

TESIS

KLASIFIKASI SINYAL EEG BERBASIS KONDISI DENGAN STIMULUS TES PAULI DAN KONTEN MEDIA SOSIAL MENGUNAKAN WAVELET DISCRETE TRANSFORM

*Condition-Based Classification of EEG Signal
with Pauli Test Stimuli and Social Media Content
Using Discrete Wavelet Transform*

AHMAD MUAMMAR AGUSTI

D032202004



PROGRAM MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024



TESIS

KLASIFIKASI SINYAL EEG BERBASIS KONDISI DENGAN STIMULUS TES PAULI DAN KONTEN MEDIA SOSIAL MENGUNAKAN WAVELET DISCRETE TRANSFORM

*Condition-Based Classification of EEG Signal
with Pauli Test Stimuli and Social Media Content
Using Discrete Wavelet Transform*

AHMAD MUAMMAR AGUSTI

D032202004



PROGRAM MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024



PENGAJUAN TESIS**KLASIFIKASI SINYAL EEG BERBASIS KONDISI DENGAN
STIMULUS TES PAULI DAN KONTEN MEDIA SOSIAL
MENGUNAKAN WAVELET DISCRETE TRANSFORM**

Tesis
Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Magister
Program Studi Teknik Elektro

Disusun dan diajukan oleh

**AHMAD MUAMMAR AGUSTI
D032202004**

Kepada

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**



TESIS

KLASIFIKASI SINYAL EEG BERBASIS KONDISI DENGAN STIMULUS TES PAULI DAN KONTEN MEDIA SOSIAL MENGGUNAKAN *WAVELET DISCRETE TRANSFORM*

AHMAD MUAMMAR AGUSTI
D032202004

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Tesis yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi pada Program Magister Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 4 September 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping



Prof. Dr. Eng. Intan Sari Areni, ST., M.T., IPU.
NIP. 19750203 200012 2 002



Dr. Eng. Ir. Wardi, S.T., M. Eng.
NIP. 19720828 199903 1 003

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin

Ketua Program Studi S2
Teknik Elektro



Prof



Prof. Dr. Isran Ramli, ST, MT, IPM, ASEAN Eng.
NIP. 19730926 200012 1 002



Dr. Eng. Ir. Wardi, S.T., M. Eng.
NIP. 19720828 199903 1 003

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Ahmad Muammar Agusti

Nomor mahasiswa : D032202004

Program Studi : Teknik Elektro

Dengan ini menyatakan bahwa tesis yang berjudul “Klasifikasi Sinyal EEG Berbasis Kondisi dengan Stimulus Tes Pauli dan Konten Media Sosial Menggunakan *Wavelet Discrete Transform*” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing (Prof. Dr. Eng. Intan Sari Areni, ST., M.T. IPU dan Dr. Eng. Ir. Wardi, ST., M.Eng.). Karya ilmiah ini belum dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah dipublikasikan di Prosiding (2024 *International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications* (ISITIA) Halaman: 119-123 dan DOI: 10.1109/ISITIA63062.2024.10668199) sebagai artikel dengan judul “*Condition-Based Classification of EEG Signal with Pauli Test Stimuli and Social Media Content Using Discrete Wavelet Transform.*”

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dan karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Gowa, 4 September 2024

Yang menyatakan



Ahmad Muammar Agusti



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah Azza wa Jalla atas rahmatnya sehingga tesis ini dapat diselesaikan.

Penelitian ini berfokus pada eksplorasi sinyal otak yang terkait dengan distraksi yang ditimbulkan oleh konten sosial media yang berdampak pada kemam. Penelitian ini memanfaatkan EEG dan menerapkan metode *Discrete Wavelet Transform* dalam pemrosesan sinyal untuk menguji bagaimana sinyal otak dapat diklasifikasikan berdasarkan kondisi menggunakan metode *Artificial Neural Network*.

Dalam mewujudkan gagasan tersebut ke dalam tesis ini, penulis melalui serangkaian tahapan tidak singkat dan berkat doa, dukungan, motivasi dari semua pihak sehingga tesis ini dapat disusun sebagaimana kaidah-kaidah yang dipersyaratkan. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Eng. Intan Sari Areni, S.T., M.T. IPU dan Bapak Dr. Eng. Ir. Wardi, S.T., M. Eng. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan wawasan, arahan dan dorongan positif selama proses penelitian ini.
 2. Bapak Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc., Ibu Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T. dan Ibu Dr. Ir. Ingrid Nurtanio, M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan yang membangun dalam proses penelitian ini.
 3. Ibu Cahaya Bulan, S.Pd. AUD. dan Ayah Agusti, S.Pd., M.Pd., yang tanpa doa, motivasi, dukungan dari beliau penelitian ini tidak akan selesai. Terima kasih atas segala bimbingannya, dengan selesainya tesis ini menjadi sebuah persembahan penulis kepada orang tua tercinta dan keluarga.
 4. Istri tercinta Nurul Ramadhani, S.Pd., M.Pd., dan ananda Abdurrahman Ibnu Muammar yang senantiasa mendoakan dan mendampingi penulis dalam proses penyelesaian penelitian ini.
- Rekan mahasiswa Program Magister Teknik Elektro angkatan 2020.



Semoga Allah Azza wa Jalla senantiasa memberikan balasan yang lebih baik untuk kita semua.

Akhir kata, penulis berharap tesis ini dapat memberikan kontribusi positif dan bermanfaat dalam pemahaman terkait pemanfaatan EEG, dengan metode pengolahan sinyal yang sesuai dalam berbagai aspek kehidupan. Penulis juga menyadari bahwa penelitian ini tidak sempurna, oleh karena itu masukan dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk perbaikan di masa mendatang.



ABSTRAK

AHMAD MUAMMAR AGUSTI. Klasifikasi Sinyal Eeg Berbasis Kondisi Dengan Stimulus Tes Pauli Dan Konten Media Sosial Menggunakan Wavelet Discrete Transform (dibimbing oleh **Intan Sari Areni, Wardi**)

Distraksi mengacu pada keadaan dimana seseorang mengalami stimulus yang mengalihkan perhatian dari suatu aktivitas tertentu. Setiap aktivitas menunjukkan karakteristik yang berbeda apabila diamati melalui sinyal EEG, yang menyiratkan bahwa variasi respons sinyal otak adalah hasil dari berbagai macam aktivitas yang dilakukan. Sebaliknya, banyak penelitian telah meneliti dampak stimulus eksternal pada kondisi psikologis seseorang, mencakup relaksasi, konsentrasi, dan bahkan kecemasan. Pada penelitian ini, penulis mengklasifikasikan sinyal EEG berdasarkan kondisi spesifik. Stimulus yang digunakan meliputi konten media sosial dan tes Pauli, yang dirancang untuk menginduksi responden ke dalam kondisi relaksasi, distraksi, dan nondistraksi. Sinyal EEG yang direkam dalam ketiga kondisi ini diproses menggunakan *Muse 2 Headband Sensing*. Metode pengolahan sinyal yang digunakan dalam mengolah sinyal EEG adalah *Discrete Wavelet Transform* khususnya dengan *Daubechies 4 (db4)*. Selanjutnya, proses klasifikasi yang dilakukan menggunakan metode *Artificial Neural Network-Backpropagation*. Dataset yang diperoleh terdiri dari total 180 data, dengan pembagian 80% dialokasikan untuk tahap pelatihan dan 20% dialokasikan untuk tahap pengujian, hasil klasifikasi yang diperoleh menunjukkan tingkat akurasi sebesar 88,89%.

Kata kunci: *Discrete Wavelet Transform, Backpropagation Neural Network, EEG, Distraksi.*



ABSTRACT

AHMAD MUAMMAR AGUSTI. Condition-Based Classification of EEG Signal with Pauli Test Stimuli and Social Media Content
Using Discrete Wavelet Transform (supervised by **Intan Sari Areni, Wardi**)

Distraction refers to a situation where a person experiences a stimulus that diverts attention from a particular activity. Each activity shows different characteristics when observed through EEG signals, which implies that variations in brain signal responses are the result of various types of activities carried out. In contrast, many studies have examined the impact of external stimuli on a person's psychological state, including relaxation, concentration, and even anxiety. In this study, the authors attempted to classify EEG signals based on specific conditions. The stimuli used include social media content and the Pauli test, which is designed to induce respondents into states of relaxation, distraction and non-distraction. EEG signals recorded in these three conditions were processed using Muse 2 Headband Sensing. The signal processing method used in processing EEG signals is Discrete Wavelet Transform, especially with Daubechies 4 (db4). Next, the classification process is carried out using the Artificial Neural Network-Backpropagation method. The dataset obtained consists of a total of 180 data, with 80% allocated for the *training* stage and 20% for the testing stage, the classification results obtained show an accuracy level of 88.89%.

Keywords: Discrete Wavelet Transform, Backpropagation Neural Network, EEG, Distraction



DAFTAR ISI

	<u>Halaman</u>
HALAMAN JUDUL	i
PENGAJUAN TESIS.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	xvi
 1 BAB I PENDAHULUAN.....	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Permasalahan	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Ruang Lingkup.....	5
 2 BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	 6
2.1 Landasan Teori.....	6
2.1.1 Elektroensefalografi (EEG).....	6
2.1.1.1 Sejarah EEG	7
2.1.1.2 Perangkat EEG	7
2.1.2 Sinyal Otak (<i>Brainwave</i>).....	8



2.1.2.1 Gelombang Delta	8
2.1.2.2 Gelombang Theta	8
2.1.2.3 Gelombang Alfa	9
2.1.2.4 Gelombang Beta	9
2.1.2.5 Gelombang Gamma	10
2.1.3 <i>Discrete Wavelet Transform</i> (DWT)	10
2.1.3.1 Dekomposisi <i>Wavelet</i>	10
2.1.3.2 Basis <i>Wavelet</i>	12
2.1.4 <i>Artificial Neural Network</i>	12
2.1.4.1 <i>Backpropagation</i>	14
2.1.4.2 Arsitektur <i>Backpropagation</i>	14
2.1.5 Tes Pauli	15
2.1.6 Distraksi	16
2.2 Penelitian Terkait	16
2.3 State of The Art	18
2.4 Kerangka Pikir	24
3 BAB III METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Jenis Penelitian	25
3.2 Tahapan Penelitian	25
3.3 Perancangan Sistem	26
3.3.1 Alat dan Bahan	26
3.3.2 Skenario Percobaan	27
3.4 Perekaman dan Akuisisi Data EEG	28
3.5 <i>Preprocessing</i>	30
3.5.1 <i>Fill Missing Value</i>	30
3.5.2 Normalisasi	31
Ekstraksi Ciri	31
Klasifikasi dan validasi	34
3.7.1 Tahap Pelatihan Sistem ANN	35



