

OPTIMASI METODE *CONTINUOUS CONVOLUTION NEURAL NETWORK* UNTUK PENGENALAN POLA *MOTOR IMAGERY* PADA SINYAL *ELECTROENCEPHALOGRAM*



**OLEH
KARTIKA NIKOVA
NIM 2015091007**

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

2024



OPTIMASI METODE *CONTINUOUS CONVOLUTION NEURAL NETWORK* UNTUK PENGENALAN POLA *MOTOR IMAGERY* PADA SINYAL *ELECTROENCEPHALOGRAM*

SKRIPSI



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

2024

SKRIPSI

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

Menyetujui

Pembimbing I,

Pembimbing II,



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



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

Skripsi oleh Kartika Nikova
Telah dipertahankan di depan dewan penguji
Pada tanggal 22 Mei 2024

Dewan Penguji,



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

(Ketua)



Dr. Putu Hendra Suputra, S.Kom., M.Cs.
NIP. 198212222006041001

(Anggota)



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

(Anggota)



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 : Senin

Tanggal : 24 Juni 2024



Mengetahui,

Ketua Ujian,

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

Sekretaris Ujian,

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

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik dan Kejuruan

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

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa karya tulis yang berjudul “OPTIMASI METODE *CONTINUOUS CONVOLUTION NEURAL NETWORK* UNTUK PENGENALAN POLA *MOTOR IMAGERY* PADA SINYAL *ELECTROENCEPHALOGRAM*” beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan serta pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran atas etika keilmuan dalam karya saya ini atau ada klaim terhadap karya saya.

Singaraja, 16 Mei 2024

Yang membuat pernyataan,



Kartika Nikova

NIM. 2015091007

KATA PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya dedikasikan kepada:

ORANG TUA TERCINTA

(Drs. Made Mustika dan Dra. Sri Wahyu Werdiningsih)

Yang senantiasa mendukung, mendoakan, serta memenuhi segala kebutuhan pendidikan saya hingga berhasil mencapai gelar sarjana.

SAUDARA TERKASIH

(Chandradata Premadeva dan Suryanata Primakov)

Yang senantiasa mendukung serta membantu memenuhi kebutuhan saya selama masa penyelesaian skripsi ini.

DOSEN PEMBIMBING SKRIPSI

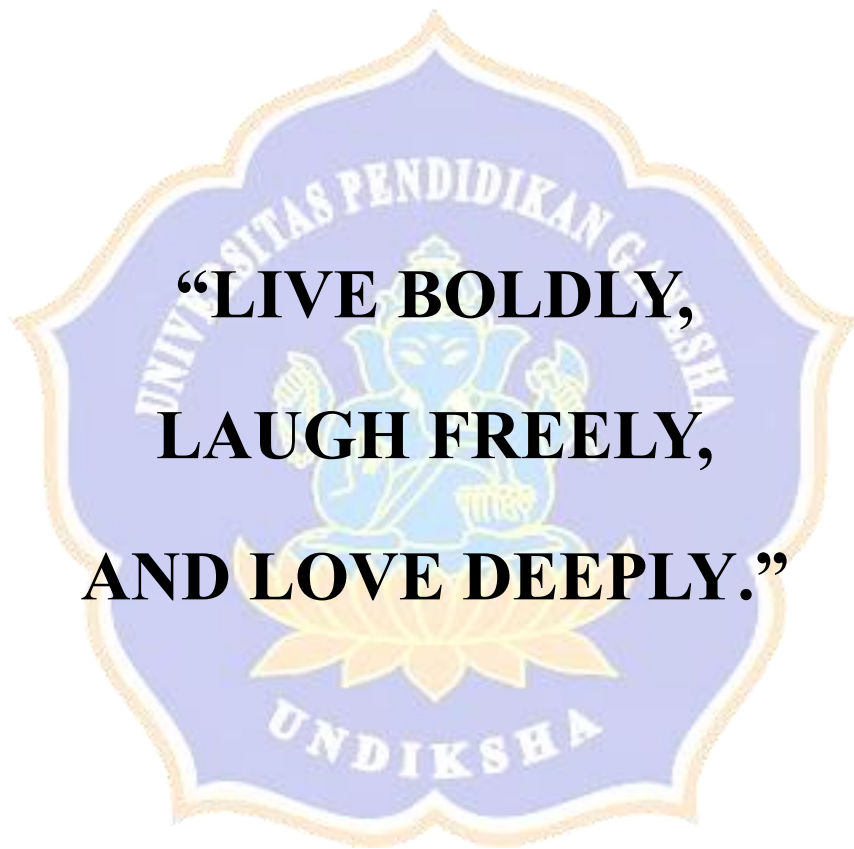
(Bapak Dr. I Made Agus Wirawan, S.Kom., M.Cs. dan Bapak I Gede Mahendra Darmawiguna, S.Kom., M.Sc)

Yang tak henti-hentinya memberikan dukungan, nasihat, serta ilmu sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

JAJARAN DOSEN SISTEM INFORMASI

Terima kasih atas seluruh ilmu, bimbingan, dukungan, serta kesempatan-kesempatan baru yang mewarnai kehidupan perkuliahan saya dari awal pendidikan hingga terselesaikannya skripsi ini.

