

**IMPLEMENTASI METODE *CONTINUOUS
CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK* UNTUK
PENGENALAN POLA PENGANGGE SUARA AKSARA
BALI PADA SINYAL *ELECTROENCEPHALOGRAM***



**PROGRAM STUDI S1 SISTEM INFORMASI
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK DAN KEJURUAN
UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA
SINGARAJA**

2025



**IMPLEMENTASI METODE *CONTINOUS
CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK* UNTUK
PENGENALAN POLA PENGANGGE SUARA AKSARA
BALI PADA SINYAL *ELECTROENCEPHALOGRAM***

SKRIPSI

**Diajukan Kepada
Universitas Pendidikan Ganesha
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam Menyelesaikan
Program Sarjana Komputer**



**Oleh
Made Agastya Maheswara
NIM. 2115091093**

**PROGRAM STUDI S1 SISTEM INFORMASI
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK DAN KEJURUAN
UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA
SINGARAJA**

2025

SKRIPSI

**DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI TUGAS DAN
MEMENUHI SYARAT-SYARAT UNTUK
MENCAPAI GELAR SARJANA KOMPUTER**

Menyetujui,

Pembimbing I,



Dr. I Made Agus Wirawan, S.Kom., M.Cs.
NIP. 198408272008121001

Pembimbing II,



Ir. I Gede Mahendra Darmawiguna, S.Kom., M.Sc.
NIP. 198501042010121004

Skripsi oleh Made Agastya Maheswara
Telah dipertahankan di depan dewan penguji
Pada Tanggal 25 Juli 2025

Dewan Penguji,



Made Windu Antara Kesiman, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP. 198211112008121001

(Ketua)



Ir. I Gusti Ayu Agung Diatri Indradewi, S.Kom., M.T.
NIP. 198907112020122004

(Anggota)



Dr. I Made Agus Wirawan, S.Kom., M.Cs.
NIP. 198408272008121001

(Anggota)



Ir. I Gede Mahendra Darmawiguna, S.Kom., M.Sc.
NIP. 198501042010121004

(Anggota)

Diterima oleh Panitia Ujian Fakultas Teknik dan Kejuruan

Universitas Pendidikan Ganesha

Guna memenuhi syarat-syarat untuk mencapai gelar sarjana komputer

Pada:

Hari : Kamis
Tanggal : 07 AUG 2025



Mengetahui,

Ketua Ujian,

Sekretaris Ujian,

Made Windu Antara Kesiman, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP. 198211112008121001

Ir. I Made Dendi Maysanjaya, S.Pd., M.Eng.
NIP. 199005152019031008

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik dan Kejuruan




Prof. Dr. Kadek Rihendra Dantes, S.T., M.T.
NIP. 197912012006041001

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa karya tulis berjudul "IMPLEMENTASI METODE CONTINUOUS CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK UNTUK PENGENALAN POLA PENGANGGE SUARA AKSARA BALI PADA SINYAL ELECTROENCEPHALOGRAM" beserta seluruh isinya adalah benar-benar hasil karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan maupun pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya bersedia menanggung segala risiko atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau klaim terhadap keaslian karya ini.

Singaraja, 06 Juli 2025

Yang ment



Made Agastya Maheswara
NIM. 2115091093

MOTTO

“JUST DO IT”



PRAKATA

Tiada henti saya bersyukur pada Tuhan Yang Maha Esa, saya ingin berterima kasih atas semua pihak yang telah memabntu dalam menyelesaikan skripsi dengan judul **“IMPLEMENTASI METODE CONTINOUS CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK UNTUK PENGENALAN POLA PENGANGGE SUARA AKSARA BALI PADA SINYAL ELECTROENCEPHALOGRAM”**. Skripsi ini merupakan syarat untuk menyelesaikan program sarjana di Universitas Pendidikan Ganesha.