3.7.2 Tahap Pengujian Sistem ANN	36
3.8 Performansi Sistem	37
4 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Akuisisi Data.....	39
4.2 Pemotongan dan <i>Preprocessing</i> Data	40
4.3 Ekstraksi Ciri.....	42
4.3.1 Dekomposisi Sinyal	43
4.3.2 Pengambilan Ciri.....	45
4.4 Pelatihan dan Pengujian Sistem	46
4.4.1 Pelatihan dan Pengujian Sinyal Alfa.....	53
4.4.2 Pelatihan dan Pengujian Sinyal Beta.....	55
4.4.3 Pelatihan dan Pengujian Sinyal Gamma	56
4.4.4 Pelatihan dan Pengujian Kombinasi Entropi dan Variansi	58
4.4.5 Pelatihan dan Pengujian Kombinasi Sinyal Alfa, Beta dan Gamma	60
5 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	62
5.1 Kesimpulan	62
5.2 Saran.....	63
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN.....	72



DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
Tabel 1 Pembagian gelombang otak (Hima C.S. et al., 2020)	8
Tabel 2 State of the art penelitian.....	19
Tabel 3 Spesifikasi alat yang digunakan.	26
Tabel 4 Frekuensi masing-masing koefisien wavelet.....	33
Tabel 5 Nilai target untuk berdasarkan kelas	34
Tabel 6 Data responden perekaman	39
Tabel 7 Rentang nilai ciri sinyal EEG pada kondisi rileks.....	45
Tabel 8 Rentang nilai ciri sinyal EEG pada kondisi distraksi	45
Tabel 9 Rentang nilai ciri sinyal EEG pada kondisi nondistraksi	46
Tabel 10 Sampel <i>input-output</i> ANN subband alfa (2 <i>node input</i>).	48
Tabel 11 Sampel <i>input-output</i> ANN subband beta (2 <i>node input</i>).	49
Tabel 12 Sampel <i>input-output</i> ANN subband gamma (2 <i>node input</i>).	50
Tabel 13 Sampel <i>input-output</i> ANN ciri entropi (3 <i>node input</i>).	51
Tabel 14 Sampel <i>input-output</i> ANN ciri variansi (3 <i>node input</i>).	52
Tabel 15 Hasil pelatihan sinyal alfa	53
Tabel 16 Hasil pengujian sinyal alfa	53
Tabel 17 Hasil pelatihan sinyal beta.....	55
Tabel 18 Hasil pengujian sinyal beta.....	55
Tabel 19 Hasil pelatihan sinyal gamma.....	56
Tabel 20 Hasil pengujian sinyal gamma	56
Tabel 21 Hasil pelatihan kombinasi fitur entropi dan variansi.....	58
Tabel 22 Hasil pelatihan kombinasi fitur entropi dan variansi.....	58
Tabel 23 Hasil pelatihan kombinasi sinyal alfa, beta dan gamma	60
Tabel 24 Hasil pengujian kombinasi sinyal alfa, beta dan gamma	60



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
Gambar 1 Titik peletakan elektroda EEG pada kepala (Kim et al., 2022).....	6
Gambar 2 Gelombang delta.....	8
Gambar 3 Gelombang theta.....	9
Gambar 4 Gelombang alfa.....	9
Gambar 5 Gelombang Beta	9
Gambar 6 Gelombang gamma.....	10
Gambar 7 Diagram dekomposisi sinyal EEG dengan wavelet 5 level.....	11
Gambar 8 Struktur sederhana neuron (Garg, 2019)	13
Gambar 9 Struktur sederhana ANN (Garg, 2019).....	13
Gambar 10 Arsitektur <i>artificial neural network</i> dua <i>hidden layer</i>	15
Gambar 11 Tahapan percobaan	27
Gambar 12 Diagram alir sistem; tahap pelatihan (a) dan tahap pengujian (b).	27
Gambar 13 Responden pada saat perekaman berlangsung.....	29
Gambar 14 Diagram alir proses ekstraksi ciri	32
Gambar 15 Proses dekomposisi sinyal EEG (Rami Khushaba, 2021).....	33
Gambar 16 Diagram alir tahap pelatihan ANN <i>Backpropagation</i>	35
Gambar 17 Diagram alir tahap pengujian.....	36
Gambar 18 Contoh sinyal <i>raw</i> kondisi distraksi	39
Gambar 19 Sinyal <i>raw</i> kondisi; rileks (a), nondistraksi (b), distraksi (c) setelah normalisasi	40
Gambar 20 Sinyal EEG setelah dibagi (<i>split</i>); kondisi; rileks (a), nondistraksi (b), distraksi (c).....	42
Gambar 21 Contoh sinyal <i>raw</i> dan hasil dekomposisi 5 level pada kondisi rileks	43
Gambar 22 Sinyal alfa, beta, gamma dalam domain waktu (a) dan domain frekuensi (b)	44
Gambar 23 Grafik hasil pelatihan dan pengujian sinyal alfa.....	54
24 Rata-rata waktu komputasi pelatihan sinyal alfa	54
25 Grafik hasil pelatihan dan pengujian sinyal beta	55
26 Rata-rata waktu komputasi pelatihan sinyal beta	56



Gambar 27 Grafik hasil pelatihan dan pengujian sinyal gamma.....	57
Gambar 28 Waktu komputasi pelatihan sinyal gamma	57
Gambar 29 Grafik hasil pelatihan dan pengujian entropi-variansi.....	59
Gambar 30 Rata-rata waktu komputasi pelatihan entropi-variansi	59
Gambar 31 Grafik hasil pelatihan dan pengujian kombinasi alfa, beta dan gamma	61
Gambar 32 Grafik hasil pelatihan dan pengujian kombinasi alfa, beta dan gamma	61



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
Lampiran 1.	Format tes Pauli yang digunakan sebagai stimulus 72



DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Lambang/singkatan	Arti dan keterangan
<i>Accuracy</i>	= <i>Accuracy</i> adalah ukuran untuk mengevaluasi seberapa tepat suatu sistem atau model dalam memprediksi hasil yang benar
AF7	= Salah satu titik penempatan elektroda EEG pada kulit kepala
Sinyal Alfa	= Sinyal Alfa adalah gelombang otak berirama yang muncul pada EEG (Elektroensefalogram) manusia dengan frekuensi sekitar 8-13 Hz.
Algoritma	= Algoritma adalah serangkaian langkah-langkah terstruktur yang digunakan untuk menyelesaikan masalah atau melakukan komputasi.
<i>Approximation (A)</i>	= <i>Approximation (A)</i> mengacu pada bagian dari hasil dekomposisi wavelet yang mewakili aproksimasi dari sinyal asli yang terdiri dari komponen rendah frekuensi
Artefak	= Artefak adalah objek atau fenomena yang muncul dalam hasil pengukuran atau eksperimen yang sebenarnya bukan bagian dari fenomena yang sedang diamati, tetapi muncul karena metode pengukuran atau kondisi eksperimental.
ANN	= <i>Artificial Neural Network (ANN)</i> adalah model matematis yang terinspirasi oleh struktur jaringan saraf biologis.
<i>Backpropagation</i>	= <i>Backpropagation</i> adalah algoritma yang digunakan dalam pembelajaran jaringan saraf tiruan (ANN) untuk menghitung gradien fungsi kerugian terhadap setiap bobot di jaringan, sehingga jaringan dapat belajar dari data dengan mengoptimalkan bobotnya.
Sinyal Beta	= Sinyal Beta adalah gelombang otak berirama dengan frekuensi sekitar 13-30 Hz, terkait dengan aktivitas mental yang terfokus atau aktif.
<i>Biosignal</i>	= <i>Biosignal</i> adalah sinyal atau sinyal fisiologis yang dihasilkan oleh organisme hidup, seperti sinyal otak, jantung, atau otot.
Bobot	= Bobot adalah nilai atau parameter yang mengatur kepentingan atau kontribusi dari setiap masukan dalam suatu proses atau model, seperti dalam algoritma pembelajaran mesin.
<i>Brainwave</i>	= <i>Brainwave</i> adalah gelombang listrik periodik yang dihasilkan oleh aktivitas otak, yang dapat diukur menggunakan elektroensefalogram (EEG).



Lambang/singkatan	Arti dan keterangan
<i>Clearing</i>	= <i>Clearing</i> adalah proses membersihkan atau menghilangkan data yang tidak relevan atau tidak diinginkan dari sistem atau dataset tertentu.
<i>Data Raw</i>	= <i>Data raw</i> adalah data mentah atau tidak diproses yang dikumpulkan secara langsung dari sumbernya, sebelum dilakukan analisis atau pengolahan lebih lanjut.
<i>Daubechies 4</i>	= <i>Daubechies 4</i> adalah salah satu jenis filter wavelet yang digunakan dalam transformasi wavelet untuk analisis sinyal dan data.
Dekomposisi	= Dekomposisi adalah proses membagi sinyal atau data kompleks menjadi komponen yang lebih sederhana atau lebih rinci untuk analisis lebih lanjut.
Sinyal Delta	= Sinyal Delta adalah gelombang otak berirama dengan frekuensi kurang dari 4 Hz, terkait dengan aktivitas otak yang terjadi saat tidur dalam.
<i>Detail (D)</i>	= Hasil dari proses dekomposisi wavelet yang mewakili komponen sinyal dengan frekuensi tinggi
<i>Device</i>	= <i>Device</i> adalah perangkat keras atau perangkat lunak yang digunakan untuk tujuan khusus, seperti pengukuran, komputasi, atau komunikasi.
Dimensi	= Dimensi adalah ukuran atau parameter yang menentukan ruang atau karakteristik suatu objek atau fenomena dalam konteks tertentu.
DWT	= DWT (<i>Discrete Wavelet Transform</i>) adalah transformasi matematis yang membagi sinyal atau data menjadi komponen frekuensi yang berbeda
Distraksi	= Distraksi adalah pengalihan perhatian atau gangguan yang mengganggu fokus atau konsentrasi seseorang pada suatu aktivitas.
ECG	= ECG (<i>Electrocardiogram</i>) adalah rekaman grafik dari aktivitas listrik jantung yang menunjukkan pola aktivitas listrik jantung selama periode waktu tertentu.
EEG	= EEG (<i>Electroencephalogram</i>) adalah rekaman dari aktivitas listrik otak yang menunjukkan pola gelombang otak selama periode waktu tertentu.
Ekstraksi Ciri	= Ekstraksi Ciri adalah proses mengidentifikasi, mengekstrak, dan menggambarkan fitur-fitur penting dari data mentah untuk digunakan dalam analisis atau pengenalan pola.
	= Elektroda adalah konduktor yang digunakan untuk menghubungkan sinyal listrik dari tubuh atau sistem biologis ke perangkat pengukuran atau perekam.
	= Entropi adalah ukuran dari tingkat ketidakpastian atau keacakan dalam suatu sistem atau data.



