

SKRIPSI

**KLASIFIKASI SINYAL EEG IMAJINASI PERGERAKAN LIMA JARI
TANGAN MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK
DUA DIMENSI**

*EEG SIGNAL CLASSIFICATION OF FIVE FINGER MOTOR IMAGERY
USING TWO-DIMENSIONAL CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK*



Disusun oleh :

GUSTI SURYA MAHARDIKA

18101192

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK TELEKOMUNIKASI FAKULTAS
TEKNIK TELEKOMUNIKASI DAN ELEKTRO
INSTITUT TEKNOLOGI TELKOM PURWOKERTO**

2023

SKRIPSI

**KLASIFIKASI SINYAL EEG IMAJINASI PERGERAKAN LIMA JARI
TANGAN MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK
DUA DIMENSI**

*EEG SIGNAL CLASSIFICATION OF FIVE FINGER MOTOR IMAGERY
USING TWO-DIMENSIONAL CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK*



Disusun oleh :

GUSTI SURYA MAHARDIKA

18101192

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK TELEKOMUNIKASI FAKULTAS
TEKNIK TELEKOMUNIKASI DAN ELEKTRO
INSTITUT TEKNOLOGI TELKOM PURWOKERTO**

2023

**KLASIFIKASI SINYAL EEG IMAJINASI PERGERAKAN LIMA JARI
TANGAN MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK
DUA DIMENSI**

*EEG SIGNAL CLASSIFICATION OF FIVE FINGER MOTOR IMAGERY
USING TWO-DIMENSIONAL CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK*

**Skripsi ini digunakan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar
Sarjana Teknik (S.T.)**

**Di Institut Teknologi Telkom Purwokerto
2022**

Disusun oleh :

**GUSTI SURYA MAHARDIKA
18101192**

**DOSEN PEMBIMBING
Rahmat Widadi S.Pd., M.Eng.
Zein Hanni Pradana S.T., M.T.**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK TELEKOMUNIKASI
FAKULTAS TEKNIK TELEKOMUNIKASI DAN ELEKTRO
INSTITUT TEKNOLOGI TELKOM PURWOKERTO
2023**

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

**KLASIFIKASI SINYAL EEG IMAJINASI PERGERAKAN LIMA JARI
TANGAN MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK
DUA DIMENSI**

***EEG SIGNAL CLASSIFICATION OF FIVE FINGER MOTOR IMAGERY
USING TWO-DIMENSIONAL CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK***

Disusun oleh :

Gusti Surya Mahardika

18101192

Telah dipertanggung jawabkan di hadapan Tim Penguji pada tanggal 16 Februari
2023

Tim Pembimbing

Pembimbing Utama : Rahmat Widadi, S.Pd., M.Eng. ()
NIDN. 0631039201

Pembimbing Pendamping : Zein Hanni Pradana, S.T., M.T. ()
NIDN. 0604039001

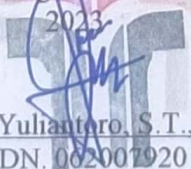
Penguji 1 : Dr. Wahyu Pamungkas, S.T., M.T. ()
NIDN. 0606037801

Penguji 2 : Agung Wicaksono, S.T., M.T. ()
NIDN. 020950034

Mengetahui,

Ketua Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi
Institut Teknologi Telkom Purwokerto

2023


Prasetyo Yuliantoro, S.T., M.T.
NIDN. 0020079201

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya, **GUSTI SURYA MAHARDIKA**, menyatakan bahwa skripsi dengan judul "**KLASIFIKASI SINYAL EEG IMAJINASI PERGERAKAN LIMA JARI TANGAN MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK DUA DIMENSI**" adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan terhadap karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali melalui pengutipan sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku. Saya bersedia menanggung resiko ataupun sanksi apabila ditemukan pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam skripsi saya ini.

Purwokerto, 2 Februari 2023

Yang menyatakan



(Gusti Surya Mahardika)

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“KLASIFIKASI SINYAL EEG IMAJINASI PERGERAKAN LIMA JARI TANGAN MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK DUA DIMENSI”**.

Maksud dari penyusunan skripsi ini adalah untuk memenuhi salahsatu syarat dalam menempuhujian sarjana Teknik Telekomunikasi pada Fakultas Teknik Telekomunikasi dan Elektro Institut Teknologi Telkom Purwokerto.

Dalam penyusunan skripsi ini, banyak pihak yang sangat membantu penulis dalam berbagai hal. Oleh karena itu, penulis sampaikan rasa terima kasih sedalam-dalamnya kepada :

1. Kepada Allah SWT yang telah memberi kenikmatan berupa sehat sehingga dapat menyusun laporan skripsi ini.
2. Bapak Rahmat Widadi, S.Pd., M.Eng. selaku dosen pembimbing 1 yang telah membimbing dalam pembuatan skripsi ini.
3. Bapak Zeinn Hani Pradana, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 1 yang telah membimbing dalam pembuatan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Arfianto Fahmi, S.T., M.T., IPM selaku Rektor Institute Teknologi Telkom Purwokerto.
5. Ibu Dr. Tenia Wahyuningrum, S.Kom., M.T selaku Wakil Rektor I Bidang Akademik dan Riset.
6. Tata Sambada, S.T., MBA selaku Wakil Rektor II Bidang Sumberdaya
7. Dadiék Pranindito, S.T., M.T selaku Wakil Rektor III Bidang Kemahasiswaan dan Pemasaran.
8. Dr. Anggun Fitriani Isnawati, S.T., M.Eng selaku Dekan Fakultas Teknik Telekomunikasi dan Elektro.
9. Herryawan Pujiharsono, S.T., M.Eng selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik Telekomunikasi dan Elektro.

