murottal['delta'] /
df_murottal['total'] df_murottal ['%tetha'] =
df_murottal['tetha'] / df_murottal['total'] df_murottal

```



```

['%alpha'] = df_murottal ['alpha'] / df_ murottal['total']
df_murottal ['%beta'] = df_murottal ['beta'] / df_
murottal['total'] #menghitung nilai persentase
gelombang saat diberi klasik#Relative Power
total_df_klasik = [ df_psd_klasik.iloc[0].sum(),
df_psd_klasik.iloc[1].sum(),
df_psd_klasik.iloc[2].sum(),
df_psd_klasik.iloc[3].sum(),
df_psd_klasik.iloc[4].sum(),
df_psd_klasik.iloc[5].sum(),
df_psd_klasik.iloc[6].sum(),
df_psd_klasik.iloc[7].sum(),
df_psd_klasik.iloc[8].sum(),
df_psd_klasik.iloc[9].sum(),
df_psd_klasik.iloc[10].sum(),
df_psd_klasik.iloc[11].sum(),
df_psd_klasik.iloc[12].sum(),
df_psd_klasik.iloc[13].sum(),
df_psd_klasik.iloc[14].sum(),
df_psd_klasik.iloc[15].sum(),
df_psd_klasik.iloc[16].sum(),
df_psd_klasik.iloc[17].sum()]

```

```

df_klasik = df_psd_klasik df_klasik['total'] =
total_df_klasik
df_klasik['%delta'] = df_klasik['delta'] / df_klasik['total']
df_klasik['%tetha'] = df_klasik['tetha'] / df_klasik['total']
df_klasik['%alpha'] = df_klasik['alpha'] / df_klasik['total']
df_klasik ['%beta'] = df_klasik['beta'] / df_klasik['total']
#menghitung nilai persentase gelombang pada kondisi
murottal #Relative Power

```

```

total_df_murottal = [
df_psd_murottal.iloc[0].sum(),
df_psd_murottal.iloc[1].sum(),
df_psd_murottal.iloc[2].sum(),
df_psd_murottal.iloc[3].sum(),
df_psd_murottal.iloc[4].sum(),
df_psd_murottal.iloc[5].sum(),
df_psd_murottal.iloc[6].sum(),
df_psd_murottal.iloc[7].sum(),
df_psd_murottal.iloc[8].sum(),
df_psd_murottal.iloc[9].sum(),
df_psd_murottal.iloc[10].sum(),
df_psd_murottal.iloc[11].sum(),
df_psd_murottal.iloc[12].sum(),

```

```

df_psd_murottal.iloc[13].sum(),
df_psd_murottal.iloc[14].sum(),
df_psd_murottal.iloc[15].sum(),
df_psd_murottal.iloc[16].sum(),
df_psd_murottal.iloc[17].sum()
df_murottal = df_psd_murottal
df_murottal['total'] =
total_df_murottal
df_murottal['%delta'] = df_murottal['delta'] /
df_murottal['total'] df_murottal['%tetha'] =
df_murottal ['tetha'] / df_murottal['total'] df_murottal
['%alpha'] = df_murottal ['alpha'] /
df_murottal['total']df_murottal ['%beta'] =
df_murottal['beta'] / df_murottal['total']
#lanjutan... (menghitung nilai persentase gelombang pada
kondisi murottal)
pr_nor_delta =
np.array(df_murottal['%delta'].mean())
pr_nor_tetha =
np.array(df_murottal['%tetha'].mean())
pr_nor_alpha =
np.array(df_murottal['%alpha'].mean())

```

```

pr_nor_beta =
np.array(df_murottal['%beta'].mean())

#menampilkan hasil persentase
print("Persentase Gelombang pada Keadaan
Murottal\n")array_nor = (['delta',
' {:.2%}'.format(pr_nor_delta)],
['tetha', ' {:.2%}'.format(pr_nor_tetha)],
['alpha', ' {:.2%}'.format(pr_nor_alpha)],
['beta', ' {:.2%}'.format(pr_nor_beta)])
df_persentase_cemas = pd.DataFrame(data=array_nor,
columns=['gelombang',
'persentase'])
df_persentase_cemas.head()

#lanjutan... (menghitung nilai persentase gelombang saat diberi
istighfar)
pr_prlkn_delta =
np.array(df_klasik['%delta'].mean()) pr_prlkn_tetha
= np.array(df_klasik['%tetha'].mean())
pr_prlkn_alpha =
np.array(df_klasik['%alpha'].mean()) pr_prlkn_beta
= np.array(df_klasik['%beta'].mean())

```

```
#menampilkan hasil persentase
print("Persentase Gelombang saat Dikenai Klasik\n")
array_prkkn = (['delta', '{:.2%}'.format(pr_klasik_delta)],
['tetha', '{:.2%}'.format(pr_klasik_tetha)],
['alpha', '{:.2%}'.format(pr_klasik_alpha)],
['beta', '{:.2%}'.format(pr_klasik_beta)])
df_persentase_prkkn =
pd.DataFrame(data=array_klasik,
columns=['gelombang',
'persentase'])
df_persentase_prkkn.head()
```

Lampiran 5

Skripsi fahira fix

ORIGINALITY REPORT

15%	14%	3%	4%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repository.its.ac.id Internet Source	2%
2	repository.itelkom-pwt.ac.id Internet Source	1%
3	etheses.uin-malang.ac.id Internet Source	1%
4	rivanerasha.wordpress.com Internet Source	1%
5	tatangsma.com Internet Source	1%
6	kamuharustahu.com Internet Source	1%
7	kc.umn.ac.id Internet Source	1%
8	newsmedicalengineer.blogspot.com Internet Source	1%
9	www.scribd.com Internet Source	1%
10	www.nous-id.com Internet Source	1%

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. Identitas Diri

1. Nama Lengkap : Fahira Septiani
2. Tempat & Tgl. Lahir : Bogor, 8 September 2001
3. Alamat Rumah : Jl Otista II Gg. Kebon Kelapa
RT 01/RW 01, Kec. Bogor
Timur, Kota Bogor, Prov. Jawa
Barat
4. HP : 089601188571
5. Email : fahira.septiani.fs@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

1. TK Al-Balaghiyah (2006-2007)
2. SD Negeri Otista (2007-2013)
3. SMP Negeri 20 Kota Bogor (2013-2016)
4. MA Negeri 2 Kota Bogor (2016-2019)

C. Prestasi Akademik

1. Lulusan terbaik SMPN 20 Kota Bogor (2006)
2. Juara 3 lomba KTI Walisongo Sains Competition (WSC) Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang (2022)
3. Peraih medali silver olimpiade Fisika International Walisongo Sains Competition (IWSC) Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang (2022)