

SKRIPSI

ESTIMASI *REAL-TIME* POSISI SUDUT LENGAN DENGAN SINYAL OTOT MENGGUNAKAN METODE MONTE CARLO



ILHAM NOVA WIDIYANTO

**PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK BIOMEDIS
DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA
2022**

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI

Judul : Estimasi *Real-Time* Posisi Sudut Lengan Dengan Sinyal Otot
Menggunakan Metode Monte Carlo

Penyusun : Ilham Nova Widiyanto

NIM : 081811733030

Pembimbing I : Dr. Riries Rulaningtyas, S.T., M.T.

Pembimbing II : Akif Rahmatillah, S.T., M.T.

Tanggal Seminar : 27 Oktober 2022

Disetujui oleh,

Pembimbing I,



Dr. Riries Rulaningtyas, S.T., M.T.
NIP. 197903152003122002

Pembimbing II,



Akif Rahmatillah, S.T., M.T.
NIP. 198601042008121002

Mengetahui,
Koordinator Program Studi S1 Teknik Biomedis
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga



Dr. Riries Rulaningtyas, S.T., M.T.
NIP. 197903152003122002

Widiyanto, Ilham Nova. 2022. **Estimasi *Real-Time* Posisi Sudut Lengan Dengan Sinyal Otot Menggunakan Metode Monte Carlo**. Skripsi di bawah bimbingan Dr. Riries Rulaningtyas, S.T., M.T dan Akif Rahmatillah, S.T., M.T. Program Studi S1 Teknik Biomedis, Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya.

ABSTRAK

Stroke adalah penyakit yang disebabkan adanya gangguan peredaran darah pada otak. Stroke berpotensi menimbulkan gejala berupa kelumpuhan pasca stroke pada anggota badan seperti wajah atau, pada banyak kasus, kelumpuhan pada ekstremitas atas. Untuk mengembalikan fungsinya, diperlukan rehabilitasi motorik pada pasien pasca stroke. Agar tindakan rehabilitasi terhadap pasien pasca stroke dapat berjalan lebih optimal, maka dilakukan penelitian terkait estimasi sudut lengan siku menggunakan metode Monte Carlo secara *real time*. Penelitian ini bertujuan untuk mendesain sistem estimasi sudut lengan siku menggunakan metode Monte Carlo secara *real time* untuk alat rehabilitasi pasien pasca stroke sehingga pasien dapat melakukan rehabilitasi secara mandiri dan konsisten. Penelitian ini menggunakan metode Monte Carlo dimana metode ini terdiri dari pemodelan sudut dari sinyal otot menggunakan *curve fitting*, *error model*, *probability distribution function* dari *error model*, dan angka acak yang dibangkitkan berdasarkan *Probability Distribution Function* (PDF) dari *error model*. Kemudian, dilakukan pendekatan sudut dari model menggunakan simulasi Monte Carlo. Dalam melakukan estimasi sudut akan dibagi dalam empat range, yang ditentukan dari nilai tren model, estimasi sudut sebelumnya, error estimasi sudut, dan sudut terukur sebelumnya. Selanjutnya, rata-rata pada simulasi Monte Carlo yang memasuki range sudut dihitung untuk menentukan nilai estimasi sudut secara *real-time*. Selain penghitungan akurasi hasil estimasi sudut, waktu pemrosesan data juga dianalisis apakah sistem dapat berjalan secara *real time*. Berdasarkan penelitian, dihasilkan estimasi paling optimal dengan RMSE (*Root Mean Square Error*) sebesar 5.5268° pada data dengan *downsample* 100 data dan *window moving average* EMG sebesar 50 data dengan waktu proses 1.26 - 1.64 detik.

