

Implementasi Robot Manipulator menggunakan Sinyal *Electromyography* berdasarkan Pergerakan Kaki Manusia

Andre Adikusuma¹, Edita Rosana Widasari², Eko Setiawan³

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya
Email: ¹andre_adikusuma@student.ub.ac.id, ²editarosanaw@ub.ac.id, ³ekosetiawan@ub.ac.id

Abstrak

Perkembangan teknologi di bidang medis telah berkembang dengan pesat, salah satu contohnya yaitu robot manipulator. Contohnya dalam beberapa kasus Terdapat orang menderita penyakit stroke yang mengalami kesulitan dalam menggerakkan anggota tubuh mereka. Dikarenakan keterbatasan jumlah rehabilitator proses rehabilitasi menjadi lebih lama dan harus menunggu antrian untuk melakukan rehabilitasi. Pergerakan dari kaki robot manipulator akan didasarkan dari pergerakan kaki manusia dengan membaca sinyal *electromyography* (EMG) yang dihasilkan dari otot kaki melalui elektroda. Lalu digunakan filter eksponensial untuk meredam noise dari sinyal EMG. Setelah di filter sinyal yang didapat akan di klasifikasikan menggunakan klasifikasi *decision tree*. lalu digunakanlah servo AX-12A untuk menggerakkan kaki robot manipulatoryang memiliki 4 sebagai derajat kebebasan. Hasil dari klasifikasi *decision tree* memiliki nilai amplitudo pada masing-masing gerakan, yang diantaranya 0V sampai 1,995V sebagai gerakan jongkok dengan sudut 45⁰; 1,995V sampai 2,985V sebagai gerakan duduk dengan sudut 90⁰; 2,985V sampai 5V sebagai gerakan berdiri dengan sudut 180⁰. Hasil pengujian yang didapat menentukan gerakan dari robot kaki memiliki akurasi sebesar 70,667% untuk total rata-rata akurasi. Subjek yang digunakan berjumlah 10 dengan 5 kali gerakan pada masing-masing sudut.

Kata kunci: *Decision tree*, *Electromyography*, Filter eksponensial, Robot manipulator

Abstract

Technological developments in the medical field have developed rapidly, one example is the manipulator robot. For example, in some cases there are people suffering from stroke who have difficulty moving their limbs. Due to the limited number of rehabilitators, the rehabilitation process took longer and they had to wait in line to carry out rehabilitation. The movement of the robotic manipulator's leg will be based on the movement of the human leg by reading electromyography (EMG) signals generated from the leg muscles through the electrodes. Then an exponential filter is used to reduce the noise from the EMG signal. After filtering the signal obtained will be classified using a decision tree classification. Then the AX-12A servo is used to move the legs of the manipulator robot which has 4 degrees of freedom. The results of the decision tree classification have amplitude values for each movement, which include 0V to 1.995V as a squatting movement with an angle of 45⁰; 1.995V to 2.985V as a 90⁰ seated motion; 2.985V to 5V as a standing movement with an angle of 180⁰. The test results obtained determine the movement of the leg robot has an accuracy of 70.667% for the total average accuracy. The subjects used were 10 with 5 movements at each angle.

Keywords: *Decision tree*, *Electromyography*, *Exponential filter*, *Robot manipulator*

1. PENDAHULUAN

Robot manipulator telah berkembang dengan pesat pada berbagai bidang. Pada bidang medis robot manipulator digunakan sebagai operasi bedah. Robot manipulator ini digunakan oleh dokter untuk melakukan operasi pembedahan dari jarak yang jauh jika kondisi

dari pasien harus melakukan operasi tetapi tidak ada dokter bedah yang berada di rumah sakit atau dokter bedah yang berada di rumahsakit tersebut sedang sibuk. Selain itu robot manipulator juga dapat digunakan sebagai alat rehabilitasi pada anggota tubuh manusia. Contoh penyakit yang diderita oleh pasien berupa stroke, selain menyebabkan kematian stroke juga dapat