a

Lambang/singkatan	Arti dan keterangan
Epilepsi	= Epilepsi adalah gangguan neurologis kronis yang ditandai oleh aktivitas listrik otak yang tidak teratur, menyebabkan serangan atau kejang.
<i>Epileptiform</i>	= <i>Epileptiform</i> adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan pola atau aktivitas listrik otak yang mirip dengan yang terlihat pada epilepsi.
<i>Error</i>	= Error adalah kesalahan atau perbedaan antara nilai yang diharapkan atau diinginkan dengan nilai yang sebenarnya atau yang terjadi.
<i>FoMO</i>	= <i>FoMO (Fear of Missing Out)</i> adalah kecemasan sosial yang timbul dari perasaan bahwa orang lain mungkin sedang memiliki pengalaman yang lebih baik atau lebih menyenangkan sehingga takut akan ketinggalan hal tersebut
<i>Feedforward</i>	= <i>Feedforward</i> adalah jenis arsitektur atau model dalam jaringan saraf yang mengalirkan informasi dari <i>input</i> ke <i>output</i> tanpa adanya siklus atau umpan balik.
<i>Fill Missing Value</i>	= <i>Fill Missing Value</i> adalah proses mengisi nilai yang hilang atau tidak lengkap dalam dataset dengan nilai yang diestimasi atau disesuaikan
Filtrasi	= Filtrasi adalah proses penyaringan atau pemurnian data atau sinyal dengan cara menghilangkan komponen yang tidak diinginkan atau tidak relevan.
Fisiologis	= Fisiologis berkaitan dengan fungsi dan proses fisiologis atau tubuh manusia atau makhluk hidup lainnya.
Fitur	= Fitur adalah karakteristik atau atribut yang diambil dari data mentah yang digunakan untuk mewakili atau menggambarkan suatu objek atau fenomena dalam analisis atau pembelajaran mesin.
Fluktuasi	= Fluktuasi adalah variasi atau perubahan yang tidak teratur dalam nilai atau parameter suatu fenomena atau proses dari waktu ke waktu.
Format .csv	= Format .csv (<i>Comma-Separated Values</i>) adalah format penyimpanan data yang menggunakan koma sebagai pemisah antara nilai-nilai data dalam setiap baris.
Frekuensi	= Frekuensi adalah jumlah siklus atau peristiwa yang terjadi dalam suatu periode waktu tertentu.
Frekuensi <i>Sampling</i>	= Frekuensi <i>Sampling</i> adalah jumlah sampel yang diambil per unit waktu dari suatu sinyal analog untuk menghasilkan representasi digitalnya.
 amma	= Sinyal Gamma adalah gelombang otak berirama dengan frekuensi sekitar 30-100 Hz, terkait dengan proses kognitif yang kompleks seperti pemecahan masalah dan pemrosesan informasi.

Lambang/singkatan	Arti dan keterangan
Gradien	= Gradien adalah vektor dari turunan parsial suatu fungsi multivariat, menunjukkan arah dan tingkat perubahan maksimal dari fungsi tersebut pada titik tertentu.
<i>Hidden layer</i>	= <i>Hidden layer</i> adalah lapisan dalam jaringan saraf tiruan yang terletak di antara <i>input</i> dan <i>output layer</i> , digunakan untuk mengekstraksi fitur yang kompleks dari data <i>input</i> .
<i>High Pass Filter (HPF)</i>	= <i>High Pass Filter (HPF)</i> adalah jenis filter yang memungkinkan sinyal dengan frekuensi di atas batas tertentu untuk melewati, sementara menghilangkan sinyal dengan frekuensi di bawah batas tersebut.
<i>Input</i>	= <i>Input</i> adalah data atau informasi yang dimasukkan ke dalam suatu sistem atau proses untuk diolah atau diproses lebih lanjut.
<i>Input Layer</i>	= <i>Input Layer</i> adalah lapisan pertama dari jaringan saraf tiruan yang menerima <i>input</i> dari luar dan meneruskannya ke lapisan-lapisan selanjutnya.
Intervensi	= Intervensi adalah campur tangan atau tindakan yang dilakukan untuk mengubah atau mempengaruhi suatu proses atau kondisi tertentu.
Invasif	= Invasif mengacu pada prosedur atau teknik yang melibatkan penetrasi atau pemasukan alat atau bahan ke dalam tubuh atau sistem biologis.
Kanal	= Kanal adalah jalur atau saluran yang digunakan untuk mentransmisikan atau mengirimkan sinyal atau data antara dua atau lebih titik.
Klasifikasi	= Klasifikasi adalah proses atau hasil pengelompokan atau penempatan data ke dalam kategori atau kelas berdasarkan karakteristik atau atribut tertentu.
Kognitif	= Kognitif berkaitan dengan proses mental atau pengolahan informasi di dalam otak, termasuk pemahaman, perhatian, dan ingatan.
<i>Level</i>	= <i>Level</i> adalah tingkat atau derajat dari suatu parameter, proses, atau keadaan tertentu dalam suatu sistem atau konteks.
<i>Logsig</i>	= <i>Logsig</i> adalah fungsi sigmoid logistik yang digunakan dalam jaringan saraf tiruan untuk menghasilkan <i>output</i> berupa nilai antara 0 dan 1.
<i>Low Pass Filter (LPF)</i>	= <i>Low Pass Filter (LPF)</i> adalah jenis filter yang memungkinkan sinyal dengan frekuensi di bawah batas tertentu untuk melewati, sementara menghilangkan sinyal dengan frekuensi di atas batas tersebut.
 <i>Learning</i>	= Machine Learning adalah cabang dari kecerdasan buatan (AI) yang memungkinkan sistem komputer untuk belajar dari data atau pengalaman.

Lambang/singkatan	Arti dan keterangan
<i>Mother Wavelet</i>	= Mother Wavelet adalah bentuk dasar dari wavelet dalam analisis wavelet, digunakan untuk membangun wavelet lainnya dengan mengubah skala dan posisinya.
MSE	= MSE (<i>Mean Squared Error</i>) adalah metrik yang digunakan untuk mengukur rata-rata kuadrat dari selisih antara nilai sebenarnya dengan nilai prediksi dalam suatu model atau analisis.
<i>Multilayer</i>	= <i>Multilayer</i> mengacu pada struktur atau arsitektur yang terdiri dari beberapa lapisan atau tingkat.
NaN	= NaN (<i>Not a Number</i>) adalah nilai yang digunakan dalam komputasi untuk menyatakan hasil operasi yang tidak dapat ditentukan atau tidak valid.
<i>Neural</i>	= <i>Neural</i> berhubungan dengan jaringan saraf atau neuron, baik dalam konteks biologis maupun dalam kecerdasan buatan.
Neuron	= Neuron adalah unit dasar dalam jaringan saraf, yang menerima, memproses, dan mentransmisikan sinyal listrik dan kimia.
Nondistraksi	= Nondistraksi mengacu pada kondisi atau lingkungan yang tidak mengganggu perhatian atau fokus seseorang.
Noninvasif	= Noninvasif mengacu pada prosedur atau teknik yang tidak melibatkan penetrasi atau pemasukan alat atau bahan ke dalam tubuh atau sistem biologis.
Nonstasioner	= Nonstasioner mengacu pada proses atau data yang tidak menunjukkan kestabilan atau tidak berubah seiring waktu.
Normalisasi	= Normalisasi adalah proses untuk mengubah atau menyesuaikan skala atau rentang nilai dari data menjadi rentang atau skala tertentu untuk tujuan analisis atau pemrosesan lebih lanjut.
Osilasi	= Osilasi adalah gerakan berulang bolak-balik atau naik-turun dalam suatu pola atau sinyal.
<i>Output</i>	= <i>Output</i> adalah hasil atau respons dari suatu proses atau sistem setelah data atau <i>input</i> diproses atau diolah.
<i>Output layer</i>	= <i>Output layer</i> adalah lapisan terakhir dari jaringan saraf tiruan yang menghasilkan hasil atau prediksi berdasarkan <i>input</i> dan pembelajaran yang telah dilakukan.
<i>Portable</i>	= Karakteristik suatu teknologi atau perangkat yang mudah dipindahkan atau digunakan di berbagai tempat.
	= <i>Precision</i> adalah ukuran dari akurasi positif dari suatu model atau sistem, yaitu rasio dari jumlah positif yang benar dibagi dengan total jumlah positif yang diprediksi.



