

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN	iii
PRAKATA	iv
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	vi
ABSTRACT	vii
INTISARI	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Keaslian Penelitian	5
1.5 Tujuan Penelitian	11
1.6 Manfaat Penelitian	11
1.7 Sistematika Penulisan	11
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	13
2.1 Tinjauan Pustaka	13
2.1.1 Otak Manusia	13
2.1.2 <i>Brain Computer Interface</i>	14
2.1.3 <i>Electroencepalograph</i>	15
2.1.4 <i>Feature Extraction</i>	18
2.2 Landasan Teori	22
2.2.1 <i>Multivariate Empirical Mode Decomposition</i>	22
2.2.2 Transformasi <i>Fourier</i>	26
2.2.3 <i>Short Time Fourier Transform</i>	27
2.2.4 Interpolasi	29
2.2.5 Jaringan Syaraf Tiruan	31
2.2.6 <i>Backpropagation</i>	34
2.2.7 <i>Deep Learning</i>	37
2.2.8 <i>Convolution Neural Network</i>	38
2.2.9 <i>Feature Selection</i>	42
2.2.10 <i>Data Splitting</i>	44
2.2.11 Evaluasi Kinerja	44

2.2.12 Pengujian Statistika	46
2.3 Hipotesis	47
BAB III METODOLOGI	48
3.1 Alat dan Bahan	48
3.1.1 Alat	48
3.1.2 Bahan.....	49
3.2 Jalannya Penelitian	52
3.3 Alur Perancangan Sistem	54
3.3.1 Dataset	54
3.3.2 Pra-pemrosesan Data.....	55
3.3.3 Ekstraksi Fitur.....	57
3.3.4 Klasifikasi.....	66
3.3.5 Penilaian Kinerja.....	68
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	73
4.1 Dataset Penelitian	73
4.2 Implementasi Pra-pemrosesan Data	75
4.3 Implementasi Algoritme <i>Short Time Fourier Transform</i>	77
4.4 Implementasi Proses Ekstraksi Frekuensi <i>Mu</i> dan <i>Beta Rhythm</i>	80
4.5 Implementasi Algoritme <i>Multivariate Empirical Mode Decomposition</i>	83
4.6 Implementasi Model <i>Convolution Neural Network</i>	88
4.7 Pemilihan Komponen IMF dengan <i>Wrapper Feature Selection</i>	89
4.8 Perbandingan Nilai Akurasi	92
4.9 Pengujian Statistika	105
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	110
5.1 Kesimpulan	110
5.2 Saran	111
DAFTAR PUSTAKA.....	112
LAMPIRAN	L-1
L1. Sinyal Rekaman EEG pada dataset 2b BCI Competition IV.....	L-1
L2. Informasi Kejadian Pada Variabel Header.....	L-8
L3. Uji Normalitas.....	L-93
L4. Uji Hipotesis	L-94

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Otak manusia dan bagiannya [45].	13
Gambar 2.2. Prosedur umum pengembangan aplikasi BCI [46].	15
Gambar 2.3. Ilustrasi penggunaan EEG [48].	16
Gambar 2.4. Lokasi elektroda pada kulit kepala.	17
Gambar 2.5. Ilustrasi algoritme <i>Empirical Mode Decomposition</i> (EMD).	23
Gambar 2.6. Ilustrasi Algoritme <i>Multivariate Empirical Mode Decomposition</i> (MEMD).	25
Gambar 2.7. Ilustrasi algoritme <i>Fourier Transform</i> (FT).	26
Gambar 2.8. Ilustrasi perhitungan <i>radix-2</i> DIT pada proses FFT.	27
Gambar 2.9. Contoh <i>window function</i> (a). sempit dan (b). lebar para STFT.	29
Gambar 2.10. Jaringan syaraf tiruan.	31
Gambar 2.11. Arsitektur ANN dengan lapisan tunggal.	32
Gambar 2.12. Arsitektur ANN dengan banyak lapisan.	33
Gambar 2.13. Arsitektur ANN dengan lapisan kompetitif.	34
Gambar 2.14. Jenis lapisan pada model <i>Deep Learning</i> .	38
Gambar 2.15. Arsitektur <i>Convolutional Neural Network</i> [59].	39
Gambar 2.16. Contoh operasi konvolusi pada model CNN [60].	40
Gambar 2.17. Operasi <i>max pooling</i> pada arsitektur CNN.	40
Gambar 2.18. Operasi <i>average pooling</i> pada arsitektur CNN.	41
Gambar 2.19. Tahapan pendekatan <i>filter feature selection</i> .	43
Gambar 2.20. Tahapan pendekatan <i>wrapper feature selection</i> .	43
Gambar 2.21. Ilustrasi secara umum proses <i>data splitting</i> .	44
Gambar 2.22. Skema pengujian statistika menurut Takagi [67].	47
Gambar 3.1. Skema <i>screening</i> tanpa adanya <i>feedback</i> .	50
Gambar 3.2. Skema <i>screening</i> menggunakan <i>smiley feedback</i> .	51
Gambar 3.3. Alur jalannya penelitian secara umum.	52
Gambar 3.4. Diagram alir perancangan sistem.	54
Gambar 3.5. Diagram alir pemotongan dataset pada tahap pra-pemrosesan.	56
Gambar 3.6. Diagram alir untuk usulan model ekstraksi fitur.	58
Gambar 3.7. Ilustrasi pemrosesan sinyal menggunakan algoritme STFT.	59
Gambar 3.8. Ilustrasi proses untuk ekstraksi frekuensi berdasarkan komponen ritmik <i>Mu</i> dan <i>Beta</i> .	61
Gambar 3.9. Ilustrasi penambahan algoritme MEMD.	62
Gambar 3.10. Ilustrasi penentuan komponen IMF yang akan diteliti pengaruhnya terhadap kinerja klasifikasi.	64
Gambar 3.11. Ilustrasi Model CNN yang digunakan untuk proses klasifikasi.	67
Gambar 3.12. Diagram Alir penilaian kinerja klasifikasi.	69
Gambar 3.13. Skenario uji normalitas.	71
Gambar 3.14. Skema uji hipotesis berdasarkan referensi [67].	72