mengalami gangguan sel motorik. Semua pasien yang mengalami gangguan sel motorik akan menjadi bergantung pada bantuan orang lain dalam menjalankan aktivitasnya, seperti makan, minum dan sebagainya. Serangan stroke yang yang diderita juga akan membawa kelainan neurologis seperti berkurangnya kemampuan motorik anggota tubuh dan otot, kognitif, visual dan koordinasi secara signifikan. Proses terapi membutuhkan bantuan orang lain agar proses rehabilitasi berjalan dengan baik, akan tetapi dikarenakan keterbatasan orang proses melakukan rehabilitasi menjadi lama. Salah satu teknologi yang digunakan dalam proses rehabilitasi ini adalah robot. Robot dianggap sebagai salah satu solusi yang paling menjanjikan dalam bidang rehabilitasi pada kondisi tersebut (Barri, 2017). Robot manipulator akan berbentuk seperti alat penopang kaki manusia untuk mengatasi anggota tubuh pada bagian kaki. Pasien akan diletakkan ditempat ke tempat duduk di dekat kaki robot. Kemudian kaki robot akan dipasang ke bagian kaki pasien yang akan melakukan rehabilitasi, setelah semua pasien telah memakai kaki robot rehabilitator akan memasang sebuah sensor ke kaki sebagai *input* untuk menggerakkan kaki robot. Setelah semua telah terpasang robot dapat dinyalakan dan rehabilitator dapat memulai sesi rehabilitasi pada pasien, kaki robot akan bergerak menyerupai gerakan dari kaki rehabilitator agar gerakan kaki pasien dapat bergerak untuk melakukan proses rehabilitasi. Hal ini dilakukan agar pasien dapat melakukan rehabilitasi dengan pasien lainnya dalam waktu yang bersamaan, mempersingkat waktu proses rehabilitasi, dan memperingan tugas rehabilitator.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Hanifa Nur Halimah (Halimah, 2020). Mengimplementasi kontrol robot manipulator menggunakan sinyal dari alat SEMG. Penelitian ini menghasilkan sebuah robot manipulator yang menyerupai lengan manusia yang dapat dikontrol menggunakan EMG yang dipasang di otot bisep dengan sensor myoware. Metode yang digunakan berupa if else. Sinyal EMG akan di filter *eksponensial* agar sinyal lebih halus. Kemudian servo AX-12A yang digerakkan berjumlah 1 buah yang digerakkan melalui arduino nano. Perbedaan Penelitian yang dilakukan kali ini akan membuat robot manipulator berbentuk kaki. Lalu peletakkan sensor berada di otot *vastus medialis oblique* (VMO) yang berada pada bagian paha. Servo

yang digerakkan berjumlah 3 buah servo AX-12A. Terakhir mikrokontroler yang digunakan menggunakan arduino uno karena jumlah penyimpanan yang dimiliki jauh lebih banyak dari arduino nano.

Pada penelitian milik W. Widhiada (Widhiada, 2021). Pergerakan kaki menggunakan 1 buah motor DC dengan gerak sebesar $0^{\circ} - 60^{\circ}$ dan juga sebaliknya. Pada penelitian kali ini akan menggunakan servo AX-12A dengan posisi jongkok dengan merepresentasikan sudut 45° , duduk dengan merepresentasikan sudut 90° , dan berdiri dengan merepresentasikan sudut 180° .

Penelitian milik Wen Tao (Tao, 2015). Peletakkan elektroda berada pada 16 posisi yang berada pada kedua kaki pada pasien anak-anak dengan cerebral palsy (CP), anak-anak dengan perkembangan tipikal (TD) dan orang dewasa yang sehat. Kali ini peneliti akan menaruh elektroda pada 1 posisi di kaki.

2. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Pada subbab ini akan membahas tentang perancangan dan implementasi yang diantaranya peletakan elektroda, prototype, perangkat keras dan perangkat lunak.

2.1 Perancangan Peletakan Sensor

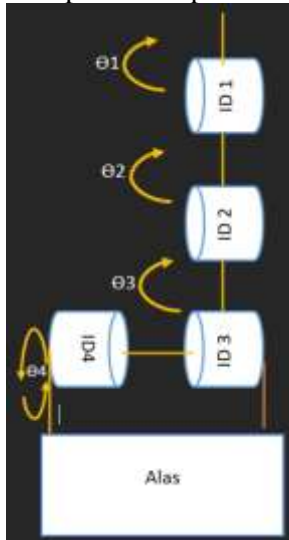
Elektroda akan dipasang dengan sensor myoware. Peletakan sensor myoware akan mempengaruhi hasil pengambilan sinyal karena elektroda harus ditempelkan pada bagian otot VMO bagian kaki kanan. Peletakan elektroda ada pada Gambar 1.