MOTTO



PRAKATA

Penulis memanjatkan puji syukur setinggi-tingginya ke hadapan Tuhan Yang Maha Esa atas berkat rahmat serta karunia-Nya, skripsi dengan judul “OPTIMASI METODE *CONTINUOUS CONVOLUTION NEURAL NETWORK* UNTUK PENGENALAN POLA *MOTOR IMAGERY* PADA SINYAL *ELECTROENCEPHALOGRAPH*” ini dapat terselesaikan dengan baik. Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan dalam mencapai gelar akademik Sarjana Komputer pada Universitas Pendidikan Ganesha.

Selanjutnya, dalam menyusun laporan skripsi ini, penulis mendapat banyak dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Gede Rasben Dantes, S.T., M.T.I., selaku Wakil Rektor Bidang Akademik dan Kerja Sama, Universitas Pendidikan Ganesha, yang selalu memotivasi dan mendukung aktivitas akademik dengan baik.
2. Dr. Kadek Rihendra Dantes, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik dan Kejuruan yang telah memberikan fasilitas dengan sangat baik hingga studi ini dapat diselesaikan dengan baik.
3. Made Windu Antara Kesiman, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Wakil Dekan Bidang Akademik dan Kerjasama sekaligus Penguji I, yang telah memberikan nasihat, motivasi, serta dorongan bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
4. Dr. Putu Hendra Suputra, S.Kom., M.Cs. selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika sekaligus Dosen Penguji II, yang telah memfasilitasi kebutuhan administrasi yang berkaitan dengan jurusan sekaligus memberikan petunjuk serta saran dalam penulisan skripsi ini.
5. Dr. I Made Agus Wirawan, S.Kom., M.Cs. selaku Pembimbing I, yang telah bersedia memberikan waktunya untuk membimbing, mengarahkan, serta memotivasi penulis selama seluruh rangkaian penyusunan skripsi ini.

6. I Gede Mahendra Darmawiguna, S.Kom., M.Sc. selaku Pembimbing II, yang telah kebersamai dalam membimbing, mengarahkan, serta memotivasi penulis selama seluruh rangkaian penyusunan skripsi ini.
7. Dewa Ayu Puteri Handayani, S.Psi., M.Sc, sosok kakak, sahabat, sekaligus mentor yang penulis kagumi, yang banyak kebersamai penulis, memberikan motivasi, serta mendengarkan keluh kesah penulis dalam hal akademik maupun personal.
8. Rekan-rekan SIFORS 2020 yang telah memberikan semangat dan canda tawa selama proses menyelesaikan studi.
9. Teman-teman yang selalu hadir mendukung penulis, Ari, Agung, Andini, Dian, Ena, Tyas, Vida, dan lain-lain yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.
10. Terakhir, Kartika Nikova atau penulis sendiri, yang tidak menyerah dan tetap berusaha meskipun menemui beberapa kendala selama proses penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa laporan skripsi ini tidak luput dari kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharap kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak untuk menyempurnakan skripsi ini. Akhir kata, penulis berharap bahwa skripsi ini dapat memberikan kontribusi akademik dan bermanfaat bagi banyak pihak, khususnya dalam studi sinyal *Electroencephalogram* (EEG).

Singaraja, 16 Mei 2024

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN LOGO	ii
HALAMAN JUDUL.....	iii
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	iv
LEMBAR PERSETUJUAN DOSEN PENGUJI.....	v
LEMBAR PERSETUJUAN DAN PENGESAHAN PANITIA UJIAN	vi
PERNYATAAN.....	vii
KATA PERSEMBAHAN.....	viii
MOTTO.....	ix
PRAKATA.....	x
ABSTRAK	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II KAJIAN TEORI.....	5
2.1 Kajian Pustaka	5
2.2 Landasan Teori	6
2.2.1 <i>Electroencephalogram (EEG)</i>	6
2.2.2 <i>Motor Imagery</i>	7
2.2.3 <i>Brain Computer Interface (BCI)</i>	8
2.2.4 <i>Buterworth Bandpass Filter</i>	9
2.2.5 <i>Differential Entropy Method</i>	9
2.2.6 <i>Baseline Reduction</i>	9
2.2.7 <i>Convolutional Neural Network</i>	10
2.2.8 <i>K-Fold Cross Validation</i>	12
2.2.9 Evaluasi	13

2.2.10	Normalisasi <i>Cost Benefit</i>	14
BAB III	METODE PENELITIAN	16
3.1	Jenis Penelitian	16
3.2	<i>Dataset</i>	17
3.3	<i>Preprocessing</i>	19
3.3.1	<i>Segmentation Process</i>	19
3.3.2	<i>Decomposition Process</i>	20
3.4	<i>Feature Extraction</i>	21
3.5	<i>Baseline Reduction</i>	21
3.6	<i>Feature Representation</i>	21
3.7	<i>Classification</i>	23
3.8	<i>Accuracy Calculation</i>	29
3.9	<i>Evaluation</i>	30
1)	Normalisasi <i>Cost Benefit</i>	30
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4. 1.	Hasil.....	32
4.1.1	<i>Preprocessing, Feature Extraction</i>	32
4.1.2	<i>Feature Representation, Baseline Reduction</i>	32
4.1.3	<i>Classification, Accuracy Calculation and Evaluation</i>	33
4. 2.	Pembahasan	41
BAB V	PENUTUP	51
5. 1.	Kesimpulan.....	51
5. 2.	Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN	55