10. Prasetyo Yuliantoro, S.T., M.T. Selaku Kepala Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi.
11. Muhammad Panji Kusuma Praja, S.T.,M.T. Selaku Sekertasi Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi.
12. Segenap Dosen Fakultas Teknik Telekomunikasi dan Elektro yang telah mendidik dan memberikan ilmu selama kuliah.
13. Semua Pihak yang telah membantu dan tidak dapat disebutkan satu persatu. Semoga segala kebaikan dan pertolongan semuanya mendapatkan berkah dari Allah SWT.

Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan oleh karna itu penulis mengharapkan kritik dan saran untuk perbaikan. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi siapa saja yang membaca.

Purwokerto, 2 Februari 2023



(Gusti Surya Mahardika)

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN PROPOSAL SKRIPSI	iv
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	v
PRAKATA	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	3
1.3 BATASAN MASALAH	3
1.4 TUJUAN	3
1.5 MANFAAT	4
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN	4
BAB 2 DASAR TEORI	5
2.1 KAJIAN PUSTAKA.....	5
2.2 DASAR TEORI.....	8
2.2.1 Electroencephalograph (EEG).....	8
2.2.2 Convolutional Neural Network	9
2.2.3 Feature Extraction Layer.....	10
2.2.4 Classification Layer	13
2.2.5 K-Fold Cross Validation	14
2.2.6 Multi-Class Confusion Matrix.....	15
BAB III METODE PENELITIAN	17
3.1 ALAT YANG DIGUNAKAN	17
3.1.1 PERANGKAT LUNAK (SOFTWARE)	17
3.1.2 PERANGKAT KERAS (HARDWARE)	17
3.1.3 DATA SET SINYAL EEG	17

3.2	DIAGRAM ALUR PENELITIAN.....	18
3.2.1	STUDI LITERATUR	19
3.2.2	MENENTUKAN MODEL SISTEM.....	19
3.2.3	IMPLEMENTASI MODEL SISTEM	19
3.3	TINGKAT AKURASI	24
BAB IV	HASIL DATA.....	28
4.1	PARAMETER PENELITIAN	28
4.2	ANALISIS HASIL	28
4.2.1	ANALISIS SINYAL EEG PADA ELEKTRODE	28
4.2.2	ANALISIS HASIL CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK	38
BAB V	PENUTUP	100
5.1	KESIMPULAN	100
5.2	SARAN	100
	DAFTAR PUSTAKA	101
	LAMPIRAN	104

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Electroencephalograph	8
Gambar 2.2 Sistem Penempatan elektroda Pada Kulit Kepala	9
Gambar 2.3 Arsitektur Convolutional Neural Network	9
Gambar 2.4 Contoh Operasi Matematis Proses Konvolusi	11
Gambar 2.5 Contoh Operasi Matematis Proses Pooling	12
Gambar 2.6 Fully Connected Layer	14
Gambar 2.7 10 Fold Cross Validation	15
Gambar 3.1 Alur Penelitian.....	18
Gambar 3.2 Implementasi Model Sistem.....	20
Gambar 4.1 Sinyal EEG pada electrode Fp1.....	29
Gambar 4.2 Sinyal EEG electrode Fp2.....	29
Gambar 4.3 Sinyal EEG electrode F3.....	30
Gambar 4.4 Sinyal EEG electrode F4.....	30
Gambar 4.5 Sinyal EEG electrode C3	31
Gambar 4.6 Sinyal EEG electrode C4	31
Gambar 4.7 Sinyal EEG electrode P3.....	32
Gambar 4.8 Sinyal EEG electrode P4.....	32
Gambar 4.9 Sinyal EEG electrode O1	33
Gambar 4.10 Sinyal EEG electrode O2	33
Gambar 4.11 Sinyal EEG electrode F7.....	34
Gambar 4.12 Sinyal EEG electrode F8.....	34
Gambar 4.13 Sinyal EEG electrode T3.....	35
Gambar 4.14 Sinyal EEG electrode T4.....	35
Gambar 4.15 Sinyal EEG electrode T5.....	36
Gambar 4.16 Sinyal EEG electrode T6.....	36
Gambar 4.17 Sinyal EEG electrode Fz.....	37
Gambar 4.18 Sinyal EEG electrode Cz.....	37
Gambar 4.19 Sinyal EEG electrode Pz	38
Gambar 4.20 Grafik training dan validation accuracy.....	39
Gambar 4.21 Confusion matrix pada karnel 16 dengan maximum pooling	40
Gambar 4.22 Grafik training dan validation accuracy.....	43
Gambar 4.23 Confusion matrix pada karnel 16 dengan average pooling	44
Gambar 4.24 Grafik training dan validation accuracy.....	47
Gambar 4.25 Confusion matrix pada karnel 16 menggunakan maximum dan average pooling	48
Gambar 4.26 Grafik training dan validation accuracy.....	51
Gambar 4.27 Confusion matrix pada karnel 32 dengan maximum pooling	52

