

**OPTIMALISASI *ARTEFAK REMOVAL* UNTUK MENDETEKSI
STRES BERBASIS *ELECTROENCEPHALOGRAPH*
MENGUNAKAN METODE *INDEPENDENT
COMPONENT ANALYSIS* DAN
*RELATIVE DIFFERENCE***



Oleh
**I MADE WAHYU GUNA NEGARA
2029101011**

**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU KOMPUTER
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA
2025**

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tesis oleh I Made Wahyu Guna Negara ini telah diperiksa dan disetujui untuk
Mengikuti Ujian Tesis

Singaraja, 7 Agustus 2025

Pembimbing I



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

Pembimbing II



Dr. I Made Gede Suparya, S.Kom., M.Cs.
NIP. 198307252008011008

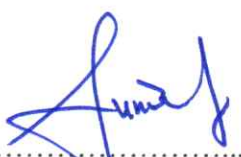
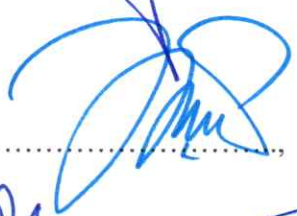
LEMBAR PERSETUJUAN TIM PENGUJI

Tesis dengan judul “*OPTIMALISASI ARTEFAK REMOVAL UNTUK MENDETEKSI STRES BERBASIS ELECTROENCEPHALOGRAM MENGGUNAKAN METODE INDEPENDENT COMPONENT ANALYSIS DAN RELATIVE DIFFERENCE*” ini telah dipertahankan di depan tim penguji dan dinyatakan diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Magister Ilmu Komputer di Program Studi Ilmu Komputer, Program Pascasarjana, Universitas Pendidikan Ganesha.

Disetujui Pada Tanggal : 7 Agustus 2025

oleh

Tim Penguji

,	Ketua	<u>Dr. I Made Gede Sunarya, S.Kom., M.Cs.</u> NIP. 198307252008011008
,	Anggota	<u>Dr. I Made Agus Wirawan, S.Kom., M.Cs.</u> NIP. 198408272008121001
,	Anggota	<u>Prof. Dr. I Made Candiasa, M.I.Kom.</u> NIP. 196012311986011004
,	Anggota	<u>Dr. Luh Joni Erawati Dewi, S.T., M.Pd.</u> NIP. 197606252001122001

Mengetahui Direktur

Program Pascasarjana Undiksha,



Prof. Dr. I Nyoman Jampel, M.Pd.

NIP. 195910101986031003

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis yang sudah saya susun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Magister Ilmu Komputer dari Pascasarjana Universitas Pendidikan Ganesha merupakan hasil dari buah karya saya sendiri. Pada bagian tertentu penulisan tesis yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas dan sudah sesuai dengan norma, kaidah, serta etika akademis.

Apabila di kemudian hari ditemukan keseluruhan ataupun sebagian dari tesis yang saya buat ini bukan merupakan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiat dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang sudah saya sandang dan menerima sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku di wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia.

Singaraja, 7 Agustus 2025

Yang memberi pernyataan,



I Made Wahyu Guna Negara

NIM 2029101011

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas anugerah-Nya, sehingga tesis yang berjudul: “*OPTIMALISASI ARTEFAK REMOVAL UNTUK MENDETEKSI STRES BERBASIS ELECTROENCEPHALOGRAM MENGGUNAKAN METODE INDEPENDENT COMPONENT ANALYSIS DAN RELATIVE DIFFERENCE*”, dapat diselesaikan sesuai dengan yang telah direncanakan.

Selanjutnya, untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Magister Ilmu Komputer Pascasarjana Universitas Pendidikan Ganesha pada Program Studi Ilmu Komputer maka penulis membuat penelitian ini. Ucapan terimakasih penulis ucapkan kepada seluruh pihak yang telah memberikan kontribusinya di dalam penyelesaian pembuatan tesis ini. Untuk itu, ijin penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada pihak-pihak berikut:

