

PENENTUAN FITUR *FREKUENSI BAND* YANG
OPTIMAL PADA SINYAL *ELECTROENCEPHALOGRAM*
MENGUNAKAN *BANDPASS FILTER* UNTUK
PENGENALAN EMOSI

TESIS

Oleh
AYU DESI DARMAWATI
NIM 2129101045

PROGRAM STUDI ILMU KOMPUTER
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA
2025

PENENTUAN FITUR *FREKUENSI BAND* YANG
OPTIMAL PADA SINYAL *ELECTROENCEPHALOGRAM*
MENGUNAKAN *BANDPASS FILTER* UNTUK
PENGENALAN EMOSI



PROGRAM STUDI ILMU KOMPUTER
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA
2025

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tesis oleh Ayu Desi Darmawati ini telah diperiksa dan disetujui untuk mengikuti Ujian
Tesis

Singaraja, 14 Juli 2025

Pembimbing I



Dr. I Made Agus Wirawan, S.Kom., M.Cs.
NIP. 198408272 00812 1 001

Pembimbing II



Dr. I Made Gede Sunarya, S.Kom., M.Cs.
NIP. 1983072520 08011 008

LEMBAR PERSETUJUAN PENGUJI

Tesis oleh Ayu Desi Darmawati ini telah dipertahankan di depan tim penguji dan dinyatakan diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Magister Komputer di Program Studi Ilmu Komputer, Program Pascasarjana Universitas Pendidikan Ganesha.

Disetujui pada tanggal: _____ 2025

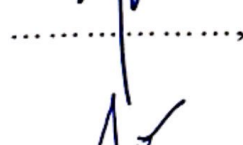
Oleh
Tim Penguji



....., Ketua (Dr. I Made Gede Sunarya, S.Kom., M.Cs.)
NIP. 1983072520 08011 008



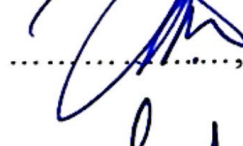
....., Anggota (Made Windu Antara Kesiman, S.T., M.Sc., Ph.D.)
NIP. 1982111120 08121 001



....., Anggota (Prof. Dr. Gede Indrawan, S.T., M.T.)
NIP. 1976010220 03121 001



....., Anggota (Dr. I Made Agus Wirawan, S.Kom., M.Cs.)
NIP. 198408272 00812 1 001



....., Anggota (Dr. I Made Gede Sunarya, S.Kom., M.Cs.)
NIP. 1983072520 08011 008



Mengetahui Direktur
Pascasarjana Undiksha,


Prof. Dr. I Nyoman Jampel, M.Pd.
NIP. 1959101019 86031 003

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis yang saya susun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister Ilmu Komputer (M.Kom) dari Pascasarjana Universitas Pendidikan Ganesha seluruhnya merupakan hasil karya saya sendiri. Bagian-bagian tertentu dalam penulisan tesis yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas dan sesuai dengan norma, kaidah, serta etika akademis.

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

Denpasar, 28 Juli 2025

Penulis



(Ayu Desi Darmawati)

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian tesis ini dengan judul **“Penentuan Fitur *Frekuensi Band* yang Optimal Pada Sinyal *Electroencephalogram* Menggunakan *Band Pass Filter* Untuk Pengenalan Emosi”** terselesaikan dengan baik guna memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar magister pada bidang ilmu komputer Universitas Pendidikan Ganesha.

Dalam proses penulisan tesis ini, penulis telah mendapatkan banyak bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dr. I Made Agus Wirawan, S.Kom., M.Cs , selaku Pembimbing I, yang telah memberikan bimbingan, saran, dan dorongan yang sangat berharga selama proses penulisan tesis ini.
2. Dr. I Made Gede Sunarya, S.Kom., M.Cs.. selaku Pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan, kritik dan saran sehingga tesis ini dapat terselesaikan dengan baik.
3. Made Windu Antara Kesiman, S.T., M.Sc., Ph.D. dan Prof. Dr. Gede Indrawan, S.T., M.T. sebagai penguji yang telah banyak memberikan masukan-masukan yang bermanfaat untuk penyempurnaan tesis ini.

4. Kepala Program Studi Ilmu Komputer beserta staf dosen pengajar yang telah memberikan arahan dan pembelajaran dalam penyusunan tesis ini.
5. Direktur Pascasarjana Undiksha yang telah memberikan arahan untuk terselesaikannya tesis ini.
6. Rektor Universitas Pendidikan Ganesha, yang telah memberikan dukungan moral dan menyediakan berbagai kebutuhan penulis dalam menyelesaikan tesis ini.
7. Teman-teman yang telah memberikan semangat, dukungan, dan saran selama mengerjakan tesis ini.
8. Keluarga dan orang tua yang senantiasa memberikan doa terbaik dan memotivasi penulis dalam menyelesaikan tesis ini.