Gambar 4.1. Contoh rekaman dataset 2b BCI Competition IV dengan identitas B0401T (subyek 4 perekaman sesi 1).	73
Gambar 4.2. Contoh rekaman B0401T dalam tiga <i>channel</i>	74
Gambar 4.3. Hasil pemotongan pertama rekaman B0401T.	76
Gambar 4.4. Hasil pemotongan terakhir rekaman B0401T.	76
Gambar 4.5 Rekaman trial 1 pada subyek ke 4.	78
Gambar 4.6. Pemisahan <i>channel</i> pada rekaman <i>trial</i> 1 subyek 4.	78
Gambar 4.7. <i>Spectrogram</i> hasil pemrosesan <i>channel</i> C3 pada <i>trial</i> 1 rekaman subyek 4.	79
Gambar 4.8. <i>Spectrogram</i> hasil pemrosesan <i>channel</i> Cz pada <i>trial</i> 1 rekaman subyek 4.	79
Gambar 4.9. <i>Spectrogram</i> hasil pemrosesan <i>channel</i> C4 pada <i>trial</i> 1 rekaman subyek 4.	80
Gambar 4.10. Ekstraksi komponen ritmik <i>Mu</i> pada <i>channel</i> C3 rekaman <i>trial</i> 1.	81
Gambar 4.11. Ekstraksi komponen ritmik <i>Beta</i> pada <i>channel</i> C3 rekaman <i>trial</i> 1.	81
Gambar 4.12. Hasil <i>resize</i> komponen <i>Beta</i> pada <i>Channel</i> C3 rekaman <i>trial</i> 1.	81
Gambar 4.13. Kombinasi komponen ritmik <i>Mu</i> dan <i>Beta</i> pada <i>channel</i> C3 rekaman <i>trial</i> 1 subyek 4.	82
Gambar 4.14. <i>Image feature</i> berdasarkan transformasi sinyal menggunakan STFT pada rekaman <i>trial</i> 1 subyek 4.	82
Gambar 4.15. Komponen IMF yang terbentuk dari pemrosesan MEMD pada rekaman data <i>trial</i> 1 subyek 4.	84
Gambar 4.16. Komponen IMF yang terbentuk dari pemrosesan MEMD pada rekaman data <i>trial</i> 100 subyek 4.	84
Gambar 4.17. Pemisahan komponen IMF <i>trial</i> 1 berdasarkan <i>channel</i>	85
Gambar 4.18. Isyarat yang mengandung <i>Theta</i> , <i>Alpha</i> , dan <i>Beta</i> berdasarkan komponen IMF	86
Gambar 4.19. Frekuensi domain untuk masing-masing IMF pada <i>channel</i> C3 <i>trial</i> 1 Subyek 4	87

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Komponen aktivitas ritmik pada EEG.	17
Tabel 2.2. Tabel <i>confusion matrix</i> [64].	45
Tabel 3.1. Tabel deskripsi dataset hasil perekaman.	52
Tabel 3.2. Tabel jenis kejadian pada dataset 2b BCI Competition IV.	56
Tabel 3.3. Tabel contoh subset yang bisa dibentuk berdasarkan tiga komponen IMF.	65
Tabel 3.4. Tabel contoh hasil pemrosesan subset terhadap <i>learning algorithm</i>	66
Tabel 4.1. Contoh kecil informasi penting variabel “Header” yang digunakan dalam penelitian pada identitas rekaman B0103T.	75
Tabel 4.2. Jumlah <i>trial</i> data berdasarkan hasil pemotongan dataset untuk tiap subyek dan sesi perekaman.	77
Tabel 4.3. Tabel kombinasi subset menggunakan 6 IMF.	89
Tabel 4.4. Nilai akurasi yang dihasilkan dari subset IMF.	91
Tabel 4.5. Perbandingan nilai akurasi menggunakan subyek pertama.	92
Tabel 4.6. Perbandingan nilai akurasi menggunakan subyek kedua.	94
Tabel 4.7. Perbandingan nilai akurasi menggunakan subyek ketiga.	95
Tabel 4.8. Perbandingan nilai akurasi menggunakan subyek keempat.	97
Tabel 4.9. Perbandingan nilai akurasi menggunakan subyek kelima.	98
Tabel 4.10. Perbandingan nilai akurasi menggunakan subyek keenam.	99
Tabel 4.11. Perbandingan nilai akurasi menggunakan subyek ketujuh.	100
Tabel 4.12. Perbandingan nilai akurasi menggunakan subyek kedelapan.	102
Tabel 4.13. Perbandingan nilai akurasi menggunakan subyek kesembilan.	103
Tabel 4.14. Perbandingan nilai akurasi antar subyek penelitian.	104
Tabel 4.15. Tabel hasil uji normalitas menggunakan subyek keempat.	106
Tabel 4.16. Tabel hasil uji hipotesis untuk subyek keempat.	107
Tabel 4.17. Tabel uji hipotesis untuk membandingkan semua subyek penelitian.	108