1

Lambang/singkatan	Arti dan keterangan
<i>Preprocessing</i>	= <i>Preprocessing</i> adalah proses persiapan atau pemrosesan awal data sebelum dilakukan analisis atau pemrosesan lebih lanjut.
<i>Recall</i>	= <i>Recall</i> adalah ukuran dari <i>sensitivity</i> suatu model atau sistem, yaitu rasio dari jumlah positif yang benar dibagi dengan total jumlah positif yang sebenarnya.
Respons	= Respons adalah tanggapan atau reaksi terhadap suatu rangsangan atau stimulus.
Rileks	= Rileks adalah keadaan atau kondisi fisik dan mental yang tenang atau bebas dari stres atau kecemasan.
Ritmik	= Ritmik berkaitan dengan pola atau urutan perulangan yang teratur atau ritmis dalam waktu atau gerakan.
Sekuensial	= Sekuensial mengacu pada urutan atau rangkaian peristiwa, tindakan, atau langkah yang terjadi satu demi satu dalam suatu proses.
<i>Single Layer</i>	= <i>Single Layer</i> mengacu pada jaringan atau model yang terdiri dari hanya satu lapisan yang menerima <i>input</i> dan menghasilkan <i>output</i> tanpa lapisan tersembunyi di antaranya.
Sinyal	= Sinyal adalah representasi dari data atau informasi yang dapat ditransmisikan atau diterima melalui medium tertentu, seperti suara, gambar, atau data elektronik.
<i>Smartphone</i>	= <i>Smartphone</i> adalah perangkat genggam yang menggabungkan fungsi telepon seluler dengan kemampuan komputasi yang canggih
<i>Softmax</i>	= Fungsi aktivasi yang digunakan dalam jaringan saraf tiruan, pada lapisan <i>output</i> dengan mengubah <i>output</i> mentah (logit) dari neuron-neuron pada lapisan keluaran menjadi distribusi probabilitas
Sosial Media	= Sosial Media adalah platform atau situs web yang memungkinkan pengguna untuk berinteraksi, berbagi konten, dan terhubung dengan orang lain secara <i>online</i> .
Spektrum	= Spektrum adalah rentang atau jangkauan nilai atau karakteristik tertentu, seperti frekuensi dalam sinyal atau distribusi dalam data.
Stimulus	= Stimulus adalah faktor atau rangsangan yang menyebabkan atau mempengaruhi suatu reaksi atau respons dalam sistem atau organisme.
<i>Supervised Learning</i>	= <i>Supervised Learning</i> adalah jenis pembelajaran mesin di mana model dilatih menggunakan data yang berlabel, dengan tujuan untuk memprediksi atau mengklasifikasikan <i>output</i> berdasarkan <i>input</i> yang diberikan.



Lambang/singkatan	Arti dan keterangan
Target	= Target adalah nilai atau hasil yang diinginkan atau yang dituju dalam suatu proses atau kegiatan, sering kali menjadi fokus atau tujuan utama.
Tes Pauli	= Tes Pauli adalah tes psikologis yang digunakan untuk mengukur respons visual-motorik dan konsentrasi seseorang.
<i>Testing</i>	= <i>Testing</i> adalah proses evaluasi atau pengujian untuk mengukur kinerja atau keefektifan suatu sistem, produk, atau hipotesis.
Sinyal Theta	= Sinyal Theta adalah gelombang otak berirama dengan frekuensi sekitar 4-7 Hz, yang terkait dengan aktivitas otak yang terjadi saat tidur ringan atau dalam kondisi relaksasi.
<i>Training</i>	= <i>Training</i> adalah proses dalam pembelajaran mesin di mana model atau algoritma diperbarui atau disesuaikan dengan menggunakan data untuk meningkatkan kinerja atau akurasi prediksi.
Unjuk Kerja	= Unjuk Kerja adalah evaluasi atau pengukuran kinerja suatu sistem atau model berdasarkan kriteria tertentu, seperti akurasi atau efisiensi.
Variansi	= Variansi adalah ukuran statistik yang menggambarkan seberapa jauh titik data individual dalam sebuah sampel atau populasi tersebar dari nilai rata-rata.
<i>Wired</i>	= <i>Wired</i> mengacu pada hubungan atau komunikasi yang menggunakan kabel fisik atau saluran terkait, seperti dalam jaringan atau perangkat keras.



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu bentuk teknologi yang saat ini banyak digunakan dalam studi aktivitas otak adalah Elektroensefalogram (EEG). EEG berfungsi sebagai sinyal representatif yang mengandung informasi mengenai aktivitas listrik otak (Gao et al., 2020; Alturki et al., 2021). Teknik pemrosesan sinyal EEG tingkat lanjut dapat diterapkan untuk mendeteksi berbagai penyakit dan kelainan pada otak (Alvi, Siuly and Wang, 2022). EEG bekerja melalui teknik noninvasif, merekam aliran listrik yang dihasilkan oleh otak melalui elektroda yang ditempatkan pada kulit kepala (Richard et al., 2021; Wang et al., 2023). Teknologi ini menggunakan elektroda yang ditempatkan di kulit kepala untuk mendeteksi dan mengukur gelombang otak, yang mencerminkan sinyal listrik yang dihasilkan oleh aktivitas neural (Michel and Brunet, 2019). EEG bersifat *nonlinear* dan nonstasioner, mewakili interaksi sirkuit saraf yang mendasarinya, dan dapat digunakan untuk klasifikasi otomatis keadaan otak (Ieracitano et al., 2020). Penelitian Al-Qerem et. al (2020) menunjukkan bahwa EEG adalah alat pengukuran yang unik dan berharga untuk mengevaluasi aktivitas otak manusia, seperti perbedaan frekuensi dan pola tegangan listrik yang muncul di lokasi yang berbeda selama periode perekaman. Dengan demikian, EEG dapat menangkap frekuensi yang berbeda berdasarkan jenis rangsangan fisik, kimia, atau mekanis. Hal ini memungkinkan munculnya nilai respons yang beragam berdasarkan jenis stimulus yang diterima oleh panca indera, seperti pendengaran, pengecap, penciuman, dan penglihatan.

Dalam era digital saat ini, penggunaan media sosial makin meningkat, mengakibatkan pergeseran bentuk interaksi manusia secara signifikan. Keles et al. (2020) mengatakan bahwa penggunaan media sosial remaja, termasuk waktu dihabiskan, aktivitas, investasi, dan kecanduan, berkorelasi positif dengan stres, kecemasan, dan tekanan psikologis. Hal ini juga sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Hanadian (2024) yang mengemukakan bahwa



rata-rata penggunaan internet di Indonesia adalah 8 jam 52 menit dan penggunaan media sosial adalah 3 jam 14 menit setiap harinya. Penelitian lain mengungkapkan bahwa penggunaan media sosial yang berlebihan di tempat kerja dapat mengakibatkan gangguan yang signifikan, sehingga menyebabkan dampak buruk bagi kesehatan hingga penurunan kualitas kerja yang nyata.(Priyadarshini et al., 2020). Dalam konteks ini, terdapat beberapa penelitian yang menyelidiki bagaimana konten media sosial memengaruhi aktivitas otak dan perilaku manusia secara luas. Distraksi yang dapat memengaruhi perhatian dapat berasal dari luar maupun dalam diri seseorang. Gangguan eksternal, seperti kebisingan atau visual di lingkungan, telah banyak diteliti. Namun, gangguan internal, seperti pikiran yang mengganggu atau kebiasaan, juga dapat menyulitkan fokus. Memahami bagaimana kedua jenis gangguan ini memengaruhi perhatian sangat penting untuk mengembangkan cara-cara untuk meningkatkan keterampilan perhatian. Di era perkembangan teknologi saat ini juga membuat sarana distraksi juga makin beragam, mulai dari konten digital hingga game *online* maupun *offline* menjadi konsumsi umum dengan peningkatan yang masif. Gangguan media sosial timbul karena tetap terhubungnya dengan jaringan sehingga akses tetap tersedia saat digunakan, dan gangguan lainnya dapat timbul karena dipengaruhi oleh kemampuan pengaturan diri dan rasa takut ketinggalan atau lebih dikenal dengan istilah *fear of missing out* (FoMO) (Koessmeier and Büttner, 2021).

Distraksi yang diterima juga memiliki manfaat untuk menghindarkan dari perasaan jenuh ketika seseorang melakukan tugas yang monoton, namun akan apabila distraksi diterima secara terus-menerus dapat berdampak pada kemampuan kognitif seseorang. Penelitian oleh Darby et.al (2021) menunjukkan bahwa orang yang lebih baik dalam perhatian selektif cenderung lebih unggul di sekolah dalam berbagai mata pelajaran seperti bahasa, membaca, dan matematika. Maka dari itu diperlukan kontrol terhadap jenis informasi yang diterima, sebagaimana yang diungkapkan Bello et. al (2022) distraksi yang

dari stimulus eksternal dapat dicegah secara proaktif dengan prioritaskan informasi yang relevan dengan tugas dibandingkan informasi tidak relevan, atau secara reaktif dengan menekan proses pengalih



perhatian yang sedang berlangsung. Salah satu aspek menarik untuk diteliti adalah bagaimana aktivitas otak manusia dapat diklasifikasikan berdasarkan kondisi, terutama dalam konteks distraksi. Penelitian ini mengklasifikasikan pola sinyal otak berdasarkan kondisi rileks, nondistraksi dan, distraksi. Menggunakan konten media sosial dan tes Pauli sebagai stimulus, eksperimen ini bertujuan untuk memunculkan profil respons fisiologis yang berbeda.

Metode ekstraksi fitur yang diajukan dalam penelitian ini adalah Discrete Wavelet Transform (DWT). Penelitian dari Alturki et. al. (2020) mengatakan bahwa sinyal EEG dapat diproses menggunakan DWT untuk ekstraksi fitur, hal tersebut bertujuan untuk diagnosis gangguan neurologis seperti epilepsi. DWT adalah metode yang memiliki kemampuan untuk mendekomposisi sinyal EEG ke dalam berbagai pita frekuensi, memungkinkan analisis rinci terhadap karakteristik sinyal tersebut. DWT telah menjadi salah satu metode yang dapat dimanfaatkan untuk menganalisis sinyal EEG dalam konteks proses kognitif seperti perhatian dan fokus, terutama saat mempelajari efek gangguan media sosial. Melalui kemampuannya untuk memberikan analisis multi-resolusi dan mengekstraksi perubahan sementara dalam sinyal EEG (Rahman, Hassan Bhuiyan and Das, 2019). Penggunaan DWT dalam proses ekstraksi fitur disebabkan oleh tingkat efektivitasnya dalam segmentasi fitur sinyal yang lebih baik dibandingkan dengan metode lain, berdasarkan koefisien DWT sebagaimana disimpulkan dalam penelitian Tuncer et al. (2021) dan Yazid et al. (2021). Beberapa keunggulan yang dimiliki DWT pertama, DWT menyediakan informasi waktu dan frekuensi secara simultan, sedangkan *Fourier transform* hanya memberikan informasi frekuensi. Hal ini memungkinkan analisis yang lebih rinci terhadap sinyal EEG dan sifat temporalnya. Kedua, DWT memiliki kemampuan lokal yang lebih baik, artinya dapat menangkap perubahan lokal dalam sinyal lebih akurat dibandingkan Fourier transform. Selain itu, DWT mampu menangkap komponen frekuensi tinggi dan rendah dari sinyal EEG, yang penting untuk memahami dinamika kompleks sinyal otak.



