

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
INTISARI .....	xii
ABSTRACT .....	xiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
1.6 Metodologi Penelitian .....	3
1.7 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
BAB III DASAR TEORI .....	8
3.1 <i>Electromyograph</i> .....	8
3.2 Otot.....	8
3.2.1 Otot <i>Bisep &amp; Trisep</i> .....	10
3.2.2 Otot <i>Pronasi &amp; Supinasi</i> .....	11
3.3 Filter <i>Band Pass</i> .....	12
3.4 <i>Root Mean Square (RMS)</i> .....	13
BAB IV ANALISIS DAN PERANCANGAN .....	14
4.1 Analisis Rancangan Sistem .....	14
4.2 Alat dan Bahan .....	15
4.3 Perancangan Sistem Secara Keseluruhan.....	16
4.4 Perancangan Akuisisi Data.....	16
4.4.1 Perancangan posisi elektroda .....	17
4.4.2 Subjek Penelitian.....	17
4.4.3 Perancangan gerakan.....	18
4.5 Perancangan Perangkat Lunak .....	21
4.5.1 Perancangan pra pengolahan .....	21
4.5.2 Perancangan ekstraksi ciri .....	22
4.5.3 Perancangan klasifikasi .....	26
4.6 Perancangan Pengujian .....	33
4.6.1 Pengujian sistem klasifikasi gerakan dasar dan kombinasi.....	35
4.6.2 Pengujian sistem klasifikasi gerakan keseluruhan .....	35



<b>BAB V IMPLEMENTASI</b> .....	36
5.1 Implementasi Akuisisi Data .....	36
5.2 Implementasi Perangkat Lunak .....	39
5.2.1 Implementasi pra pengolahan.....	40
5.2.2 Implementasi ekstraksi ciri.....	41
5.2.3 Implementasi klasifikasi.....	42
<b>BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	46
6.1 Hasil Pengolahan Sinyal EMG.....	46
6.1.1 Hasil penapisan sinyal.....	46
6.1.2 Hasil ekstraksi ciri RMS .....	47
6.2 Hasil Analisis Gerakan .....	48
6.2.1 Hasil analisis gerakan dasar .....	48
6.2.2 Hasil analisis gerakan kombinasi .....	56
6.3 Hasil Klasifikasi .....	70
6.3.1 Hasil klasifikasi gerakan dasar .....	70
6.3.2 Hasil klasifikasi gerakan kombinasi.....	71
6.3.3 Hasil klasifikasi gerakan keseluruhan .....	71
<b>BAB VII PENUTUP</b> .....	78
7.1 Kesimpulan.....	78
7.2 Saran.....	78
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	80
<b>LAMPIRAN</b> .....	82