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Dataset Penelitian	17
Tabel 3.2 Data Total Eksperimen Satu Partisipan	18
Tabel 3.3 Karakteristik Frekuensi pada Sinyal EEG.....	20
Tabel 3.4 Proses Konvolusi Model 1	26
Tabel 3.5 Proses Konvolusi Model 2	26
Tabel 3.6 Proses Konvolusi Model 3	27
Tabel 3.7 Proses Konvolusi Model A.....	28
Tabel 3.8 Proses Konvolusi Model B.....	28
Tabel 3.9 Proses Konvolusi Model C.....	29
Tabel 3.10. Ilustrasi Perhitungan <i>Precision</i> dan <i>Recall</i> pada Enam Kelas.....	30
Tabel 3.11 Data Kriteria Penentuan Arsitektur	30
Tabel 4.1 Hasil Pemrosesan pada Model 1	34
Tabel 4.2 Hasil Pemrosesan pada Model 2	35
Tabel 4.3 Hasil Pemrosesan pada Model 3	36
Tabel 4.4 Data Awal Skenario Pertama	37
Tabel 4.5 Hasil Normalisasi Skenario Pertama.....	37
Tabel 4.6 Hasil Pemrosesan pada Model 1A	38
Tabel 4.7 Hasil Pemrosesan pada Model 1B.....	39
Tabel 4.8 Hasil Pemrosesan pada Model 1C.....	40
Tabel 4.9 Data Awal Skenario Kedua.....	41
Tabel 4.10 Hasil Normalisasi Skenario Kedua	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Petunjuk Visual <i>Motor Imagery</i> Berdiri.....	8
Gambar 2.2 Petunjuk Visual <i>Motor Imagery</i> Angkat Tangan Kiri.....	8
Gambar 2.3 Petunjuk Visual <i>Motor Imagery</i> Angkat Tangan Kanan.....	8
Gambar 2.4 Contoh Arsitektur CNN dalam Pemrosesan Kata	12
Gambar 2.5 Ilustrasi <i>K-Fold Cross Validation</i>	13
Gambar 3.1 Alur Penelitian.....	16
Gambar 3.2 Posisi 14 <i>Channel</i> Elektrode	18
Gambar 3.3 Data Signal EEG untuk Partisipan P01	19
Gambar 3.4 Ilustrasi Segmentasi pada Channel AF4 EEG	20
Gambar 3.5 Ilustrasi Dekomposisi pada <i>Channel</i> EEG.....	21
Gambar 3.6 Ilustrasi <i>Mapping</i> Matriks 9x9	22
Gambar 3.7 Ilustrasi <i>3D Cube</i> (9 x 9 x 4).....	22
Gambar 3.8 Arsitektur Continuous CNN.....	23
Gambar 3.9 Ilustrasi Proses Konvolusi pada <i>3D Cube</i>	24
Gambar 3.10 Rancangan Skenario Pengujian Arsitektur.....	25
Gambar 4.1 Hasil <i>Preprocess</i> dan <i>Feature Extraction</i> pada Partisipan P01.....	32
Gambar 4.2 Hasil <i>Feature Representation</i> dan <i>Baseline Reduction</i> pada Partisipan P01	33
Gambar 4.3 Komparasi <i>accuracy, precision, recall</i> , serta <i>F1 score</i> menggunakan arsitektur Model 1 pada tiap partisipan.....	43
Gambar 4.4 Komparasi <i>accuracy, precision, recall</i> , serta <i>F1 score</i> menggunakan arsitektur Model pada tiap partisipan.....	44
Gambar 4.5 Komparasi <i>accuracy, precision, recall</i> , serta <i>F1 score</i> menggunakan arsitektur Model 3 pada tiap partisipan.....	44
Gambar 4.6 Komparasi <i>accuracy, precision, recall</i> , serta <i>F1 score</i> menggunakan arsitektur Model 1A pada tiap partisipan.....	47
Gambar 4.7 Komparasi <i>accuracy, precision, recall</i> , serta <i>F1 score</i> menggunakan arsitektur Model 1B pada tiap partisipan.....	47
Gambar 4.8 Komparasi <i>accuracy, precision, recall</i> , serta <i>F1 score</i> menggunakan arsitektur Model 1C pada tiap partisipan.....	48

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Riwayat Hidup	56
Lampiran 2. Proses Segementasi Data	57
Lampiran 3. Proses Dekomposisi Data	57
Lampiran 4. Proses <i>Feature Extraction</i> Data	59
Lampiran 5. Proses <i>Baseline Reduction</i>	61
Lampiran 6. Proses <i>Feature Representation</i>	62
Lampiran 7. Proses <i>Classification</i> , dan <i>Accuracy Calculation</i>	63