Kata Kunci: Sinyal otot, Rehabilitasi, Estimasi, Monte Carlo, *Real Time*,

*Widiyanto, Ilham Nova. 2022 **Real Time Estimation of Elbow Arm Angle with Muscle Signal using the Monte Carlo Method.** Undergraduate thesis was under guidance of Dr. Riries Rulaningtyas, S.T., M.T and Akif Rahmatillah, S.T., M.T. Biomedical Engineering Study Program, Physics Departement, Faculty of Science and Technology, Airlangga University, Surabaya.*

ABSTRACT

Stroke is a disease due to a blood circulation blockage in the brain. That could lead to some post-stroke paralysis to limb such as face or, in many cases, upper extremity. To gain back its functionality, motorical rehabilitation are needed for post-stroke patients. In order to optimize post-stroke rehabilitation processes, a study about Real Time Estimation of Elbow Arm Angle with Muscle Signal using the Monte Carlo Method is conducted. This study aims to design and implement the real time estimation of the angle of the elbow arm using the Monte Carlo method for rehabilitation tools for post- stroke patients. Therefore, patients can carry out the rehabilitation independently and consistently. The design of system uses Monte Carlo Method that consist of angle modeling from muscle signal using Curve Fitting, Model Error, Probability distribution function from error model, dan random number which is generated based from Probability distribution function from error model. Then, Monte Carlo simulation is performed to approach the angle of the model. When estimation is held, each data will be distributed to four range that determined by the trend value of the model, the estimation of the previous angle, the estimated error angle, and the previously measured angle. After that, the simulation data will be calculated to its mean that belongs to angle range that have been determined before. It is conducted for determined estimated angle value. Beside looking for its estimation accuracy, time processing estimated data should be considered to determine the most optimal design for real time purpose. Based on the study, the most optimal estimation design obtained has RMSE score about 5.5268° with time processing about 1.26 - 1.64 for downsampled data about 100 data, and EMG-moving average window about 50 data.

Keyword : Muscle Signal, Rehabilitation, Estimation, Monte Carlo. Real Time,

IR – PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS

Nama : Ilham Nova Widiyanto
NIM : 081811733030
Program Studi : Teknik Biomedis
Fakultas : Sains dan Teknologi
Jenjang : Sarjana (S1)

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan kegiatan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul:

Estimasi *Real-Time* Posisi Sudut Lengan Dengan Sinyal Otot Menggunakan Metode Monte Carlo.

Apabila suatu saat terbukti melakukan kegiatan tindakan plagiat, maka saya akan menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 27 Desember 2022



Ilham Nova Widiyanto
NIM. 081811733030

KATA PENGANTAR

Puja dan puji syukur penulis panjatkan ke Hadirat Tuhan Yang Maha Kuasa karena dengan Berkah, Rahmat dan Hidayah-Nya, Skripsi dengan judul Estimasi *Real Time* Posisi Sudut Lengan Menggunakan Sinyal Otot dengan Metode Monte Carlo dapat diselesaikan dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai acuan penyusunan skripsi yang merupakan salah satu syarat akademik untuk mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Biomedis, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga.

Dalam penyusunan naskah skripsi ini, penulis banyak mendapat bantuan dan dukungan dengan berbagai wujud dari berbagai pihak. Oleh karena itu, tidak henti-hentinya penulis menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah banyak memberi bantuan dalam bentuk apapun antara lain :

1. Orang Tua Penulis, Alm. Bapak Toni Hari Isidjanto, dan Ibu Willystijati yang tiada hentinya memberi dukungan, doa serta bantuan-bantuan lain selama Masa perkuliahan hingga Masa penyusunan skripsi.
2. Ibu Dr. Riries Rulaningtyas, S.T., M.T. selaku Kepala Program Studi Teknik Biomedis Departemen Fisika Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga.
3. Ibu Dr. Riries Rulaningtyas, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I, dan Bapak Akif Rahmatillah, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing II yang rela meluangkan waktu serta tenaga untuk membimbing serta mengarahkan penulis dalam proses bimbingan dan penyusunan skripsi.
4. Ibu Osmalina Nur Rahma S.T., M.Si. selaku dosen wali yang telah memberikan banyak bantuan dan bimbingan selama Masa studi.
5. Muhammad Amrul Muhafizh, Brian Johanes Reynaldi, dan Zalsabila yang telah menjadi teman berdiskusi, mengerjakan, dan menghibur, dan juga sebagai rekan satu topik untuk skripsi estimasi sudut siku.
6. Kakak dan adik Sepupu penulis, Faizal Okta Widiyanto, Audreyana Maritza Nuria Duhavy, dan M. Armando Daffa Brilianto yang selalu

mendukung secara moral, melepas penat, serta mendoakan selama masa perkuliahan hingga penyusunan skripsi.