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Otot pada lengan atas (a) <i>Bisep</i> lengan tampak depan (b) <i>Trisep</i> lengan atas tampak belakang (Schunke et al., 2011) .....	9
Gambar 3.2 Otot pada lengan bawah (Schunke et al., 2011) .....	10
Gambar 3.3 Gerakan lengan naik ( <i>Flexi</i> ) dan lengan turun ( <i>Extensi</i> ) (Drake et al., 2014) .....	11
Gambar 3.4 Ilustrasi kerja otot ronator dan supinator (Schunke et al., 2011) .....	12
Gambar 3.5 Grafik filter lolos tengah .....	12
Gambar 4.1 Blok diagram sistem .....	16
Gambar 4.2 Posisi kanal EMG .....	17
Gambar 4.3 (a) Gerakan <i>Supinasi</i> (b) Gerakan <i>Pronasi</i> .....	19
Gambar 4.4 (a) Gerakan Naik (b) Gerakan Turun .....	19
Gambar 4.5 (a) Gerakan Naik <i>Supinasi</i> (b) Gerakan Turun <i>Pronasi</i> (c) Gerakan Naik <i>Pronasi</i> (d) Gerakan Turun <i>Supinasi</i> (e) Gerakan Atas <i>Pronasi</i> (f) Gerakan Atas <i>Supinasi</i> .....	20
Gambar 4.6 Diagram pewaktuan pengambilan data .....	21
Gambar 4.7 Bagan alir proses penapisan data EMG .....	22
Gambar 4.8 Contoh ilustrasi ekstraksi ciri RMS jendela 400 ms .....	23
Gambar 4.9 Contoh ilustrasi contoh ekstraksi ciri <i>threshold</i> RMS .....	25
Gambar 4.10 Bagan alir klasifikasi gerakan dasar .....	28
Gambar 4.11 Bagan alir klasifikasi gerakan kombinasi .....	30
Gambar 4.12 Bagan alir klasifikasi gerakan keseluruhan .....	32
Gambar 4.13 <i>Confusion Matrix</i> (Sokolova dan Lapalme, 2009) .....	34
Gambar 5.1 Perlengkapan Akuisisi Data .....	36
Gambar 5.2 Elektroda Gel dan Alkohol .....	37
Gambar 5.3 Kanal 1 (hitam) dan kanal 3 (merah) .....	37
Gambar 5.4 Kanal 2 (coklat) dan Kanal Ground (abu-abu) .....	38
Gambar 5.5 Kanal 4 (oranye) dan Kanal Reference (putih) .....	38
Gambar 5.6 Elektroda yang telah ditutup dengan kain (tampak depan) .....	39
Gambar 5.7 Elektroda yang telah ditutup oleh kain (tampak belakang) .....	39
Gambar 5.8 Tampilan GUI dari OpenBCI .....	39
Gambar 5.9 Potongan program pemotongan data .....	40
Gambar 5.10 Potongan program koefisien tapis dan proses penapisan .....	40
Gambar 5.11 Potongan program implementasi RMS dengan <i>sliding window</i> .....	41
Gambar 5.12 Potongan program <i>thresholding</i> dan relaks .....	41
Gambar 5.13 Potongan program <i>threshold</i> TR .....	42
Gambar 5.14 Potongan program klasifikasi gerakan dasar kanan kiri .....	42
Gambar 5.15 Potongan program klasifikasi gerakan dasar naik turun .....	43
Gambar 5.16 Potongan program klasifikasi gerakan kombinasi .....	44
Gambar 5.17 Potongan program klasifikasi gerakan keseluruhan .....	45
Gambar 6.1 Contoh sinyal EMG mentah gerakan naik .....	46
Gambar 6.2 Sinyal EMG sesudah filter bandpass 1-99 Hz dan <i>notch</i> 49-51 Hz .....	47
Gambar 6.3 Sinyal siap olah .....	47
Gambar 6.4 Sinyal hasil ekstraksi ciri RMS .....	48
Gambar 6.5 Data hasil RMS bersih dari relaks .....	48



Gambar 6.6 Sinyal Gerakan Naik .....	49
Gambar 6.7 Grafik pola gerakan naik dari nilai RMS .....	50
Gambar 6.8 Sinyal Gerakan Turun .....	51
Gambar 6.9 Grafik pola gerakan turun dari nilai RMS.....	53
Gambar 6.10 Sinyal Gerakan <i>Supinasi</i> .....	53
Gambar 6.11 Grafik pola gerakan supinasi dari nilai RMS .....	54
Gambar 6.12 Sinyal Gerakan <i>Pronasi</i> .....	55
Gambar 6.13 Grafik pola gerakan <i>pronasi</i> dari nilai RMS .....	56
Gambar 6.14 Sinyal Gerakan Naik <i>Supinasi</i> .....	57
Gambar 6.15 Grafik pola gerakan naik supinasi dari nilai RMS .....	58
Gambar 6.16 Sinyal gerakan turun <i>pronasi</i> .....	59
Gambar 6.17 Grafik pola gerakan turun pronasi dari nilai RMS .....	60
Gambar 6.18 Sinyal Gerakan Naik <i>Pronasi</i> .....	61
Gambar 6.19 Grafik pola naik pronasi dari nilai RMS .....	62
Gambar 6.20 Sinyal Gerakan Turun <i>Supinasi</i> .....	63
Gambar 6.21 Grafik pola gerakan turun <i>supinasi</i> dari nilai RMS .....	64
Gambar 6.23 Grafik pola gerakan atas supinasi dari nilai RMS .....	66
Gambar 6.24 Sinyal Gerakan Atas <i>Pronasi</i> .....	67
Gambar 6.25 Grafik pola gerakan atas pronasi dari nilai RMS .....	68
Gambar 6.26 Sinyal gerakan <i>pronasi</i> kanal 3 dan 4 .....	74
Gambar 6.27 Sinyal gerakan <i>supinasi</i> kanal 3 dan 4 .....	74
Gambar 6.28 Sinyal gerakan <i>supinasi</i> kanal 1 dan kanal 4 .....	75
Gambar 6.29 Sinyal gerakan naik kanal 1 dan kanal 4.....	75
Gambar 6.30 Sinyal gerakan naik <i>supinasi</i> kanal 1 dan kanal 4.....	75
Gambar 6.31 Grafik nilai hasil klasifikasi .....	76