Gambar 1. Peletakan Elektroda dan Sensor Otot Kaki

2.2 Perancangan Prototype Robot Manipulator

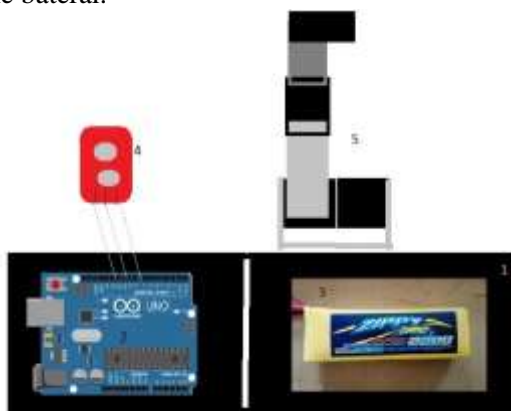
Pada robot manipulator berbentuk kaki terdiri dari robot manipulator yang memiliki 4 derajat kebebasan. Derajat kebebasan merupakan arah gerakan dari servo yang digerakkan. Gerakan dari servo ID1 sampai ID3 bergerak dengan sendi engsel, dan servo ID4 bergerak dengan sendi putar. Gambaran dari gerakan servo dapat dilihat pada Gambar 2.



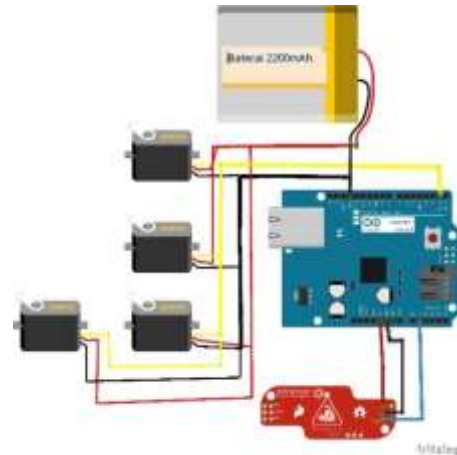
Gambar 2. Arah Gerakan Servo

2.3 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras membutuhkan perangkat sensor myoware, elektroda, arduino UNO, baterai, servo AX-12A dan kabel. Sensor myoware memiliki pin signal, v+, v-; yang masing masing akan diletakkan pada pin arduino analog read (A1), 5v, dan ground. Servo AX-12A pin data, dan ground terhubung pada pin arduino TX, ground; dan pin servo daya dan ground lainnya akan terhubung ke baterai.



Gambar 3. Prototype Robot Kaki



Gambar 4. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras yang diperlukan dapat dilihat pada Gambar 4 yang diantaranya:

1. 1 buah arduino UNO.
2. 1 buah sensor myoware.
3. 1 buah baterai 12V.
4. 4 buah servo AX-12A.

2.4 Perancangan Filter Eksponensial

Perangkat lunak, seperti Matlab, digunakan dalam filter eksponensial. Untuk mengurangi noise, filter ini adalah filter rekursif linier. Rumus rekursif yang dikenal sebagai relasi rekursi adalah salah satu di mana satu atau lebih bagian sebelumnya dapat digunakan untuk menentukan setiap bagian dari suatu urutan. Filter eksponensial diperlukan karena nilai amplitudo sinyal EMG masih dipengaruhi oleh noise. Persamaan 1 menggambarkan persamaan eksponensial.