Artificial Neural Network (ANN) dengan *backpropagation* adalah jenis utama machine learning yang telah menunjukkan potensi besar dalam klasifikasi sinyal EEG secara akurat ke dalam berbagai keadaan

aktivitas otak seperti konsentrasi, gangguan, atau stres. ANN digunakan untuk mengklasifikasikan sinyal EEG ke dalam kategori kondisi yang telah ditentukan, yaitu rileks, nondistraksi dan, distraksi. ANN dipilih karena kemampuannya dalam mengenali pola data dan mempertahankan tingkat akurasi yang tinggi, meskipun dengan informasi *input* yang relatif sedikit (Hijazi, Al-Dahidi and Altarazi, 2020; Choubey and Pandey, 2021; Farsi et al., 2021).

Oleh karena itu, diperlukan sebuah sistem yang dapat digunakan untuk melakukan klasifikasi sinyal EEG berdasarkan kondisi seseorang. Dengan memanfaatkan stimulus konten sosial media dan tes Pauli untuk menimbulkan kondisi berbeda dan dengan pendekatan menggunakan metode DWT dan ANN ini memungkinkan dilakukannya pengolahan dan klasifikasi sinyal EEG berdasarkan kondisi seseorang yang ditimbulkan oleh stimulus eksternal yang diterima.

1.2 Rumusan Permasalahan

Berdasarkan latar belakang, maka dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana membuat rancangan sistem untuk klasifikasi sinyal EEG berdasarkan kondisi rileks, nondistraksi dan, distraksi?
2. Bagaimana mengimplementasikan DWT dalam pengolahan sinyal EEG dan ANN dalam klasifikasi kondisi rileks, nondistraksi dan, distraksi?
3. Bagaimana hasil dan unjuk kerja dari sistem yang diperoleh?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah:

1. Merancang sistem untuk klasifikasi sinyal EEG berdasarkan kondisi rileks, nondistraksi dan, distraksi.
2. Menerapkan metode DWT dalam pengolahan sinyal EEG dan ANN dalam klasifikasi sinyal EEG kondisi rileks, nondistraksi dan, distraksi.
3. Menganalisis hasil dan unjuk kerja dari sistem yang diperoleh.



1.4 Manfaat Penelitian

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini diharapkan kedepannya dapat memiliki manfaat, antara lain:

1. Mengetahui bagaimana pemanfaatan sinyal EEG dalam klasifikasi berdasarkan kondisi rileks, nondistraksi dan, distraksi.
2. Bagi industri, peneilitan ini dilakukan untuk memberikan kontribusi pada penelitian pengolahan sinyal terutama pada klasifikasi kondisi rileks, nondistraksi dan, distraksi EEG.
3. Bagi peneliti, penelitian ini menjadi wadah bagi peneliti dalam mengimplementasikan ilmu dan pengetahuan dalam bidang pengolahan sinyal, khususnya sinyal EEG.
4. Bagi institusi Pendidikan Magister Teknik Elektro, Program Studi Teknik Telekomunikasi, dapat dijadikan sebagai rujukan dalam penelitian terkait sinyal EEG kedepannya.

1.5 Ruang Lingkup

Dalam penyelesaian permasalahan pada penelitian ini, makan diberi batasan-batasan sebagai berikut:

1. Perekaman menggunakan *Muse 2 Brain Sensing Headband*.
2. Responden berjumlah 5 orang berusia 19 tahun sampai 30 tahun.
3. Sinyal EEG yang direkam pada kanal. AF7.
4. Sinyal EEG yang digunakan adalah alfa, beta dan gamma.
5. Metode ekstraksi ciri menggunakan *Discrete Wavelet Transform* (DWT).
6. Metode klasifikasi menggunakan *Artificial Neural Network* (ANN) *Backpropagation* dengan algoritma pelatihan *Levenberg-Marquardt*.
7. Perekaman dilakukan dalam 3 kondisi berbeda yang bersifat kuantitatif.

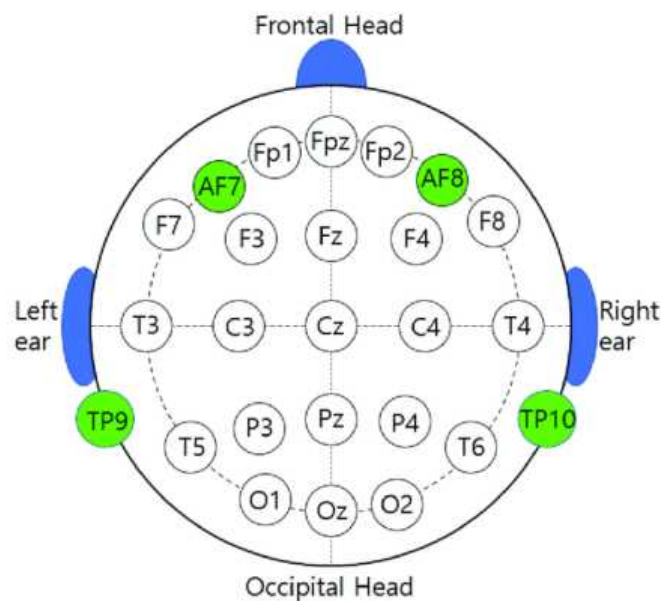


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Elektroensefalografi (EEG)

Elektroensefalografi atau EEG merupakan prosedur yang dilakukan dalam pencatatan atau perekaman aktivitas otak. EEG bekerja dengan memanfaatkan sensor yang sangat peka yang ditempelkan pada permukaan kulit kepala. Ketika sedang beraktivitas, otak akan menimbulkan gelombang listrik statis yang dinamakan gelombang otak atau *brainwave*. Gelombang yang dihasilkan memiliki karakteristik tersendiri seperti perbedaan frekuensi dan amplitudo, hasil dari perekaman juga akan berbeda berdasarkan titik penempatan elektroda pada kepala. Pada Gambar 1 menunjukkan titik peletakan elektroda EEG yang ditempelkan di kepala



Gambar 1 Titik peletakan elektroda EEG pada kepala (Kim et al., 2022).

Dari titik-titik penempatan elektroda tersebut memungkinkan perekaman yang terhubung dengan perangkat komputer sebagai media untuk menampilkan tas gelombang otak dalam bentuk grafik.



2.1.1.1 Sejarah EEG

Dalam British Medical Journal pada tahun 1875, seorang dokter berkebangsaan Inggris memaparkan temuannya terkait adanya fenomena gelombang listrik pada otak kera dan kelinci. Pada tahun 1890, hal serupa juga ditemukan oleh Adolf Beck, seorang ahli fisiologi yang menerbitkan hasil penelitiannya yang menemukan adanya aliran listrik statis pada otak kelinci dan anjing termasuk tentang fluktuasi osilasi ritmik dengan bantuan cahaya .

Bidang elektroensefalografi (EEG) makin maju pada tahun 1929 ketika Hans Berger, seorang psikiater Jerman, mendemonstrasikan kemampuan merekam aktivitas listrik di otak tanpa prosedur invasif. Berger memperkenalkan istilah "electroencephalogram" untuk menggambarkan teknik ini. Pada tahun 1930-an, Fisher dan Lowenback adalah orang pertama yang mengamati lonjakan epileptiform dalam rekaman EEG, dan Jasper Gibbs melaporkan lonjakan listrik ini sebagai indikasi epilepsi. Selain itu, Rumah Sakit Umum Massachusetts mendirikan laboratorium EEG pertama pada tahun 1936.

2.1.1.2 Perangkat EEG

Dari awal ditemukannya, EEG telah mengalami banyak inovasi dan penyempurnaan. EEG saat ini telah memiliki bentuk yang sangat berbeda dengan perangkat terdahulu tentu dengan tujuan agar dapat dengan mudah untuk digunakan serta tetap mengedepankan sisi fungsionalitasnya.

Salah satu produk EEG yang saat ini dapat digunakan secara komersial adalah *Muse 2 Brain Sensing Headband*, perangkat ini sering digunakan dalam penelitian terkait perekaman gelombang otak. *Muse 2 Brain Sensing Headband* memiliki empat sensor elektroda yang tersemat pada bagian depan dan samping. Penggunaan EEG ini dapat dihubungkan pada smartphone sebagai monitor gelombang otak secara realtime, untuk keperluan penelitian perangkat ini dapat mendokumentasikan perekaman dalam bentuk *raw* data dalam rentang waktu perekaman yang telah ditentukan dalam format .csv.



2.1.2 Sinyal Otak (*Brainwave*)

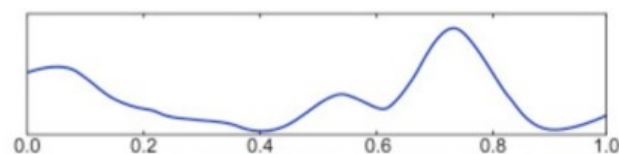
Sinyal otak atau *brainwave* akan timbul ketika otak melakukan aktivitas, baik aktivitas ringan maupun aktivitas berat. Bahkan ketika manusia sedang dalam keadaan tertidur otak tetap melakukan aktivitas. Dalam pembagiannya, sinyal otak dibagi menjadi beberapa bagian berdasarkan frekuensinya seperti yang diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Pembagian gelombang otak (Hima C.S. et al., 2020)

Gelombang Otak	Frekuensi (Hz)	Kondisi
Delta	< 4	Tidur lelap
Theta	4 - 8	Kantuk
Alfa	8 - 12	Rileks
Beta	12 – 30	Berpikir aktif
Gamma	30 <	Aktivitas kognitif tinggi

2.1.2.1 Gelombang Delta

Gelombang delta timbul ketika manusia dalam keadaan terlelap, besaran frekuensi gelombang delta adalah di bawah 4 hertz. Contoh gelombang delta diperlihatkan pada Gambar 2.

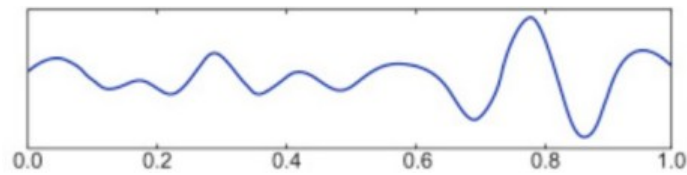


Gambar 2 Gelombang delta

2.1.2.2 Gelombang Theta

Gelombang theta merupakan gelombang otak pada frekuensi antara 4-8 hertz. Frekuensi ini timbul ketika dalam keadaan mengantuk atau saat aliran nafas sedang melambat dibandingkan pada saat aktivitas normal. Contoh gelombang theta diperlihatkan pada Gambar 3.