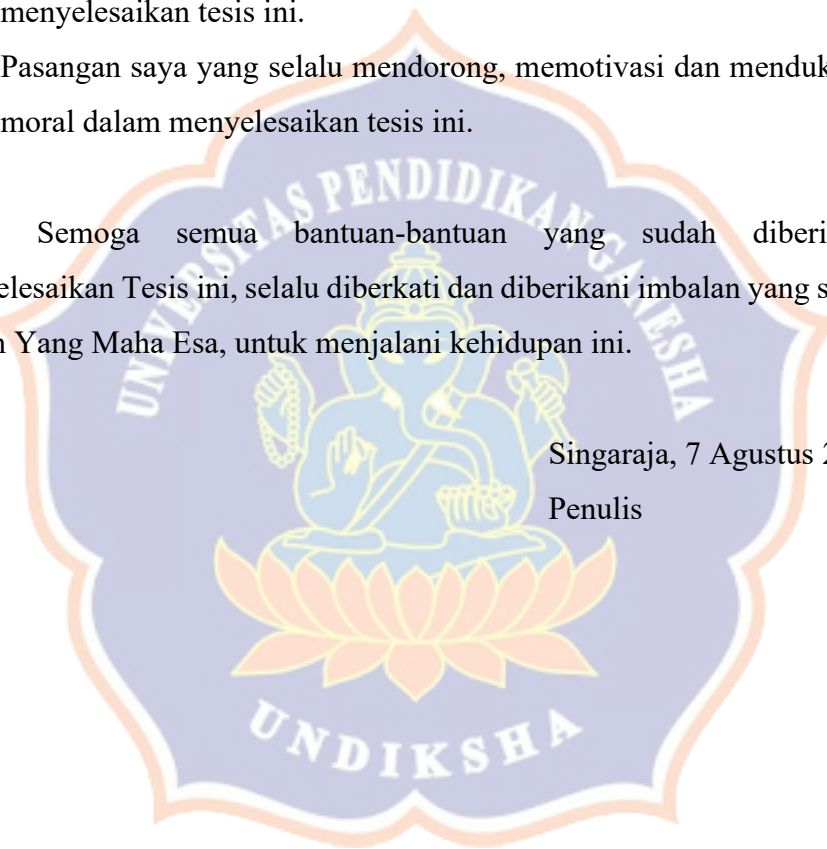
1. Dr. I Made Agus Wirawan, S.Kom., M.Cs. selaku pembimbing I yang begitu sabar dalam membimbing, memotivasi, serta selalu memberikan arahan sehingga penulis mampu menyelesaikan tesis ini;
2. Dr. I Made Gede Sunarya, S.Kom., M.Cs. selaku pembimbing II, yang selalu mengarahkan, memberi petunjuk serta semangat memotivasi penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini;
3. Koordinator Program Studi Ilmu Komputer serta Staf Dosen Pengajar yang sangat membantu dan memberikan pengarahan kepada penulis selama proses menyelesaikan tesis ini;
4. Direktur Pascasarjana Undiksha beserta staf, yang sudah banyak memberikan semangat yang membara kepada penulis guna menyelesaikan tesis ini;
5. Rektor Universitas Pendidikan Ganesha, yang sangat membantu penulis serta memberikan penulis fasilitas guna kepentingan penulis menyelesaikan tesis ini;

6. Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian kepada Masyarakat, Kementerian Pendidikan Tinggi, Ilmu Pengetahuan, dan Teknologi, Indonesia yang telah sepenuhnya mendukung penelitian ini melalui pendanaan Tahun Anggaran 2025 sesuai dengan Nomor Kontrak Induk: 28/05/2025 dan Nomor Kontrak Turunan: 398/UN48.16/PT/2025.
7. Kedua Orang Tua penulis, dan Saudara-saudara yang selalu mendorong, memotivasi dan mendukung dengan moral serta material dalam menyelesaikan tesis ini.
8. Pasangan saya yang selalu mendorong, memotivasi dan mendukung dengan moral dalam menyelesaikan tesis ini.

Semoga semua bantuan-bantuan yang sudah diberikan untuk menyelesaikan Tesis ini, selalu diberkati dan diberikani imbalan yang sepadan oleh Tuhan Yang Maha Esa, untuk menjalani kehidupan ini.

Singaraja, 7 Agustus 2025

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL DEPAN	i
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PERSETUJUAN TIM PENGUJI	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
PRAKATA	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Rumusan Masalah	4
1.5 Tujuan Penelitian	4
1.6 Manfaat Penelitian	5
1.7 Kebaharuan Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Stres	8
2.2 Deteksi Stres	8
2.3 <i>Electroencephalography</i> (EEG)	15
2.3.1 <i>Removing Artifact</i>	16
2.3.1.1 <i>Independent Component Analysis</i> (ICA)	17
2.3.1.2 <i>Baseline Reduction</i>	20
2.4 <i>Differential Entropy</i> (DE)	21
2.5 <i>Convolution Neural Network</i> (CNN)	22
2.5.1 <i>Convolutional Layer</i>	23
2.5.2 <i>Strides</i>	24
2.5.3 <i>Padding</i>	24
2.5.4 <i>Pooling Layer</i>	25
2.5.5 <i>Fully Connection Layer</i>	26
2.6 Teknik Analisis	27
2.7 Kerangka Berpikir	29
BAB III METODE PENELITIAN	32
3.1 Alur Penelitian	32
3.2 Studi Pustaka	33
3.3 Data Penelitian	33
3.4 <i>Preprocessing</i> Data EEG	34
3.5 <i>Feature Extraction</i>	36