$$Y = w * x_n + ((1-w) * y_{n-1}) \tag{1}$$

2.5 Perancangan Keseluruhan Sistem

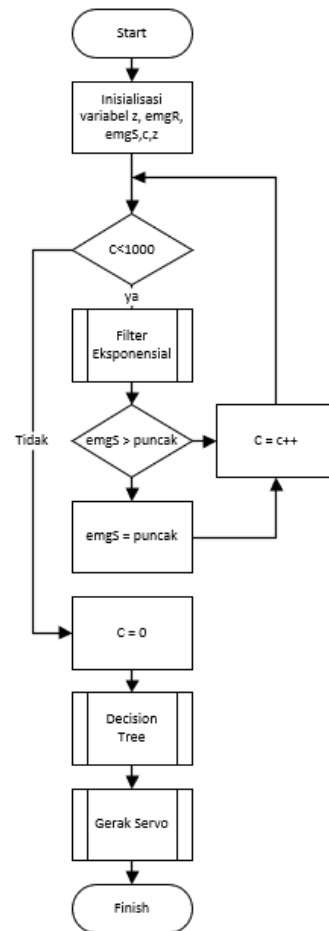
Perancangan sistem utama bertujuan untuk membuat sistem dapat menjalankan alat secara keseluruhan dengan lancar. Gambar 5 menunjukkan diagram dari sistem. Sinyal EMG akan diambil melalui sensor myoware, kemudian akan diproses pada arduino UNO, dan terakhir akan hasil output berupa gerakan servo pada robot manipulator kaki. Flowchart keseluruhan sistem dapat dilihat pada Gambar 6. Variabel "Z", "emgS", "puncak", dan "c" akan diinisialisasi terlebih dahulu oleh sistem. Data untuk membedakan bukit sinyal EMG dari satu sama lain membentuk variabel "Z". Sebuah bukit akan muncul dengan setiap gerakan, dan jika

tidak bergerak, akan mengembalikan nilai tetap antara 0 dan 1.995. Nilai ambang pada gerakan 45 derajat berfungsi sebagai sumber nilai ini. Berbagai kegunaan variabel data "Z" adalah sebagai berikut: "Z0" digunakan untuk membaca nilai sudut; "Z1" digunakan untuk mencari nilai tetap; dan "Z2" digunakan untuk menemukan nilai reset. Nilai untuk menemukan nilai puncak yang memenuhi kondisi variabel "Z" berikutnya adalah Z1-baca" dan Z2-baca."



Gambar 5 Blok Diagram Sistem

Gambar 6 menjelaskan bahwa pada parameter "c" menyimpan jumlah data sinyal EMG yang diambil. Sinyal yang masuk akan filter eksponensial untuk memperhalus sinyal EMG dalam bentuk nilai parameter emgS, kemudian nilai parameter puncak akan menyamakan nilai ke emgS jika nilai emgS lebih besar dari puncak. Data akan dicari sampai jumlah data "c" berjumlah 1000 data, jumlah data akan Kembali menjadi 0. Setelah nilai puncak telah ditentukan, selanjutnya akan masuk ke klasifikasi *decision tree* untuk menentukan gerakan servo yang telah ditentukan. Penentuan *decision tree* menggunakan bantuan aplikasi lainnya. Sistem akan terus berjalan hingga pengguna mematikan alat secara manual.



Gambar 6. Diagram Alur Semua Sistem

2.6 Perancangan Penentuan Jenis Gerak Kaki Robot

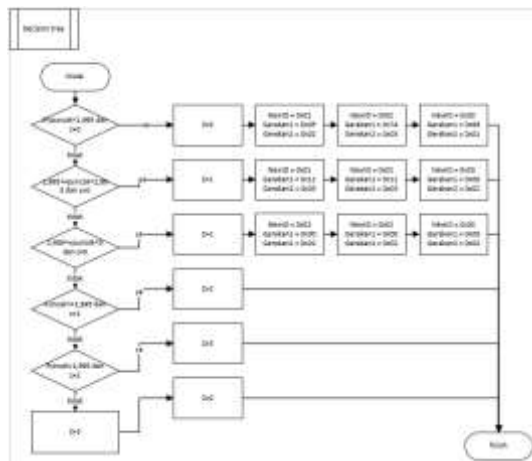
Kontrol gerak kaki robot di gerakkan melalui arduino uno. Melalui pin TX arduino uno dapat memberi perintah ke servo AX-12A. Penggunaan baudrate yang digunakan berjumlah 1.000.000 bps agar servo dapat berjalan dengan baik. Perintah keterangan gerak servo ada pada tabel. Servo AX-12A memiliki nilai putar sebesar 0-300 derajat dan memiliki nilai kelintian sebesar 0,29⁰/adc. Nilai adc diubah kenilai heksadesimal 4 byte. gerakan dan sudut awal setiap servo berbeda-beda dikarenakan posisi dan peletakan servo pada kerangka bionic robot berbeda-beda. Gambar 7 menunjukkan alur dari *decision tree* yang menunjukkan gerakan dari masing servo.