Berkat kebaikan semua pihak, penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan sebaik-baiknya. Penulis menyadari bahwa tesis ini masih memiliki kekurangan dan jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk penyempurnaan proposal penelitian tesis ini.

Akhir kata, penulis berharap semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya serta dapat memberikan kontribusi positif dalam bidang ilmu komputer.

Singaraja, Juli 2025

Penulis

DAFTAR ISI

(halaman)

PRAKATA	vii
ABSTRAK	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Pembatasan Masalah	4
1.4 Rumusan Masalah	5
1.5 Tujuan Penelitian	5
1.6 Manfaat Penelitian	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA	8
2.1 Kajian Teori	8
2.1.1 <i>Electroencephalogram</i> (EEG)	8
2.1.2 Teori Emosi Circumplex	9
2.1.3 <i>Butterworth Bandpass Filter</i>	11
2.1.4 <i>Differential Entropy</i> (DE) Method	13
2.1.5 <i>Baseline Reduction</i>	14
2.1.6 Klasifikasi	15
2.1.7 <i>Artificial Neural Network</i> (ANN)	16

2.1.8	<i>Support Vector Machine (SVM)</i>	19
2.1.9	<i>K-fold Cross Validation</i>	21
2.1.10	Evaluasi.....	22
2.1.10	Cost Benefit.....	23
2.2	Kajian Hasil Penelitian yang relevan	25
BAB III METODE PENELITIAN.....		43
3.1	Tahap Pengumpulan Data Sekunder.....	43
3.2	Tahap <i>Preprocessing</i> Data	45
3.3	Tahap <i>Extraction</i>	50
3.4	Tahap <i>Classification</i>	56
3.5	Tahap Evaluasi dan Validasi.....	59
3.6	Tahap Penyusunan Hasil Penelitian	61
3.7	Tahap Publikasi.....	62
BAB IV HASIL PENELITIAN		63
4.1	Hasil Penelitian	63
4.1.1	<i>Classification, Accuracy Calculation and Evaluation</i>	63
4.2	Pembahasan.....	83
BAB V PENUTUP.....		92
5.1	Kesimpulan	92
5.2	Saran.....	93
DAFTAR PUSTAKA		94
LAMPIRAN.....		99

DAFTAR TABEL

(halaman)

Tabel 2. 1 Karakteristik Frekuensi band pada Sinyal EEG.....	9
Tabel 2. 2 Hasil Penelitian yang Relevan	25
Tabel 3. 1 Tiga detik untuk data segmen sinyal baseline EEG pada DEAP Dataset.	47
Tabel 3. 2 Enam puluh detik untuk data segmen sinyal eksperimen EEG pada DEAP Dataset.....	47
Tabel 3. 3 Proses dekomposisi frekuensi band untuk 3 detik sinyal baseline EEG pada DEAP dataset.....	49
Tabel 3. 4 Proses dekomposisi frekuensi band untuk 60 detik sinyal eksperimen EEG pada DEAP dataset.....	50
Tabel 3. 5 Ilustrasi proses ekstraksi fitur sinyal baseline EEG pada DEAP dataset	51
Tabel 3. 6 Ilustrasi proses ekstraksi fitur sinyal eksperimen EEG pada DEAP dataset	52
Tabel 3. 7 Ilustrasi perhitungan baseline reduction menggunakan metode Relative <i>Difference</i> pada DEAP Dataset.....	55
Tabel 3. 8 Ilustrasi perhitungan precision dan recall untuk dua kelas emosi.....	60
Tabel 4.1 Klasifikasi dengan ANN dengan Butterworth Bandpass Filter Orde 2 pada Emosi Arousal	64
Tabel 4.2 Klasifikasi dengan ANN dengan Butterworth Bandpass Filter Orde 2 pada Emosi Valence.....	64