3.6	<i>Baseline Reduction</i>	36
3.7	<i>Feature Representation</i>	37
3.8	<i>Classification Process</i>	38
3.9	Skenario Pengujian.....	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		48
4.1	Lingkungan Uji Coba	48
4.2	Implementasi <i>Preprocessing</i>	50
4.2.1	Implementasi <i>Independent Component Analysis</i> (ICA)	50
4.2.2	Implementasi Dekomposisi.....	53
4.2.3	Implementasi Segmentasi	55
4.3	Implementasi Ekstraksi Fitur	56
4.4	Implementasi <i>Baseline Reduction</i> dengan <i>Relative Difference</i>	58
4.5	Implementasi Representasi Fitur 3D <i>Cube</i>	62
4.6	Implementasi <i>Convolutional Neural Network</i> (CNN).....	64
4.7	Hasil Pengujian	66
4.7.1	Pengujian Kombinasi Penerapan ICA Dan <i>Baseline Reduction</i> Menggunakan Metode <i>Relative Difference</i>	67
4.7.2	Pengujian Data EEG setelah Pembersihan Artefak menggunakan ICA	69
4.7.3	Pengujian Data EEG setelah <i>Baseline Reduction</i> menggunakan <i>Relative Difference</i>	71
4.7.4	Pengujian Data EEG Sebelum <i>Artefak Removal</i> dan <i>Baseline Reduction</i>	73
4.7.5	Rangkuman Evaluasi	74
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		79
5.1	Kesimpulan.....	79
5.2	Saran.....	79
DAFTAR PUSTAKA		81

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Kajian Beberapa Report dan Penelitian yang Relevan	8
Tabel 2.2. <i>Different EEG Bands</i>	15
Tabel 3.1. Deskripsi Dataset SAM 40	33
Tabel 4.1. Pengalan <i>Code</i> ICA	51
Tabel 4.2. Penggalan <i>Code</i> Dekomposisi	53
Tabel 4.3. Penggalan <i>Code</i> Segmentasi	55
Tabel 4.4. Penggalan <i>Code Differential Entropy</i>	57
Tabel 4.5. Penggalan <i>Code Baseline Reduction</i> dengan <i>Relative Difference</i>	58
Tabel 4.5. Penggalan <i>Code</i> Representasi Fitur 3D Cube	62
Tabel 4.7. Penggalan <i>Code Convolutional Neural Network</i>	65
Tabel 4.8. <i>Hasil Evaluasi Model CNN Pada 4 Skenario Pengujian</i>	75



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Proses Denoising Sinyal EEG Menggunakan Metode ICA.....	18
Gambar 2.2. Ilustrasi Konsep Kerja Metode CNN	22
Gambar 2.3. Ilustrasi Konsep Kerja <i>Convolutional Layer</i>	23
Gambar 2.4. Ilustrasi Konsep Kerja <i>Pooling Layer</i>	25
Gambar 2.5. Ilustrasi Konsep Kerja Metode CNN	26
Gambar 2.6. Kerangka Berfikir	30
Gambar 3.1. Alur Penelitian	32
Gambar 3.2. Contoh Dataset SAM 40	34
Gambar 3.3. <i>Proses Segmentasi</i>	35
Gambar 3.4. Ilustrasi Konsep Kerja Proses <i>Baseline Reduction</i> Menggunakan Metode <i>Relative Difference</i>	37
Gambar 3.5. Representasi Fitur Menggunakan Kubus 3D Dalam Eksperimen Satu Peserta	38
Gambar 3.6. Arsitektur CNN	39
Gambar 4.1. Distribusi Data Penelitian	49
Gambar 4.2. Perbandingan Sinyal EEG Sebelum dan Setelah <i>Preprocessing</i> ICA	52
Gambar 4.3. Visualisasi Hasil Dekomposisi.....	55
Gambar 4.4. Perbandingan Fitur DE sebelum dan setelah <i>Baseline Reduction</i> .	61
Gambar 4.12. <i>Confusion Matriks</i> Pengujian Penerapan Kombinasi ICA dan <i>Baseline Reduction</i> Menggunakan Metode <i>Relative Difference</i>	67
Gambar 4.13. Evaluasi <i>accuracy</i> , <i>precision</i> , <i>recall</i> , dan <i>F1-score</i> Pengujian Penerapan Kombinasi ICA dan <i>Baseline Reduction</i> Menggunakan Metode <i>Relative Difference</i> Per-Kelas.....	68
Gambar 4.8. <i>Confusion Matriks</i> Pengujian Tanpa Penerapan ICA dan Tanpa <i>Baseline Reduction</i>	69
Gambar 4.9. <i>Evaluasi accuracy, precision, recall, dan F1-score</i> Pengujian Data EEG Setelah ICA Per-Kelas	70
Gambar 4.10. <i>Confusion Matriks</i> Pengujian Penerapan <i>Baseline Reduction</i> Menggunakan Metode <i>Relative Difference</i>	71
Gambar 4.11. Evaluasi <i>accuracy</i> , <i>precision</i> , <i>recall</i> , dan <i>F1-score</i> Pengujian Penerapan <i>Baseline Reduction</i> Menggunakan Metode <i>Relative Difference</i> Per-Kelas	72
Gambar 4.7. <i>Confusion Matriks</i> Pengujian Tanpa Penerapan ICA dan Tanpa <i>Baseline Reduction</i>	73
Gambar 4.14. Grafik Perbandingan Akurasi Model CNN pada Berbagai Skenario	75
Gambar 4.14. Grafik Perbandingan <i>F1-Score</i> untuk Kelas <i>High Stress</i> pada Berbagai Skenario	76