Gambar 4.28 Grafik training dan validation accuracy.....	55
Gambar 4.29 Confusion matrix pada karnel 32 dengan average pooling	56
Gambar 4.30 Grafik training dan validation accuracy.....	59
Gambar 4.31 Confusion matrix pada karnel 32 menggunakan maximum dan average pooling	60
Gambar 4.32 Grafik training dan validation accuracy.....	63
Gambar 4.33 Confusion matrix pada karnel 64 dengan maximum pooling	64
Gambar 4.34 Grafik training dan validation accuracy.....	67
Gambar 4.35 Confusion matrix pada karnel 64 dengan average pooling	68
Gambar 4.36 Grafik training dan validation accuracy.....	71
Gambar 4.37 Confusion matrix pada karnel 64 dengan maximum pooling dan average pooling	72
Gambar 4.38 Grafik training dan validation accuracy.....	75
Gambar 4.39 Confusion matrix pada karnel 16, 32, 64 dengan maximum pooling ...	76
Gambar 4.40 Grafik training dan validation accuracy.....	79
Gambar 4.41 Confusion matrix pada karnel 16, 32, 64 dengan average pooling	80
Gambar 4.42 Grafik training dan validation accuracy.....	83
Gambar 4.43 Confusion matrix pada karnel 16, 32, 64 dengan maximum dan average pooling	84
Gambar 4.44 Grafik training dan validation accuracy.....	87
Gambar 4.45 Confusion matrix pada karnel 64, 32, 16 dengan maximum pooling ...	88
Gambar 4.46 Grafik training dan validation accuracy.....	91
Gambar 4.47 Confusion matrix pada karnel 64, 32, 16 dengan average pooling	92
Gambar 4.48 Grafik training dan validation accuracy.....	95
Gambar 4.49 Confusion matrix pada karnel 64, 32, 16 dengan maximum dan average pooling	96

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Yang Menjadi Tinjauan Pustaka.....	6
Tabel 3.1 Nilai marker	18
Tabel 3.2 Konfigurasi hyper parameter 2D-CNN	22
Tabel 3.3 Confusion matrix untuk lima kelas jari tangan	25
Tabel 4.1 Hyper parameter proses pertama.....	38
Tabel 4.2 Hasil training dan validation accuracy	41
Tabel 4.3 Hyper parameter proses kedua.....	42
Tabel 4.4 Hasil training dan validation accuracy	45
Tabel 4.5 Hyper parameter proses ketiga.....	45
Tabel 4.6 Hasil training dan validation accuracy	49
Tabel 4.7 Nila rata-rata akurasi pada karnel 16.....	50
Tabel 4.8 Hyper parameter proses keempat	50
Tabel 4.9 Hasil training dan validation accuracy	53
Tabel 4.10 Hyper parameter proses keempat	54
Tabel 4.11 Hasil training dan validation accuracy	57
Tabel 4.12 Hyper parameter proses keempat	57
Tabel 4.13 Hasil training dan validation accuracy	61
Tabel 4.14 Nila rata-rata accuracy pada karnel 32	62
Tabel 4.15 Hyper parameter proses pertama.....	62
Tabel 4.16 Hasil training dan validation accuracy	65
Tabel 4.17 Hyper parameter proses pertama.....	66
Tabel 4.18 Hasil training dan validation accuracy	69
Tabel 4.19 Hyper parameter proses pertama.....	69
Tabel 4.20 Hasil training dan validation accuracy	73
Tabel 4.21 Nila rata-rata accuracy pada karnel 64	74
Tabel 4.22 Hyper parameter proses pertama.....	74
Tabel 4.23 Hasil training dan validation accuracy	77
Tabel 4.24 Hyper parameter proses pertama.....	78
Tabel 4.25 Hasil training dan validation accuracy	81
Tabel 4.26 Hyper parameter proses pertama.....	81
Tabel 4.27 Hasil training dan validation accuracy	85
Tabel 4.28 Nila rata-rata accuracy pada karnel 16, 32, 64.....	86
Tabel 4.29 Hyper parameter proses pertama.....	86
Tabel 4.30 Hasil training dan validation accuracy	89
Tabel 4.31 Hyper parameter proses pertama.....	90
Tabel 4.32 Hasil training dan validation accuracy	93
Tabel 4.33 Hyper parameter proses pertama.....	93

Tabel 4.34 Hasil training dan validation accuracy	97
Tabel 4.35 Nilai rata-rata accuracy pada kernel 64, 32, 16.....	98
Tabel 4.36 Rata-rata accuracy pada setiap kernel dengan maximum pooling dan average pooling.....	98