Disini saya ingin mengungkapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. I Wayan Lasmawan, M.Pd., peselaku Rektor Universitas Pendidikan Ganesha, yang telah memberikan kesempatan dalam mengemban pendidikan di Program Studi Sistem Informasi, Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Kejuruan.
2. Prof. Dr. Gede Rasben Dantes, S.T., M.T.I., selaku Wakil Rektor Bidang Akademik dan Kerja Sama, Universitas Pendidikan Ganesha, yang sudah memberi kesempatan untuk menyusun skripsi ini.
3. Dr. I Made Agus Wirawan, S.Kom., M.Cs., selaku Dosen Pembimbing I, yang telah membantu memberikan petunjuk, saran, dukungan, dan inspirasi dalam proses penyusunan skripsi ini.
4. Ir. I Gede Mahendra Darmawiguna, S.Kom., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing II, yang telah membantu memberikan petunjuk, saran, semangat, dan inspirasi dalam proses penyusunan skripsi ini.
5. Made Windu Antara Kesiman, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Penguji I, yang memberikan petunjuk, saran, dukungan, dan inspirasi dalam proses penyusunan skripsi ini.
6. Ir. I Gusti Ayu Agung Diatri Indradewi, S.Kom., M.T., selaku Penguji II, yang memberikan petunjuk, saran, dukungan, dan motivasi dalam penyusunan proses skripsi ini.
7. Penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada keluarga tercinta, yang selalu menjadi sumber kekuatan dan semangat dalam setiap langkah kehidupan. Teristimewa kepada Ayah dan Ibu, Nyoman Suriawan dan Ketut Sri Indrawati, serta kakak tercinta,

Putu Gayatri Maheswari. Lahir dan tumbuh dalam keluarga yang sederhana tidak pernah menjadi penghalang bagi penulis untuk bermimpi besar, justru dari kesederhanaan itulah penulis belajar arti ketulusan, kerja keras, dan pengorbanan yang tanpa pamrih. Terima kasih karena telah mempercayai penulis, karena tidak pernah lelah memberikan kasih sayang, doa, dan dukungan dalam bentuk apa pun, bahkan ketika jalan terasa berat. Semua capaian ini adalah buah dari cinta dan perjuangan kalian yang tidak tergantikan. Semoga tulisan sederhana ini menjadi awal dari balasan kecil atas segala yang telah kalian berikan.

8. Penulis juga ingin menyampaikan rasa terima kasih yang setulus-tulusnya kepada kekasih penulis, Elisabet Margaretha, yang telah menjadi sosok pendamping penuh pengertian, kesabaran, dan cinta selama proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih atas doa yang tak pernah putus, perhatian yang tak pernah surut, serta semangat yang selalu hadir bahkan di saat penulis berada dalam titik terendah. Kehadiranmu telah menjadi sumber kekuatan di tengah tekanan dan kelelahan, serta pengingat bahwa penulis tidak pernah sendiri dalam perjuangan ini. Terima kasih telah menjadi tempat bersandar, berbagi cerita, dan sosok yang terus percaya pada kemampuan penulis, bahkan saat penulis sendiri mulai meragukannya. Doa dan kasihmu adalah bagian yang tak terpisahkan dari perjalanan ini hingga akhirnya dapat diselesaikan dengan baik.
9. Penulis juga ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada teman-teman seperjuangan dari *Corner Fam*: Alit, Frans, Turah Eka, Farhil, Nanda, Jovin, Augusto, Alan, Lanang, Bagas, Jo, Dapa, Gabriel, Bintang, Reno dan Jordan. Terima kasih atas kebersamaan, dukungan, dan tawa yang selalu hadir di setiap perjalanan ini. Kalian bukan hanya sekadar teman kuliah, tetapi sudah menjadi bagian dari keluarga yang tumbuh dan berjuang bersama. Kehadiran kalian menjadi penyemangat yang berarti hingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Semoga persaudaraan ini terus terjaga dan menjadi kenangan yang tak terlupakan.

10. Penulis juga menyampaikan terima kasih yang tulus kepada teman-teman *Thor Aja*: Yugo, Dimas, Angga, Desu, Win, dan Dwik. Walaupun jarak memisahkan dan tidak selalu bisa bertemu secara langsung, kebersamaan, dukungan, dan semangat yang kalian berikan tetap terasa dekat dan berarti. Kalian bukan hanya sekadar teman, tetapi sudah menjadi bagian dari keluarga yang ikut menguatkan penulis dalam melalui setiap proses, termasuk penyusunan skripsi ini. Terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan ini, semoga tali persaudaraan kita tetap terjaga.