Tabel 4. 3 Klasifikasi dengan ANN dengan Butterworth Bandpass Filter Orde 3 pada Emosi Arousal	65
Tabel 4. 4 Klasifikasi dengan ANN dengan Butterworth Bandpass Filter Orde 3 pada Emosi Valence	66
Tabel 4.5 Klasifikasi dengan ANN dengan <i>Butterworth Bandpass</i> Filter Orde 4 pada Emosi <i>Arousal</i>	66
Tabel 4.6 Klasifikasi dengan ANN dengan <i>Butterworth Bandpass</i> Filter Orde 4 pada Emosi <i>Valence</i>	67
Tabel 4. 7 Klasifikasi dengan SVM dengan <i>Butterworth Bandpass</i> Filter Orde 2 pada Emosi <i>Arousal</i>	68
Tabel 4. 8 Klasifikasi dengan SVM dengan Butterworth Bandpass Filter Orde 2 pada Emosi Valence	68
Tabel 4. 9 Klasifikasi dengan SVM dengan Butterworth Bandpass Filter Orde 3 pada Emosi Arousal	69
Tabel 4. 10 Klasifikasi dengan SVM dengan Butterworth Bandpass Filter Orde 3 pada Emosi Valence	70
Tabel 4. 11 Klasifikasi dengan SVM dengan Butterworth Bandpass Filter Orde 4 pada Emosi Arousal	70
Tabel 4. 12 Klasifikasi dengan SVM dengan Butterworth Bandpass Filter Orde 4 pada Emosi Valence	71
Tabel 4. 13 Klasifikasi dengan ANN dengan Butterworth Bandpass Filter Orde 2 pada Emosi Arousal	72

Tabel 4.14 Klasifikasi dengan ANN dengan Butterworth Bandpass Filter Orde 2 pada Emosi Valence.....	73
Tabel 4. 15 Klasifikasi dengan ANN dengan Butterworth Bandpass Filter Orde 3 pada Emosi Arousal	73
Tabel 4. 16 Klasifikasi dengan ANN dengan Butterworth Bandpass Filter Orde 3 pada Emosi Valence.....	74
Tabel 4.17 Klasifikasi dengan ANN dengan <i>Butterworth Bandpass</i> Filter Orde 4 pada Emosi <i>Arousal</i>	75
Tabel 4.18 Klasifikasi dengan ANN dengan <i>Butterworth Bandpass</i> Filter Orde 4 pada Emosi <i>Valence</i>	75
Tabel 4. 19 Klasifikasi dengan SVM dengan <i>Butterworth Bandpass</i> Filter Orde 2 pada Emosi <i>Arousal</i>	76
Tabel 4. 20 Klasifikasi dengan SVM dengan Butterworth Bandpass Filter Orde 2 pada Emosi Valence.....	77
Tabel 4. 21 Klasifikasi dengan SVM dengan Butterworth Bandpass Filter Orde 3 pada Emosi Arousal	77
Tabel 4. 22 Klasifikasi dengan SVM dengan Butterworth Bandpass Filter Orde 3 pada Emosi Valence.....	78
Tabel 4. 23 Klasifikasi dengan SVM dengan Butterworth Bandpass Filter Orde 4 pada Emosi Arousal	79
Tabel 4. 24 Klasifikasi dengan SVM dengan Butterworth Bandpass Filter Orde 4 pada Emosi Valence.....	79
Tabel 4. 25 Hasil Terbaik Untuk Emosi Arousal	80

Tabel 4. 26 Hasil Terbaik Untuk Emosi Valence	81
Tabel 4.27 Hasil Normalisasi Untuk Emosi Arousal	81
Tabel 4. 28 Hasil Normalisasi Untuk Emosi Valence	82
Tabel 4. 29 Hasil Untuk Emosi Arousal Pada Skenario 1 dan 2.....	85
Tabel 4. 30 Hasil Untuk Emosi Valence Pada Skenario 1 dan 2	86
Tabel 4. 31 Tiga Perbandingan Penelitian Sebelumnya.....	88



DAFTAR GAMBAR

(halaman)

Gambar 2. 1 Pola Pengenalan Emosi Model Circumplex.....	10
Gambar 2. 2 Model Neuron ANN.....	18
Gambar 2. 3 Cara Kerja K-Fold Cross Validation.....	22
Gambar 3. 1 Alur Penelitian.....	43
Gambar 3. 2 Ilustrasi proses segmentasi sinyal EEG untuk channel Fp1 dan O2 pada dataset DEAP.....	46
Gambar 3. 3 Ilustrasi proses ekstraksi dengan menggunakan Bandpass Butterworth (orde 2 dan 4) (Alejandro et al., 2019).....	48
Gambar 3. 4 Ilustrasi proses dekomposisi frekuensi sinyal EEG	49
Gambar 3. 5 Arsitektur SVM (Support Vector Machine).....	58
Gambar 3. 6 Ilustrasi validasi model menggunakan k-fold cross validation (k=10)	60
Gambar 3.7 Diagram Proses Evaluasi pada Fitur <i>Frekuensi Band</i>	61
Gambar 4. 1 Hasil Untuk Emosi Arousal Pada Skenario 1 dan 2.....	84
Gambar 4. 2 Hasil Untuk Emosi Valence Pada Skenario 1 dan 2	86
Gambar 4. 3 Ilustrasi Proses Ekstraksi Dengan Menggunakan Bandpass Butterworth	89

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Sumber Dataset.....	99
--------------------------------	----