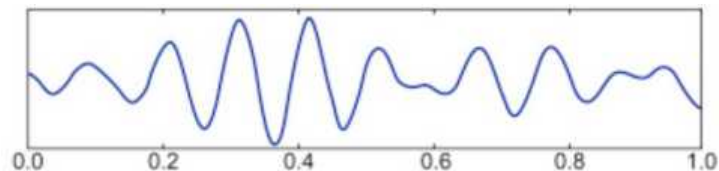




Gambar 3 Gelombang theta

2.1.2.3 Gelombang Alfa

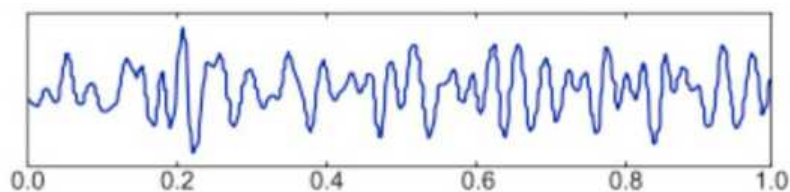
Gelombang alfa merupakan gelombang yang berada antara gelombang theta dan beta. Gelombang alfa muncul ketika manusia sedang dalam keadaan relaksasi, dan cenderung menonjol dalam lamunan atau dalam peralihan kondisi sadar menuju kondisi tidur. Gelombang alfa bekerja pada rentang frekuensi 8-12 hertz. Contoh gelombang alfa diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Gelombang alfa

2.1.2.4 Gelombang Beta

Gelombang beta merupakan gelombang yang timbul ketika manusia dalam keadaan terjaga penuh seperti ketika proses berpikir. Rentang frekuensi gelombang beta pada 12-30 hertz. Berdasarkan rentang frekuensi tersebut gelombang beta terbagi menjadi tiga bagian, yaitu low beta pada 12-20 hertz, gelombang mid-range beta pada 20-30 hertz dan gelombang high beta mulai dari diatas 18 hertz ke atas. Contoh gelombang delta diperlihatkan pada Gambar 5.

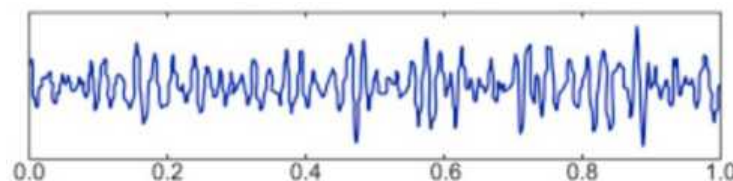


Gambar 5 Gelombang Beta



2.1.2.5 Gelombang Gamma

Gelombang gamma timbul ketika manusia dalam keadaan terjaga penuh, seperti halnya dengan gelombang beta. Akan tetapi gelombang gamma cenderung timbul ketika manusia sedang berkonsentrasi penuh, misal ketika sedang berada dalam pertandingan, mengerjakan tugas kognitif yang intens atau bahkan dalam keadaan panik. Contoh gelombang gamma diperlihatkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Gelombang gamma

2.1.3 Discrete Wavelet Transform (DWT)

Dalam pengolahan data dengan skala yang besar pada dasarnya akan membutuhkan waktu komputasi yang tinggi. Oleh karenanya dapat dilakukan pendekatan ilmiah yang dalam rangka mengurangi dimensi dari data sehingga dapat diproses dengan mudah, salah satu diantara pendekatan tersebut adalah *Fourier* (Lestari and Subanar, 2015). Seiring perkembangannya, ilmuwan melakukan pengembangan dari pendekatan *fourier* ke dalam bentuk transformasi wavelet dimana dapat mengurai data dalam skala tertentu dan dalam dimensi yang berbeda (Graps, 1995) atau dengan kata lain reduksi dimensi data dengan cara dekomposisi ke dalam bentuk elemen yang berbeda (Lestari and Subanar, 2015)

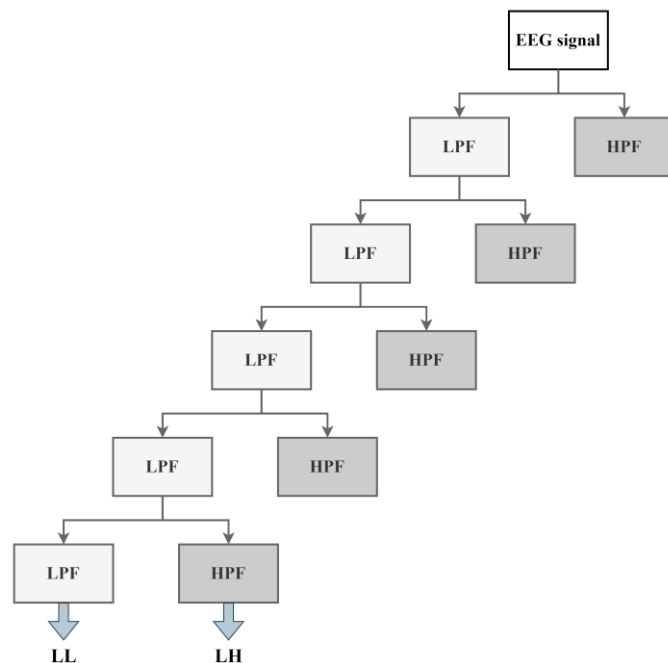
Discrete Wavelet Transform (DWT) merupakan bagian dari transformasi wavelet, cara kerja dari DWT adalah dengan membagi data berdasarkan frekuensi kemudian dianalisis berdasarkan skala resolusinya (Agusti, Wijayanto and Hadiyoso, n.d.).



ekomposisi *Wavelet*

engan kompleksitas sinyal EEG, diperlukan pendekatan untuk memperoleh informasi secara efisien yang menyajikan data frekuensi yang

spesifik (Gao et al., 2021). Metode ekstraksi ciri yang digunakan adalah DWT untuk dekomposisi sinyal ke dalam beberapa level spektrum frekuensi sinyal (al-Qerem et al., 2020; Alturki et al., 2020). Tujuan utama dari ekstraksi ciri adalah untuk mereduksi dimensi sinyal dan memilih fitur yang relevan berdasarkan inferensi statistik guna meningkatkan akurasi dalam proses klasifikasi (Asadur Rahman et al., 2020; Pooja, Pahuja and Veer, 2022). Salah satu metode yang banyak digunakan dalam pengolahan sinyal nonstasioner yang kompleks, terkhusus untuk biosignal seperti suara, ECG, dan EEG (Camussi and Meloni, 2021), adalah DWT. Penerapan transformasi wavelet secara umum didefinisikan ke dalam subband frekuensi yaitu *low-low* (LL), *low-high* (LH), *high low* (HL) dan *high-high* (HH) (Lahmiri and Boukadoum, 2011). Dalam dekomposisi sinyal EEG digunakan subband frekuensi LL dan LH. Diagram dekomposisi DWT ditampilkan pada Gambar 7.



Gambar 7 Diagram dekomposisi sinyal EEG dengan wavelet 5 level

DWT bekerja dengan mendekomposisi sinyal ke dalam beberapa level berdasarkan frekuensinya melalui serangkaian langkah filtrasi. Proses ini tidak memungkinkan analisis multi-resolusi dari sinyal, tetapi juga bertujuan menghilangkan artefak yang tidak diinginkan dalam sinyal (Xu et al.,



2020; Phadikar, Sinha and Ghosh, 2021). Dengan demikian, DWT memberikan representasi yang lebih terstruktur dari sinyal asli, memudahkan identifikasi fitur yang signifikan.

2.1.3.2 Basis Wavelet

Terdapat berbagai jenis DWT yang dikelompokkan berdasarkan komponen frekuensinya. Salah satu jenis yang umum digunakan adalah *Daubechies wavelets*. Dalam penelitian ini, digunakan *Daubechies 4 (db4)*, yang dikenal karena kemampuannya dalam menangkap informasi frekuensi rendah dan tinggi secara efisien. Pilihan db4 didasarkan pada keunggulannya dalam memberikan respons cepat dan tingkat kinerja tinggi untuk klasifikasi sinyal EEG, sehingga cocok untuk analisis sinyal EEG yang kompleks (Postalcioglu, 2021). Secara matematis DWT dapat dituliskan dalam formula berikut:

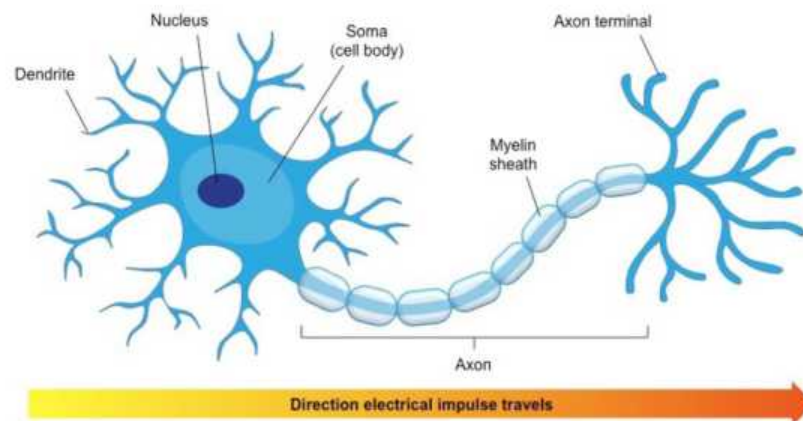
$$\Psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} \Psi \left(\frac{t-b}{a} \right) \quad (1)$$

Dimana Ψ adalah mother wavelet yang telah dinormalisasi, parameter skala diwakili oleh a , b merupakan parameter translasi, $b \in \mathbb{R}$ sehingga nilai a sama dengan nilai bukan nol. Melalui penerapan DWT, sinyal EEG dapat diuraikan menjadi komponen frekuensi yang lebih sederhana, memudahkan deteksi fitur yang relevan untuk klasifikasi. Tahap ini bertujuan untuk mengekstrak nilai bobot dari data yang telah ternormalisasi.