Tabel 1 Nilai Treshold

Derajat	Batas atas (v)	Batas bawah (v)
45 ⁰	1,995V	0V
90 ⁰	2,985V	1,995V
180 ⁰	5V	2,985V

Tabel 2 Data Pengirim Servo

FF	Identifikasi <i>byte</i> pada paket data
FF	Identifikasi <i>byte</i> pada paket data
01	Nomor ID servo
05	Panjang parameter (2 parameter + 3)
03	Untuk perintah <i>write data</i>
1E	Untuk perintah alamat <i>goal position</i>
00	2 LSB (derajat diinginkan dalam heksa)
02	2 MLB (derajat diinginkan dalam heksa)
<i>Not checksum</i>	Untuk menghasilkan nilai <i>byte</i> FF agar paket yang diterima akan dikirim jika sesuai.



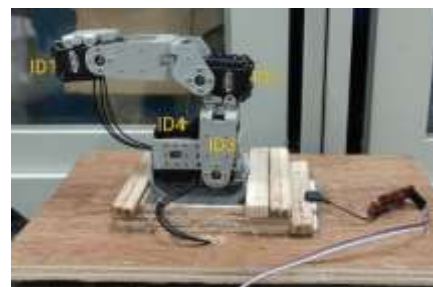
Gambar 7 Diagram Alur *Decision Tree*

Tabel 3 Nilai Sudut Setiap Servo

Posisi	ID servo	Sudut servo	ADC	Heksa
Jongkok	1	215	735	2DF
	2	260	890	37A
	3	105	735	168
Duduk	1	230	785	311
	2	230	785	311
	3	150	512	200
Berdiri	1	150	512	200
	2	150	512	200
	3	150	512	200



Gambar 8 Implementasi Peletakan Elektroda dan Sensor



Gambar 9 Implementasi Prototype Robot Kaki Manipulator



Gambar 10 Implementasi Perangkat Keras

2.7 Implementasi Sistem

Implementasi sistem perancangan telah dibuat. Gambar 8 adalah peletakan dari posisi elektroda dan sensor pada otot OVM. Untuk Gambar 9 merupakan bentuk dari robot kaki dan juga letak dari setiap servo yang ada, Gambar 2 dan Gambar 3 merupakan bentuk dasar dari kaki robot kaki manipulator.

Penjelasan keterangan pada Gambar 10 komponen-komponen yang diperlukan untuk pembuatan alat perangkat keras. Berikut ini keterangan dari komponen yang ada:

1. Arduino UNO.
2. Sensor myoware.
3. Baterai 12 volt.
4. Kabel penghubung Arduino, robot kaki, dan baterai.
5. Kotak berisi komponen.

6. Robot kaki manipulator.

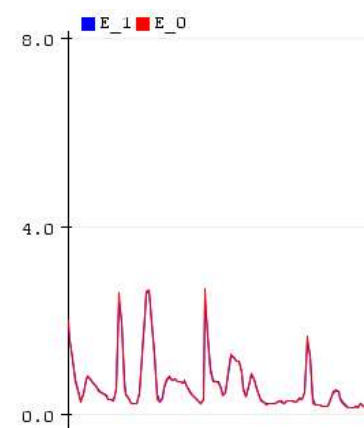
Implementasi perangkat lunak ada pada alur Gambar 6. Pada alur dijalankan dengan program arduino IDE. Program dijalankan antara lain pengambilan sinyal EMG, filter eksponensial, klasifikasi decision tree, dan gerak pada servo AX-12A agar menggerakkan robot kaki manipulator dengan bantuan gerakan kaki otot manusia.