11. Kepada seseorang yang pernah menemani penulis selama masa kuliah dan tidak dapat penulis sebut namanya. Terima kasih atas semua dukungan, kebahagiaan, dan juga luka yang pernah ditinggalkan. Walaupun kehadiranmu tidak pernah menetap, mengajarkan penulis bahwa tidak semua orang akan selalu tinggal, namun setiap perjumpaan dan kepergianmu memberikan pelajaran berharga. Semoga kita tidak bertemu lagi dikebetulan manapun

Penulis dengan sepenuh kesadaran menyatakan bahwa isi skripsi ini mungkin masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasannya kemampuan penulis. Oleh karena itu, guna meningkatkan kualitas skripsi ini, penulis mengharapkan setiap kritik dan saran yang berifat membangun dari berbagai pihak. Semoga skripsi ini memberikan manfaat dan kontribusi positif bagi kita semua.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR LOGO	ii
PERNYATAAN	vii
MOTTO.....	viii
PRAKATA.....	ix
ABSTRAK	xii
ABSTRACT	xiii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II KAJIAN TEORI.....	6
2.1 Kajian Pustaka.....	6
2.2 Landasan Teori	9
2.2.1 <i>Electroencephalogram (EEG)</i>	9
2.2.2 <i>Imagined Spelling</i>	10
2.2.3 Pengolahan Sinyal <i>EEG</i> dalam Klasifikasi <i>Imagined Spelling</i>	10
2.2.4 Klasifikasi Sinyal <i>EEG</i> Menggunakan <i>Deep Learning</i>	11
2.2.5 <i>Evaluasi Model Klasifikasi</i>	13

2.2.6	<i>Normalisasi Cost Benefit</i>	15
2.2.7	Pengembangan Sistem Berbasis Aplikasi Web	16
BAB III METODE DAN JENIS PENELITIAN		18
3.1	Jenis Penelitian.....	19
3.2	Persiapan Dataset	19
3.3	Pengembangan Model Continous Convolutional Neural Network.....	21
3.3.1	<i>Preprocessing</i>	21
3.3.2	<i>Feature Extraction</i>	23
3.3.3	<i>Baseline Reduction</i>	24
3.3.4	<i>Feature Representation</i>	24
3.3.5	<i>Classification</i>	25
3.3.6	<i>Accuracy Calculation</i>	31
3.3.7	<i>Evaluation</i>	32
3.4	<i>Model Deployment (Extreme Programming)</i>	33
3.4.1	<i>Planning</i>	33
3.4.2	<i>Design</i>	33
3.4.3	<i>Coding</i>	42
3.4.4	<i>Testing</i>	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		43
4.1	Hasil	43
4.1.1	Pengembangan Model Continous Convolutional Neural Network...	43
4.1.2	Model Deployment.....	53
4.2.1	Testing.....	60
4.2	Pembahasan.....	65
BAB V PENUTUP.....		74
5.1	Kesimpulan	74