2.1.4 Artificial Neural Network

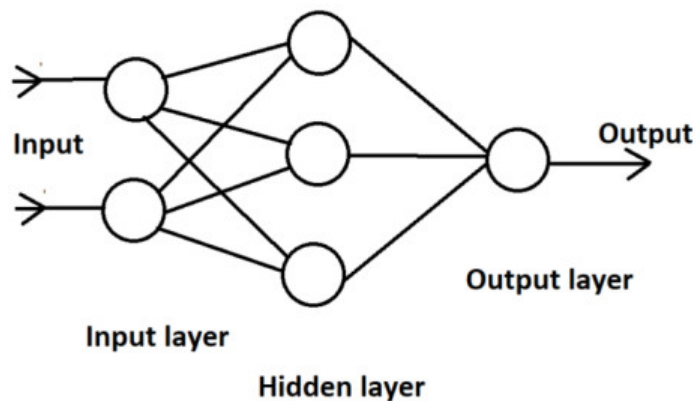
Artificial Neural Network (ANN) atau Jaringan Saraf Tiruan, adalah komponen penting dalam kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*, AI). ANN dirancang untuk menyelesaikan berbagai masalah dengan mengenali pola dalam data melalui proses pelatihan (*training*). Sistem ini mengadopsi prinsip kerja jaringan saraf biologis dalam otak manusia untuk mengolah informasi. Dalam ANN, neuron-neuron buatan diorganisasikan dalam lapisan-lapisan atau *layer*, di mana masing-masing neuron mengirimkan sinyal ke neuron lain ui koneksi yang memiliki bobot tertentu.





Gambar 8 Struktur sederhana neuron (Garg, 2019)

Gambar 8 menunjukkan bentuk susunan neuron pada otak manusia. Secara umum jaringan pada otak manusia terdiri atas 10^{13} neuron yang saling berhubungan satu dengan lainnya, neuron dapat mengirimkan informasi ke neuron lainnya dengan 10^{15} saraf yang saling terhubung. Gambar 9 menunjukkan struktur sederhana pada jaringan ANN.



Gambar 9 Struktur sederhana ANN (Garg, 2019)

Proses pelatihan melibatkan penyesuaian bobot ini untuk meminimalkan kesalahan prediksi jaringan, memungkinkan ANN untuk belajar dari data dan membuat prediksi atau keputusan berdasarkan pola yang telah dipelajari. Teknik seperti *backpropagation* sering digunakan untuk mengoptimalkan jaringan selama pelatihan, menjadikan ANN sebagai metode yang



efektif dalam berbagai aplikasi seperti pengenalan gambar, pemrosesan bahasa alami, dan analisis data yang kompleks.

Prinsip kerja tersebut diadopsi dalam ANN yang memiliki simpul yang saling berhubungan dan memiliki weight atau bobot yang mewakili informasi. Melalui proses pelatihan secara sekuensial, ANN mampu mengolah data *nonlinear* yang kompleks kemudian mengelompokkan data baru dengan data lama yang sebelumnya telah dipelajari oleh sistem melalui proses *training*. Berkaitan dengan pengenalan pola sinyal, sehingga ANN cocok dalam pengolahan sinyal EEG khususnya dalam proses klasifikasi.

2.1.4.1 *Backpropagation*

Backpropagation atau propagasi mundur adalah sebuah algoritma pembelajaran terawasi atau *supervised learning* yang digunakan untuk melatih jaringan saraf feedforward multilayer (Lillicrap et al., 2020). Algoritma ini bekerja dengan menghitung gradien fungsi kesalahan secara efisien pada bobot jaringan, memungkinkan optimalisasi kinerja jaringan melalui teknik seperti penurunan gradien. Fungsi aktivasi memiliki peran penting dalam algoritma propagasi mundur, dan berbagai fungsi aktivasi telah dikembangkan untuk mengatasi masalah seperti masalah gradien hilang.

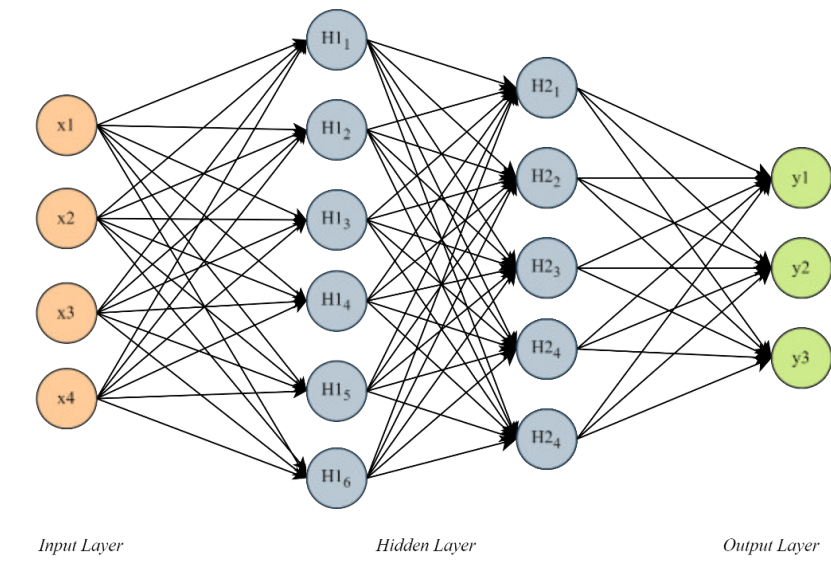
Backpropagation bertujuan untuk mengurangi tingkat kesalahan pada sistem dengan menyesuaikan bobot berdasarkan selisih antara keluaran dengan target yang diinginkan. Secara umum ANN terdiri atas *input layer* dan *output layer*, dan penggunaan lapisan neuron tambahan yang dinamakan *hidden layer* menjadi pembeda antara algoritma *multilayer* dan *single layer*. Penggunaan *hidden layer* disini bertujuan untuk menurunkan nilai error yang kemungkinan terjadi, hal ini disebabkan karena apabila terdapat nilai *output* yang tidak sesuai dengan target maka akan diperbaiki hingga nilai yang dihasilkan mendekati nilai target yang diinginkan.



2.1.4.2 *Arsitektur Backpropagation*

ada algoritma *backpropagation* terdapat dua langkah kerja yaitu forward dengan kalkulasi antara nilai dari *input layer* dan nilai dari *output* kemudian *backpropagation* yang melakukan kalkulasi ulang terhadap

nilai bobot pada *layer output* dan melakukan pengulangan hingga mencapai tingkat kesalahan yang lebih kecil. Gambar 10 menunjukkan arsitektur jaringan dengan dua lapisan *hidden layer*.



Gambar 10 Arsitektur *artificial neural network* dua *hidden layer*

2.1.5 Tes Pauli

Pada awal abad ke-20, seorang psikiater Jerman bernama Emil Kraepelin melakukan penelitian psikologi dengan mengembangkan sebuah tes yang dinamakan tes Kraepelin. Tes ini menggunakan operasi aritmetika sederhana untuk mengukur fungsi mental seseorang seperti konsentrasi dan kelelahan seiring waktu. Tes Kraepelin awalnya bertujuan untuk mengetahui tingkat penurunan fungsi konsentrasi yang diakibatkan kelelahan yang digunakan dalam aspek klinis dan pekerjaan.

Pada tahun 1938, Richard Pauli mengembangkan tes yang merupakan penyempurnaan dari tes Kraepelin yang dikenal dengan nama tes Pauli. Bersama dengan Wilhelm Arnold dan Van Hiss, Richard Pauli menggali potensi dari tes ini dengan memperluas konsep aslinya untuk menciptakan sebuah metode yang lebih komprehensif. Tes Pauli menggunakan pendekatan lebih terstruktur untuk mengukur fungsi kognitif hingga mengukur sifat-sifat seperti ketekunan, toleransi stres dan ketelitian (Infotech, 2021).



Pauli dimanfaatkan dalam berbagai bidang, terutama dalam lingkungan militer dan industri. Tes ini digunakan untuk mengukur kesesuaian kandidat terhadap kebutuhan posisi pekerjaan yang membutuhkan tingkat konsentrasi dan manajemen stres yang baik. Seiring perkembangan waktu, saat ini tes Pauli menjadi alat yang secara umum dikenal dalam bidang psikologi untuk mengukur dan mengevaluasi fungsi kognitif dan kepribadian seseorang (Infotech, 2023).

2.1.6 Distraksi

Distraksi adalah proses menyimpangnya konsentrasi seseorang dari tugas yang diinginkan, seringkali disebabkan oleh faktor eksternal atau internal (Mayildurai et al., 2019). Distraksi yang berbeda dapat mengganggu memori visual jangka pendek, meskipun gangguan tersebut sangat berbeda dengan targetnya, dan gangguan tersebut hanya berkurang jika gangguan tersebut sangat dapat diprediksi (Mercer, Shaw and Fisher, 2022). Distraksi di era modern berkaitan erat dengan penggunaan teknologi digital, gangguan kinerja, dan gangguan pada proses kognitif tingkat tinggi (Throuvala et al., 2021).

2.2 Penelitian Terkait

Beberapa penelitian terdahulu terkait dengan masalah klasifikasi sinyal EEG berdasarkan kondisi seseorang diuraikan sebagai berikut:

1. Penelitian oleh Mira et al. (2019) yang melakukan klasifikasi sinyal EEG dengan stimulus aromatik lavender dan sandalwood menggunakan metode ekstraksi *Discrete Wavelet Transform* (DWT) dan *Fast Fourier Transform* (FFT) *Support Vector Machine* (SVM) menunjukkan bahwa klasifikasi menggunakan metode SVM menghasilkan 3 model SVM dengan akurasi sebesar 72,2%, 83,3%, dan 88,9%. Dari hasil tersebut, model SVM dengan akurasi 88,9% dipilih sebagai data klasifikasi yang digunakan dalam penelitian ini.
2. Penelitian oleh Ieracitano et al. (2020) melakukan pendekatan *machine learning* terhadap klasifikasi otomatis rekaman EEG pada demensia dengan subjek penelitian penderita alzheimer. Penelitian ini menggunakan metode *Continuous Wavelet Transform* (CWT) dan



Bispectrum (BiS) sebagai metode ekstraksi ciri dan *Autoencoder* (AE), *Multilayer Perceptron* (MLP), *Logistic Regression* (LR), dan SVM sebagai metode klasifikasi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa multimodal *machine learning* yang diusulkan dapat dianggap sebagai alternatif yang layak untuk pendekatan *deep learning* yang membutuhkan komputasi intensif