3. PENGUJIAN DAN ANALISIS

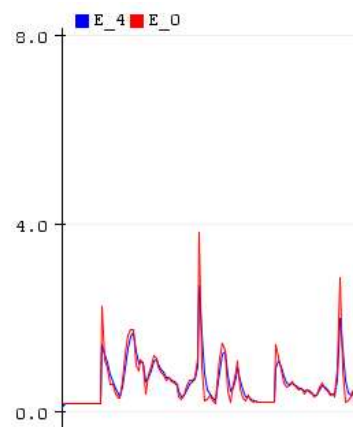
Untuk pembahasan pengujian dan analisis dari penelitian yang dibuat akan membahas pengujian filter eksponensial, pengujian akurasi gerak kaki manusia pada kaki robot, dan pengujian waktu komputasi.

3.1 Pengujian Filter Eksponensial

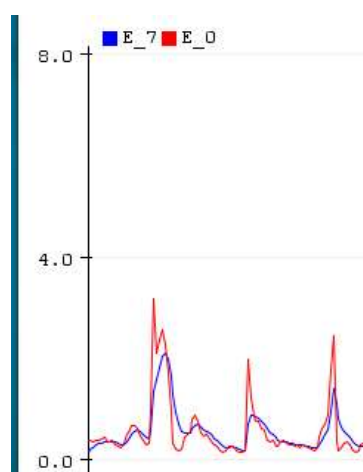
Pengujian filter eksponensial memakai nilai bobot sebesar 0; 0,1; 0,4; dan 0,7. Nilai tersebut diambil karena untuk mewakili nilai dari yang paling tinggi, sedang, dan terendah. Gambar 11 sampai 13 merupakan hasil dari percobaan filter pada masing-masing nilai bobot. Akurasi dari nilai bobot 0 memiliki nilai 71,7%; nilai bobot 0,1 memiliki nilai 58,3%; nilai bobot 0,4 memiliki nilai 90%; dan nilai bobot 0,7 memiliki nilai 70%. Nilai bobot yang paling akurat dari percobaan yang dijalankan 0,4 memiliki nilai akurasi yang paling tinggi.



Gambar 11 Filter Nilai Bobot 0,1



Gambar 12 Filter Nilai Bobot 0,4



Gambar 13 Filter Nilai Bobot 0,7

3.2 Pengujian Akurasi Gerakan Kaki Manusia Pada Kaki Robot

Pengujian gerakan kaki manusia pada kaki robot diuji oleh 10 subjek yang diantaranya 7 laki-laki dan 3 perempuan. Nilai batasan setiap gerakan ada pada Tabel 1 dengan nilai batas atas dan batas bawah. Akurasi dari setiap gerakan menunjukkan persentase jongkok sebesar 92%, duduk sebesar 52%, berdiri sebesar 68%, dan hasil rata-rata dari semua gerakan menunjukkan hasil sebesar 70,667%. Tabel menunjukkan nilai akurasi pada masing-masing gerakan. Banyak faktor yang dapat mempengaruhi pengambilan data. Akurasi sistem dalam mengambil data telah sesuai, akan tetapi masih terdapat kesalahan dalam melakukan akuisisi data.

Tabel 4 Akurasi Gerakan Kaki Manusia pada Gerak Kaki Robot

Subjek	Akurasi		
	45 derajat	90 derajat	180 derajat
1	100%	40%	80%

2	80%	40%	80%
3	100%	60%	80%
4	100%	40%	60%
5	100%	40%	40%
6	100%	60%	60%
7	80%	60%	100%
8	60%	60%	60%
9	100%	40%	60%
10	100%	80%	60%
Total	92%	52%	68%
Total Semua	70,667%		

Tabel 5. Waktu Komputasi Sistem

Sudut	z0 (s)	z1 (s)		z2 (s)	
		baca	tetap	baca	reset
45	1,2974 67	-	-	-	-
90	1,2841 33	0,6652	1,15 4	0,914 733	1,194 067
180	1,2909 33	0,8181 33	1,16 72	0,665, 2	1,154 067
Rata-rata	1,2908 44	0,7416 67	1,16 06	0,914 733	1,174 067