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Daftar tinjauan pustaka .....	7
Tabel 4.1 Bahan yang digunakan .....	15
Tabel 4.2 Alat yang digunakan .....	15
Tabel 4.3 Isi gerakan data subjek .....	18
Tabel 4.4 List gerakan lengan .....	18
Tabel 4.5 Alokasi Gerakan.....	21
Tabel 4.6 Template ciri untuk setiap gerakan dasar.....	27
Tabel 4.7 Kode kelas gerakan dasar.....	28
Tabel 4.8 Template ciri untuk setiap gerakan kombinasi .....	29
Tabel 4.9 Kode kelas untuk setiap gerakan kombinasi .....	30
Tabel 4.10 Template ciri gerakan keseluruhan .....	31
Tabel 4.11 Kode kelas untuk setiap gerakan keseluruhan .....	33
Tabel 4.12 Rancangan Pengujian Sistem .....	35
Tabel 6.1 Ciri nilai <i>threshold</i> RMS gerakan naik .....	49
Tabel 6.2 Pola gerakan naik dari nilai RMS .....	50
Tabel 6.3 Ciri nilai <i>threshold</i> RMS gerakan turun.....	52
Tabel 6.4 Pola gerakan turun dari nilai RMS.....	52
Tabel 6.5 Pola gerakan <i>supinasi</i> dari nilai RMS.....	54
Tabel 6.6 Pola gerakan <i>pronasi</i> dari nilai RMS.....	56
Tabel 6.7 Ciri nilai <i>threshold</i> RMS gerakan naik <i>supinasi</i> .....	57
Tabel 6.8 Pola gerakan naik <i>supinasi</i> dari nilai RMS .....	58
Tabel 6.9 Ciri nilai <i>threshold</i> RMS gerakan turun <i>pronasi</i> .....	59
Tabel 6.10 Pola gerakan turun <i>pronasi</i> dari nilai RMS .....	60
Tabel 6.11 Ciri nilai <i>threshold</i> RMS gerakan naik <i>pronasi</i> .....	61
Tabel 6.12 Pola gerakan naik <i>pronasi</i> dari nilai RMS .....	62
Tabel 6.13 Pola gerakan turun <i>supinasi</i> dari nilai RMS .....	63
Tabel 6.14 Ciri nilai <i>threshold</i> RMS gerakan turun <i>supinasi</i> .....	65
Tabel 6.16 Pola gerakan atas <i>supinasi</i> dari nilai RMS .....	66
Tabel 6.17 Ciri nilai <i>threshold</i> RMS gerakan atas <i>supinasi</i> .....	67
Tabel 6.18 Pola gerakan atas <i>pronasi</i> dari nilai RMS .....	68
Tabel 6.19 Ciri nilai <i>threshold</i> RMS gerakan atas <i>pronasi</i> .....	69
Tabel 6.20 <i>Confusion Matrix</i> gerakan dasar .....	70
Tabel 6.21 <i>Confusion Matrix</i> gerakan kombinasi.....	71
Tabel 6.22 <i>Confusion Matrix</i> gerakan keseluruhan .....	72
Tabel 6.23 Hasil perhitungan akurasi, TPR, dan FDR setiap gerakan.....	73