Penulis menyadari bahwa naskah skripsi ini jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, Penulis sangat berharap akan kritik dan saran yang membangun dari pembaca sekalian. Penulis berharap naskah skripsi ini sedikit lebihnya dapat memberi manfaat bagi penyusun sendiri maupun orang lain.

Surabaya, 10 November 2022

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI	2
KATA PENGANTAR.....	6
DAFTAR GAMBAR.....	10
DAFTAR TABEL	12
BAB I PENDAHULUAN.....	13
1. Latar Belakang	13
2. Rumusan Masalah	15
3. Tujuan Penelitian	16
4. Batasan Masalah.....	16
5. Manfaat Penelitian	16
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	17
2.1. STROKE	17
2.2. REHABILITASI.....	17
2.3. EKSOSKELETON <i>UPPER LIMB</i>	18
2.4. OTOT <i>BICEPS BRACHII</i>	19
2.5. <i>RANGE OF MOTION</i> (ROM)	19
2.6. <i>ELECTROMYOGRAPH</i> (EMG)	20
2.7. <i>MYOWARE MUSCLE SENSOR</i>	21
2.8. BOURNS 3590 POTENSIOMETER MULTITURN	22
2.9. NI MYDAQ STUDENT DATA ACQUISITION DEVICE	23
2.10. PENGOLAHAN SINYAL	24
2.11. SIMULASI MONTE CARLO.....	27
BAB III METODE PENELITIAN	28
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	28
3.2. Alat dan Bahan Penelitian.....	28
3.3. Prosedur Penelitian.....	29
3.3.1. Studi Literatur	30
3.3.2. Perancangan Sistem dan Proses Pengambilan Data.....	30
3.3.3. <i>Preprocessing</i> Sinyal EMG dan Potensiometer	32
3.3.4. Pemodelan data Sinyal EMG dan Sudut.....	33
3.3.5. Simulasi Monte Carlo	35
3.3.6. Estimasi Sudut.....	37
3.3.7. Analisis Hasil Akhir dan Implementasi secara <i>real time</i>	37

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1. Pengambilan Data Sinyal EMG dan Sudut Siku	39
4.2. Kalibrasi Sudut	40
4.3. Pengambilan Data dan Hasil	41
4.4. Preprocessing Data EMG dan Sudut	44
4.5. Pemodelan Data.....	47
4.6. Simulasi Monte Carlo	49
4.7. Estimasi Sudut.....	55
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	63
5.1. Kesimpulan.....	63
5.2. Saran	64
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN.....	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Otot Biceps Brachii (Tortora, 2013).....	19
Gambar 2. 2 Gerak Fleksi dan Ekstensi (Hamilton, 2011)	20
Gambar 2. 3 Sinyal Elektromiograf (EMG) (Advancer Technologies, 2021) 21	
Gambar 2. 4 Myoware Muscle Sensor dan dimensinya (Advancer Technologies, 2021)	21
Gambar 2. 5 Bourns 3590 Potensiometer Multiturn (.....	22
Gambar 2. 6 MyDAQ Student Data Acquisition Device	23
Gambar 2. 7 Segmentasi Disjoint pada window sepanjang 200 ms dan Panjang Sinyal 1000 ms	26
Gambar 3. 1 Diagram Alir Rancangan Metode Penelitian	30
Gambar 3. 2 Skema Pengambilan Data EMG dan Sudut.....	31
Gambar 3. 3 Potensiometer pada Eksoskeleton lengan atas.....	32
Gambar 4. 1 Skema Pengambilan Data EMG dan Sudut.....	39
Gambar 4. 2 Grafik Hasil Kalibrasi Data Sudut	41
Gambar 4. 3 Data Akuisisi EMG dan sudut naracoba 1	42
Gambar 4. 4 Data Akuisisi EMG dan sudut naracoba 2	42
Gambar 4. 5 Data Akuisisi EMG dan sudut naracoba 3	43
Gambar 4. 6 Grafik Data sinyal EMG dan Sudut Gabungan seluruh dataset	43
Gambar 4. 7 Grafik Sinyal EMG sebelum dan sesudah Filtering.....	45
Gambar 4. 8 Grafik Sinyal EMG dan sudut Rectifying sebelum dan sesudah Moving Average	45
Gambar 4. 9 Grafik Sinyal EMG dan sudut Rectifying tanpa Moving Average.....	46
Gambar 4. 10 Grafik Sinyal EMG Moving Average 50 data dan sudut tanpa Moving Average setelah Rectifying	46
Gambar 4. 11 Grafik data downsample window 10 data tanpa Moving Average setelah Rectifying	51
Gambar 4. 12 Grafik data downsample window 100 data tanpa Moving Average setelah Rectifying	52