5.2	Saran.....	74
DAFTAR PUSTAKA.....		76
LAMPIRAN.....		80
RIWAYAT HIDUP		92



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian terkait imagined spelling berbasis sinyal EEG.....	8
Tabel 3. 1 Dataset.....	19
Tabel 3. 2 Data Total Eksperimen Satu Partisipan	20
Tabel 3. 3 Karakteristik frekuensi pada sinyal EEG	22
Tabel 3. 4 Proses konvolusi Model 1	27
Tabel 3. 5 Proses konvolusi Model 2	28
Tabel 3. 6 Proses konvolusi Model 3	29
Tabel 3. 7 Proses konvolusi Model A.....	29
Tabel 3. 8 Proses konvolusi Model B.....	30
Tabel 3. 9 Proses konvolusi Model C.....	30
Tabel 3. 10 Ilustrasi Perhitungan Precision dan Recall pada Enam Kelas.....	31
Tabel 3. 11 Data Kriteria Penentuan Arsitektur	32
Tabel 4. 1 Hasil Pemrosesan pada Model 1	46
Tabel 4. 2 Hasil Pemrosesan pada Model 2	47
Tabel 4. 3 Hasil Pemrosesan pada Model 3	48
Tabel 4. 4 Data Awal Skenario Pertama	48
Tabel 4. 5 Hasil Normalisasi Skenario Pertama.....	49
Tabel 4. 6 Hasil Pemrosesan pada Model 1A	50
Tabel 4. 7 Hasil Pemrosesan pada Model 1B.....	51
Tabel 4. 8 Hasil Pemrosesan pada Model 1C.....	52
Tabel 4. 9 Data Awal Skenario Kedua.....	52
Tabel 4. 10 Hasil Normalisasi Skenario Kedua	53
Tabel 4. 11 Black Box testing fitur Preprocessing	60
Tabel 4. 12 Black Box testing fitur Training Model	61
Tabel 4. 13 Blackbox testing fitur Prediction.....	61
Tabel 4. 14 White Box testing 1D Preprocessing.....	62
Tabel 4. 15 White Box testing 3D Preprocessing.....	63
Tabel 4. 16 White Box testing Training Model.....	64
Tabel 4. 17 White Box testing Prediction	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Proses konvolusi.....	12
Gambar 2. 2 Proses konvolusi.....	13
Gambar 2. 3 Ilustrasi K-Fold Cross Validation	14
Gambar 3. 1 Alur Penelitian.....	18
Gambar 3. 2 Posisi Channel Elektrode	20
Gambar 3. 3 Data Sinyal EEG untuk Partisipan P1_Trial2	21
Gambar 3. 4 Ilustrasi segmentasi pada channel EEG	22
Gambar 3. 5 Ilustrasi dekomposisi pada channel EEG	23
Gambar 3. 6 Ilustrasi matriks 9x9	24
Gambar 3. 7 Ilustrasi 3D cube (9x9x4)	25
Gambar 3. 8 Arsitektur Continous CNN	26
Gambar 3. 9 Rancangan skenario pengujian arsitektur.....	27
Gambar 3. 10 Flowchart fitur 1D Processing	34
Gambar 3. 11 Flowchart fitur 3D processing	35
Gambar 3. 12 Flowchart fitur training model	36
Gambar 3. 13 Flowchart fitur prediction	37
Gambar 3. 14 Use Case Diagram Sistem	38
Gambar 3. 15 Tampilan Halaman Utama.....	39
Gambar 3. 16 Tampilan Halaman Preprocessing	39
Gambar 3. 17 Desain Tampilan Menu Training Model	40
Gambar 3. 18 Desain Tampilan Menu Prediction	41
Gambar 3. 19 Desain Tampilan Hasil Prediction	41
Gambar 4. 1 Hasil preprocess dan feature extraction pada P1	43
Gambar 4. 2 Hasil Feature Representation dan Baseline Reduction pada Partisipan	44
Gambar 4. 3 Arsitektur CNN Model 1C	53
Gambar 4. 4 Tampilan halaman utama.....	54
Gambar 4. 5 Tampilan halaman Preprocessing	55
Gambar 4. 6 Tampilan halaman Preprocessing	55
Gambar 4. 7 Tampilan halaman Training Model	57

Gambar 4. 8 Tampilan halaman View Result.....	58
Gambar 4. 9 Tampilan halaman Prediction.....	58
Gambar 4. 10 Tampilan halaman hasil prediksi.....	59
Gambar 4. 11 Hasil White Box testing 1D Preprocessing.....	62
Gambar 4. 12 Hasil White Box 3D preprocessing.....	63
Gambar 4. 13 Hasil White Box testing Training Model.....	64
Gambar 4. 14 Hasil White Box testing Prediction.....	64
Gambar 4. 15 Komparasi accuracy, precision, recall, serta F1 score menggunakan arsitektur Model 1 pada tiap partisipan.....	66
Gambar 4. 16 Komparasi accuracy, precision, recall, serta F1 score menggunakan arsitektur Model 2 pada tiap partisipan.....	67
Gambar 4. 17 Komparasi accuracy, precision, recall, serta F1 score menggunakan arsitektur Model 3 pada tiap partisipan.....	67
Gambar 4. 18 Komparasi accuracy, precision, recall, serta F1 score menggunakan arsitektur Model 1A pada tiap partisipan.....	69
Gambar 4. 19 Komparasi accuracy, precision, recall, serta F1 score menggunakan arsitektur Model 1B pada tiap partisipan.....	69
Gambar 4. 20 Komparasi accuracy, precision, recall, serta F1 score menggunakan arsitektur Model 1C pada tiap partisipan.....	70
Gambar 4. 21 Ilustrasi Arsitektur Model 1C.....	72