

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	x
INTISARI	xi
ABSTRACT.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Tahapan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
BAB III LANDASAN TEORI.....	10
3.1 Olfaktori dan Memori.....	10
3.2 <i>Electroencephalogram</i> (EEG).....	11
3.2.1 Ritme Gelombang Otak.....	11
3.2.2 <i>Event Related Potential (ERP)</i> dan <i>Slow Cortical Potential (SCP)</i> ...	13
3.2.3 Perekaman dan Pengukuran	14
3.3 Tapis Digital.....	15
3.4 Transformasi Wavelet	16
3.4.1 Mother Wavelet.....	16
3.4.2 Transformasi Wavelet Diskrit	16
3.5 Fungsi Energi	19
3.6 <i>Support Vector Machine</i>	19
3.6.1 <i>Hyperplane</i> Linear.....	20
3.6.2 <i>Hyperplane</i> Non-Linear	21
3.6.3 Parameter SVM	22
3.7 <i>Confusion Matrix</i> (CM).....	24
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	26
4.1 Komponen Sistem	26
4.1.1 Peralatan	26
4.1.2 Bahan.....	26
4.2 Analisis dan Rancangan Sistem	26
4.2.1 Analisis Sistem.....	26
4.2.2 Rancangan Sistem secara Umum	27
4.2.3 Akuisisi Data	28
4.2.4 Pra-pengolahan.....	31
4.2.5 Ekstraksi Ciri.....	31
4.2.6 Klasifikasi Data	33
4.3 Rancangan Pengujian	34

4.3.1	Validasi dengan <i>k-Folds Cross Validation</i>	34
4.3.2	Evaluasi Kinerja Sistem	35
BAB V	IMPLEMENTASI	36
5.1	Implementasi Perangkat Keras	36
5.1.1	Perekaman Data	36
5.2	Implementasi Perangkat Lunak	37
5.2.1	Pra-pengolahan	37
5.3	Ekstraksi Ciri	38
5.4	Klasifikasi	40
5.5	Pengujian Sistem	41
BAB VI	HASIL DAN PEMBAHASAN	42
6.1	Akuisisi Data	42
6.2	Hasil Pra-pengolahan sinyal	43
6.3	Hasil Ekstraksi Ciri	46
6.3.1	Amplitudo dan Latensi ERP	46
6.3.2	Energi	47
6.4	Klasifikasi	50
6.5	Hasil Pengujian Sistem	52
6.6	Pembahasan	55
6.6.1	Perbandingan P300 pada Tiap Kelas	55
6.6.2	Perbandingan Energi pada Tiap Kelas dan Bagian Otak	56
6.6.3	Perbandingan Hasil Pengujian Klasifikasi SVM dengan Ciri ERP dan Energi	57
6.6.4	Analisis Perbedaan Pola berdasarkan Perbedaan Ciri dan Hasil Klasifikasi	60
BAB VII	KESIMPULAN DAN SARAN	63
7.1	Kesimpulan	63
7.2	Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Taksonomi sistem memori manusia (Blåvarg, 2016).....	10
Gambar 3.2 Rentang frekuensi gelombang otak (Sanei dan Chambers, 2007)	12
Gambar 3.3 Contoh sinyal (a) ERP dan (b) SCP	13
Gambar 3.4 Sistem 10-20 penempatan elektroda EEG dengan 21 elektroda (Sanei dan Chambers, 2007).....	14
Gambar 3.5 Jenis tapis digital (a) <i>low-pass</i> (b) <i>high-pass</i> (c) <i>band-pass</i> (d) <i>band-reject</i> (Smith, 1999).....	15
Gambar 3.6 Dekomposisi <i>i</i> -tingkat pada wavelet (Ullah et al., 2015).....	18
Gambar 3.7 Contoh transformasi wavelet dsikrit (a) waktu normalisasi (b) koefisien DWT (Polikar, 1996).....	18
Gambar 3.8 Pemisahan kelas dengan <i>hyperplane</i> linear (Sanei dan Chambers, 2007).....	21
Gambar 3.9 Pemisahan kelas dengan <i>hyperplane</i> non-linear (Sanei dan Chambers, 2007).....	21
Gambar 3.10 Penggunaan kernel SVM (a) dimensi awal (b) pemetaan pada dimensi lain (c) rekonstruksi pada dimensi awal (Patel, 2017).....	22
Gambar 3.11 Penggunaan parameter C (a) nilai rendah (b) nilai tinggi (Patel, 2017).....	23
Gambar 3.12 Penggunaan <i>gamma</i> (a) nilai tinggi (b) nilai rendah (Patel, 2017) .	24
Gambar 4.1 Diagram blok rancangan sistem	28
Gambar 4.2 Penempatan elektroda untuk perekaman (Atmaji dan Perwira, 2017)	29
Gambar 4.3 Diagram pewaktuan perekaman sinyal EEG.....	30
Gambar 4.4 Diagram blok ekstraksi ciri energi relatif koefisien dengan Wavelet	33
Gambar 5.1 Perekaman data sinyal EEG dengan memberikan stimulus aroma pada subjek	36
Gambar 5.2 Potongan kode untuk penentuan epoch sinyal	37
Gambar 5.3 Potongan kode untuk penapisan sinyal	38
Gambar 5.4 Potongan kode untuk proses ekstraksi ciri dengan DWT	39
Gambar 5.5 Potongan kode untuk proses ekstraksi ciri amplitudo dan latensi sinyal ERP	39
Gambar 5.6 Potongan kode penentuan model SVM.....	40
Gambar 5.7 Potongan kode penentuan parameter dengan <i>bayesopt</i>	40
Gambar 5.8 Potongan kode pengujian sistem klasifikasi.....	41
Gambar 6.1 Data sinyal EEG hasil perekaman pada <i>OpenBCI GUI</i>	43
Gambar 6.2 Sinyal raw data dan hasil penapisan (a) <i>bandpass butterworth</i> 1-5 Hz dan (b) <i>bandpass butterworth</i> 3-47 Hz data trial kanal 1.....	44
Gambar 6.3 Sinyal hasil penapisan dan pemotongan (a) <i>bandpass butterworth</i> 3-47 Hz epoch 5 sekon, dan (b) <i>bandpass butterworth</i> 1-5 Hz epoch 1 sekon.....	45
Gambar 6.4 Pola sinyal ERP kedua kelas	46
Gambar 6.5 Plot koefisien hasil dekomposisi wavelet (a) kelas Familiar dan (b) kelas Tidak Familiar berdasarkan sinyal ERP.....	48