3. Penelitian oleh Gao et al. (2020) menggunakan database dari *Epileptic EEG signal data in the CHB-MIT*, menunjukkan bahwa metode *Enhanced Epileptic Seizure Classification* (EESC) yang diusulkan mampu mengklasifikasikan empat kategori keadaan epilepsi dengan tingkat akurasi klasifikasi rata-rata di atas 90% dengan menggunakan metode *Power Spectrum Density Energy Diagrams* (PSDED) dan *Deep Convolutional Neural Network* (DCNN).
4. Penelitian oleh Vidi et al. (2020) yang menggunakan metode DWT dan *K-Nearest Neighbour* (KNN) untuk klasifikasi gelombang otak seseorang pada saat bermain gitar tanpa bernyanyi dan sambil bernyanyi. Hasil klasifikasi dari penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan metode KNN dengan parameter terbaik yang telah diidentifikasi dapat memberikan akurasi yang tinggi, mencapai 100%.
5. (Luo et al., 2020) Penelitian oleh Luo et al. (2020) yaitu klasifikasi emosi berbasis EEG, stimulus yang digunakan adalah video klip musik. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa dengan menggunakan metode pemrosesan data DWT dan *Spiking Neural Networks* (SNN), emosi dalam bentuk *arousal*, *valence*, *dominance*, dan *liking* dapat diklasifikasikan dengan akurasi 74%, 78%, 80%, dan 86.27% untuk dataset DEAP. Selain itu, untuk dataset SEED, akurasi keseluruhan yang dicapai adalah 96.67%.
6. Penelitian oleh Raghu et al. (2020) yang melakukan klasifikasi terhadap jenis kejang berdasarkan dataset yang diperoleh dari Temple University Hospital (TUH) menggunakan SVM. Hasil akurasi klasifikasi tertinggi yang dicapai dalam penelitian ini adalah 82.85%.



7. Penelitian oleh Zhang et al. (2021) melakukan klasifikasi *Motor Imagery* (MI) dari dataset *open-source BCI Competition IV*. Pada penelitian ini digunakan metode ekstraksi *Short-Time Fourier Transform* (STFT), SVM dan *Linear Discriminant Analysis* (LDA) pada klasifikasinya. Model ini berhasil mencapai akurasi sebesar 88.58% untuk dataset dengan dua kelas dan 88.39% untuk dataset dengan empat kelas.
8. Penelitian oleh Muhammad Alif et al. (2021) melakukan klasifikasi pada sinyal alfa dan beta berdasarkan konsentrasi pada saat mengerjakan tes matematika. Dengan menggunakan perbandingan kondisi sebelum dan setelah meminum kafein. Kombinasi DWT dan K-NN pada penelitian ini menunjukkan bahwa pada jarak KNN *Euclidean* dan *Minkowski*, akurasi terbaik yang dicapai adalah 83% dengan parameter tertentu. Namun, pada jarak KNN *Cityblock*, akurasi terbaik hanya mencapai 50%.
9. Penelitian oleh Rizka et al. (2022) melakukan klasifikasi emosi berdasarkan gelombang otak dengan stimulus video. Metode yang dimanfaatkan adalah *Higuchi* dan K-NN dengan hasil yang diperoleh akurasi tertinggi sebesar 91,67% dengan menggunakan nilai $k\text{-max} = 15$.
10. Penelitian oleh Khodijah (2023) yang memanfaatkan sinyal EEG untuk mendeteksi emosi seseorang saat mendengarkan Al-Quran. Tahap ekstraksi ciri menggunakan metode transformasi *wavelet* dan *Recurrent Neural Network* (RNN) untuk klasifikasi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan transformasi *wavelet* untuk ekstraksi fitur dapat meningkatkan akurasi data pelatihan dari 35,23% menjadi 78,5%

2.3 State of The Art

Dari penelitian-penelitian terkait, dirangkum dalam state of the art yang disajikan pada Tabel 2.



Tabel 2 State of the art penelitian

No	Judul	Penulis	Tahun Terbit	Stimulus/ Data	Jenis EEG	Metode	Hasil
1	Klasifikasi Sinyal EEG dengan Stimuli Aromatik Menggunakan Metode <i>Support Vector Machine</i>	Mira Yulia dkk.	2019	Aroma Lavender dan Sandalwood	MITSAR EEG 33 Channel	DWT, FFT klasifikasi menggunakan SVM	Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa klasifikasi menggunakan SVM menghasilkan akurasi tertinggi 88,9%
2	<i>A Novel Multi-Modal Machine learning Based Approach for Automatic Classification of EEG Recordings in Dementia</i>	Cosimo dkk.	2019	Subjek sehat dan penderita Alzheimer	EEG 19 Channel	CWT dan BiS klasifikasi menggunakan SVM, AE, MLP, LR	Hasil Multi-Layer Perceptron (MLP) mengungguli model lainnya dengan akurasi berkisar 82% sampai 96%.
3	<i>Deep Convolutional Network-Based Electroencephalogram</i>	Gao dkk	2020	Epileptic EEG signal data in the		PSDED dan DCNN	Hasil akurasi klasifikasi rata-rata di atas 90%



No	Judul	Penulis	Tahun Terbit	Stimulus/ Data	Jenis EEG	Metode	Hasil
	<i>(EEG) Signal Classification</i>			CHB-MIT database			dalam studi kasus dengan data epilepsi CHB-MIT
4	Analisis Sinyal Gelombang Otak Manusia Saat Bermain Gitar Sembari Bernyanyi Dan Tidak Bernyanyi Berbasis EEG Dengan Menggunakan Metode <i>Discrete Wavelet Transform</i> Dan <i>K-Nearest Neighbor</i>	Vidi dkk.	2020	Bermain tanpa dan sambil bernyanyi	<i>Muse</i> EEG 4 Channel	DWT dan KNN	Dalam penelitian ini, kanal terbaik adalah AF8, parameter terbaik untuk DWT adalah kurtosis, dan parameter terbaik untuk KNN adalah k dengan nilai 1, 3, 5, 7, dan 9.
5	<i>EEG-Based Emotion ation Using Neural Networks</i>	Yuling	2020	DEAP dataset dan SEED - Klip video musik	Klip video musik	DWT, FFT dan SSN	Penelitian ini mencapai akurasi klasifikasi emosi sebesar 74%-86.27% untuk dataset DEAP dan



No	Judul	Penulis	Tahun Terbit	Stimulus/ Data	Jenis EEG	Metode	Hasil
							96.67% untuk dataset SEED menggunakan variance dan SNN
6	<i>EEG based multi-class seizure type classification using convolutional neural network and transfer learning</i>	Raghu dkk.	2020	Temple University Hospital (TUH) open-source database – Kondisi kejang	EEG 19 Channel	Transfer learning dan SVM	Hasil klasifikasi menunjukkan bahwa klasifikasi tertinggi, dengan Googlenet mencapai akurasi tertinggi sebesar 82.85% menggunakan solver Adaptive Moment Estimation.
7	<i>EEG-Inception: An and Robust and Neural for EEG-based</i>	Ce Zhang	2021	Dataset open-source dari BCI	EEG 44 Channel	STFT, SVM dan LDA	Hasil dari penelitian ini model berhasil mencapai



No	Judul	Penulis	Tahun Terbit	Stimulus/ Data	Jenis EEG	Metode	Hasil
	<i>Motor Imagery Classification</i>			Competition IV – Motor Imagery			sekitar 66% untuk klasifikasi MI tujuh kelas
8	Klasifikasi Sinyal Alfa Beta Terhadap Konsentrasi Diri Dalam Kondisi Mengerjakan Tes Matematika Menggunakan Metode <i>K-Nearest Neighbor</i> (K-NN)	Alif Rizqi	2021	Kondisi sebelum dan setelah meminum kafein	<i>Muse</i> EEG 1 Channel	DWT dan KNN	Penelitian ini menunjukkan bahwa pada jarak KNN Euclidean dan Minkowski, akurasi terbaik adalah 83%, Cityblock akurasi 50%.
9	Klasifikasi Jenis Emosi Berdasarkan Gelombang Otak Menggunakan <i>Higuchi dengan st Neighbor</i>	Rizka dkk.	2022	Video	Neurosky Mindwave Mobile 2	Higuchi dan K-NN	Penelitian ini berhasil mengklasifikasikan jenis emosi pada manusia berdasarkan gelombang



No	Judul	Penulis	Tahun Terbit	Stimulus/ Data	Jenis EEG	Metode	Hasil
							otak dengan akurasi tertinggi 91,67%.
10	Sinyal Elektroensefalografi Untuk Deteksi Emosi Saat Mendengar Stimulus Pembacaan Al-Quran Menggunakan <i>Wavelet Transform</i>	Khodijah dkk.	2023	Audio Murottal Al-Qur'an	EEG 4 Channel	Transformasi wavelet dan RNN	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan transformasi wavelet untuk ekstraksi fitur dapat meningkatkan akurasi data pelatihan dari 35,23% menjadi 78,5%



2.4 Kerangka Pikir

Dalam era digital saat ini, penggunaan media sosial makin meningkat, mengubah cara interaksi manusia secara luas. Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan media sosial oleh remaja berkorelasi positif dengan depresi, kecemasan, dan tekanan psikologis. Data hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata penggunaan internet di Indonesia adalah 8 jam 52 menit per hari, dengan penggunaan media sosial 3 jam 14 menit per hari. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan klasifikasi pengaruh konten media sosial terhadap aktivitas otak dan perilaku manusia, khususnya dalam konteks proses kognitif.

Penelitian ini berfokus pada klasifikasi aktivitas otak dalam kondisi rileks, nondistraksi dan, distraksi. Dengan menggunakan konten media sosial dan tes Pauli sebagai stimulus, eksperimen ini akan memicu respons fisiologis yang berbeda. Metodologi penelitian mencakup perekaman sinyal otak menggunakan EEG, pengolahan sinyal dan klasifikasi menggunakan metode DWT dan ANN.

Kontribusi penelitian ini mencakup pemahaman terkait hubungan antara paparan distraksi yang dikonsumsi melalui konten media sosial dan aktivitas otak, serta diharapkan menjadi dasar pengembangan langkah antisipasi intervensi untuk mengurangi dampak negatif penggunaan media sosial. Hasil penelitian ini dapat diterapkan dalam desain teknologi yang mendukung fokus dan produktivitas, serta memberikan wawasan penting untuk meningkatkan kesehatan mental dan kinerja di tempat kerja.