Gambar 4. 13 Grafik data downsample window 10 data dengan Moving Average EMG 4000 dan sudut 1000 setelah Rectifying.....	52
Gambar 4. 14 Grafik data downsample window 100 data dengan Moving Average EMG 4000 dan sudut 1000 setelah Rectifying.....	53
Gambar 4. 15 Grafik data downsample window 10 data dengan Moving Average EMG 50 setelah Rectifying.....	53
Gambar 4. 16 Grafik data downsample window 100 data dengan Moving Average EMG 50 setelah Rectifying.....	54
Gambar 4. 17 Grafik perbandingan Sudut asli dengan sudut estimasi perulangan 10.000x	58
Gambar 4. 18 Grafik perbandingan sudut asli dengan sudut estimasi menggunakan model dengan window moving average 50 data perulangan 5.000x.....	59
Gambar 4. 19 Grafik perbandingan sudut asli dengan sudut estimasi menggunakan model dengan window moving average 50 data perulangan 10.000x.....	60
Gambar 4. 20 Grafik perbandingan sudut asli dengan sudut estimasi menggunakan model tanpa moving average perulangan 5.000x.....	60

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 MyDAQ Student Data Acquisition Device (Sari, 2020)	18
Tabel 2. 2 MyDAQ Student Data Acquisition Device Datasheet	24
Tabel 3. 1 Tabel Demografi Naracoba	29
Tabel 4. 2 Data Akuisisi EMG dan sudut naracoba 1 (Dataset 11)	42
Tabel 4. 3 Data Akuisisi EMG dan sudut naracoba 2 (Dataset 18)	42
Tabel 4. 4 Data Akuisisi EMG dan sudut naracoba 3 (Dataset 26)	43
Tabel 4. 5 Tabel perbandingan nilai Kovarian dan Korelasi tiap dataset gabungan	47
Tabel 4. 6 Tabel perbandingan Model dengan perubahan nilai Downsample	48
Tabel 4. 7 Tabel Perbandingan Model Estimasi dengan pengulangan 5.000 x dan 10.000x	Error! Bookmark not defined.
Tabel 5. 1 Tabel PDF dan CDF Error Sudut Model data Downsample 100 pengulangan 5000 x	75
Tabel 5. 2 Tabel PDF dan CDF Error Sudut Model data Downsample 100 pengulangan 10000 x	83
Tabel 5. 3 Tabel Hasil Uji Segmentasi 2000 data 5000 x pengulangan ...	Error! Bookmark not defined.
Tabel 5. 4 Tabel Hasil Uji Segmentasi 2000 data 10000 x pengulangan .	Error! Bookmark not defined.