Gambar 6.6 Plot koefisien hasil dekomposisi wavelet (a) kelas Familiar dan (b) kelas Tidak Familiar berdasarkan sinyal SCP	49
Gambar 6.7 Optimalisasi nilai Γ dan C dengan <i>bayesopt</i>	51
Gambar 6.8 Perbandingan (a) amplitudo dan (b) latensi sinyal ERP tiap kelas ...	51
Gambar 6.9 Perbandingan energi relatif koefisien wavelet tiap kelas sinyal (a) SCP dan (b) ERP	51
Gambar 6.10 Perbandingan energi sinyal sebelum dekomposisi wavelet berdasarkan bagian otak tiap kelas sinyal SCP dan ERP	51
Gambar 6.11 Perbandingan hasil pengujian klasifikasi SVM berdasarkan <i>subject-independent</i> dan <i>subject-dependent</i>	59
Gambar 6.12 Plot persebaran data ciri energi relatif koefisien wavelet kelas Familiar dan Tidak Familiar.....	59
Gambar 6.13 Plot persebaran data hasil klasifikasi ciri energi relatif koefisien wavelet kelas Familiar dan Tidak Familiar	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hubungan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya.....	9
Tabel 3.1 Klasifikasi korelasi memori dan fungsi olfaktori (Blåvarg, 2016)	11
Tabel 3.2 Jenis kernel SVM (Bayram dan Ayyüce, 2013)	22
Tabel 3.3 Tabel <i>confusion matrix</i> 2x2.....	24
Tabel 4.1 Perangkat pendukung penelitian	26
Tabel 4.2 Urutan aroma setiap pengulangan.....	30
Tabel 4.3 Rentang frekuensi koefisien aproksimasi dan detail hasil dekomposisi wavelet ($f_s = 200 \text{ Hz}$)	32
Tabel 4.4 <i>Confusion Matrix</i> hasil klasifikasi SVM.....	34
Tabel 4.5 Pengujian <i>4-folds cross validation</i>	35
Tabel 6.1 Data subjek perekaman dan label kelas aroma tiap subjek	42
Tabel 6.2 Nilai rata-rata ciri amplitudo dan latensi tiap kanal masing-masing kelas	47
Tabel 6.3 Data ciri energi relatif koefisien dan energi sebelum dekomposisi wavelet sinyal ERP.....	49
Tabel 6.4 Data ciri energi relatif koefisien dan energi sebelum dekomposisi wavelet sinyal SCP.....	50
Tabel 6.5 Akurasi, presisi, TPR, dan TNR <i>subject-dependent</i> ciri ERP.....	53
Tabel 6.6 Akurasi, presisi, TPR, dan TNR <i>subject-dependent</i> ciri SCP.....	54
Tabel 6.7 Akurasi, presisi, TPR, dan TNR <i>subject-independent</i> ciri ERP.....	55
Tabel 6.8 Akurasi, presisi, TPR, dan TNR <i>subject-independent</i> ciri SCP.....	55
Tabel 6.9 Metode dan hasil klasifikasi penelitian ini dan sebelumnya.....	61