3.3 Pengujian Waktu Komputasi

Waktu komputasi dapat menunjukkan hasil rata-rata dari “z0”, “z1-baca”, “z1-tetap”, “z2-baca”, “z2-reset” dari semua gerakan otot kaki menghasilkan nilai rata-rata sebesar 1,290844s; 0,741667s; 1,1606s; 0,914733s; 1,174067s. Nilai rata-rata dari semua waktu komputasi dari nilai z sebesar 1,056382257s. Untuk sudut 45 hanya menghasilkan waktu komputasi “z0” karena sudut 45 karena kondisi awal dari semua gerakan. Rata-rata nilai “z” hampir sama kecuali pada bagian “z1-baca” dan “z2-baca” dikarenakan kondisi dari setiap orang berbeda sehingga waktu pengambilan juga berbeda.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian yang didapat menunjukkan hasil dari sistem robot kaki manipulator. Penelitian ini menggunakan pad elektroda dan sensor myoware untuk membaca hasil sinyal EMG yang ada pada kaki manusia bagian otot VMO. Hasil pengambilan sinyal EMG akan diproses di Arduino UNO. Kemudian sinyal EMG akan di filter menggunakan filter eksponensial dengan tujuan meredam *noise* dari sinyal yang didapat. Penggunaan filter eksponensial menggunakan nilai bobot 0,4

dikarenakan akurasi yang didapat sebesar 90%. Setelah di filter, sinyal akan masuk ke proses pengklasifikasian dengan tujuan menentukan gerak dari kaki robot manipulator berdasarkan nilai dari batas atas dan batas bawah sinyal EMG. Percobaan pengambilan data gerakan kaki manusia pada gerakan kaki robot mendapatkan hasil akurasi sebesar 70,667% pada semua gerakan dan rata-rata waktu komputasi yang didapat sebesar 1,056382257s.

Pada pengambilan otot kaki terdapat faktor yang dapat mempengaruhi pengambilan sinyal EMG. Faktor tersebut ialah berat badan, tinggi badan, sentuhan dan getaran pada sensor dan kaki, kondisi kaki, gerakan kaki, jenis kelamin, dan kegiatan sehari-hari. Saat kaki robot melakukan pergerakan sebaiknya dilakukan secara beberapakali lalu di *compile* lagi agar tidak ada kesalahan dalam pergerakan robot. Program perintah servo masih bisa dikembangkan lagi agar tidak ada kesalahan. Penggunaa filter dan klasifikasi dapat menggunakan metode yang berbeda sehingga akurasi yang didapatkan bisa lebih tinggi dan juga waktu untuk komputasi masih bisa lebih cepat lagi.

5. DAFTAR PUSTAKA

Barri, M. H., 2017. Desain dan Kontrol Posisi dari Arm Manipulator Robot Sebagai Alat Rehabilitasi Pasien Pasca Stroke. *J.Oto.Ktrl.Inst (J.Auto.Ctrl.Inst)*, 9(2), pp. 2085-2517.

Halimah, H. N., 2020. Kontrol Robot Manipulator Berdasarkan Pergerakan Lengan Manusia. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, Volume 4, pp. 1866-1874.

IRWANTO, E. R. K. A. F. M. L. S. O., 2010. *ANALISIS SITUASI PENYANDANG DISABILITAS DI INDONESIA: SEBUAH DESK-REVIEW*, Jakarta: Australian Government (AusAID).

McManus, L., 2020. Analysis and Biophysics of Surface EMG for Physiotherapists and Kinesiologists: Toward a Common Language With Rehabilitation Engineers. *Frontiers in Neurology*, 11(576729), pp. 1-25.

Tao, W., 2015. Multi-scale complexity analysis of muscle coactivation during gait in

children with cerebral palsy. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9(367).

Widhiada, W., 2021. HYBRID CONTROL SYSTEM IN BIONIC LEG USING MYOWARE SENSOR. *JOURNAL OF SOUTHWEST JIAOTONG UNIVERSITY*, 56(4), pp. 104-116.

Yassine Bouteraaa, Y. B. J. G., 2018. Task-space region-reaching control for medical robot manipulator. *Computers and Electrical Engineering*, Volume 67, p. 629–645.