

**PERGERAKAN JARI TANGAN PROSTETIK MENGGUNAKAN
AKTUATOR *MUSCLE WIRE* DENGAN
*INPUT VOICE COMMAND***

Disusun Oleh :

Nama : Linda

NRP : 0922047

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha,
Jl. Prof.Drg.Suria Sumantri, MPH no.65, Bandung, Indonesia.

Email : ong.linda@hotmail.com

ABSTRAK

Dewasa ini, perkembangan teknologi robotika terutama dalam pergerakan robot dibuat sehalus mungkin menyerupai pergerakan pada manusia terutama pada bagian jari tangan robot. *Muscle Wire* yang memiliki prinsip kerja seperti otot pada manusia dapat menggantikan motor servo yang pergerakannya kaku. Pada pengembangan kedepannya, jari tangan prostetik yang digerakkan oleh *muscle wire* dapat digunakan oleh penyandang tuna daksa (*club-hand*).

Adapun, penelitian tugas akhir ini dibatasi pada pergerakan lima jari tangan yang menampilkan banyaknya jari satu sampai lima yang akan diperintah oleh suara menggunakan modul Vrobot. Selain itu, sistem kontrol pada jari tangan prostetik menggunakan sistem loop terbuka. *Muscle wire* yang terhubung pada setiap jari akan dialiri arus listrik keluaran pin PWM Arduino Severino yang diperkuat menggunakan Transistor BJT 2N2222A. Selain itu, prinsip mekanisme tuas diperlukan untuk memperbesar simpangan tarikan pada jari tangan prostetik karena maksimum kontraksi *muscle wire* hanya 8% dari total panjangnya. Metoda yang akan digunakan adalah Metoda Penelitian Eksperimen.

Berdasarkan data yang diambil, arus daerah kerja maksimum rata-rata *muscle wire* yang terpasang pada mekanisme tuas adalah 311 mA dengan respon waktu pergerakan jari 30.8s. Respon waktu ini tidak cukup cepat sehingga *muscle wire* perlu dialiri arus maksimum lalu dialiri arus daerah kerja agar umur pemakaian *muscle wire* lebih panjang. Gaya maksimum jari rata-rata yang dihasilkan adalah 0.314N. Selain itu, persentase keberhasilan modul Vrobot dalam mendeteksi suara dalam kebisingan 38-43dB lebih tinggi dibandingkan dalam kebisingan 50-58dB dengan perbedaan 11%. Pergerakan Jari Tangan Prostetik menggunakan aktuator *muscle wire* dengan *Input Voice Command* berhasil direalisasikan dengan bantuan mekanisme tuas dan modul Vrobot sebagai pendeteksi suara.

Kata Kunci: Arduino, Jari Tangan Prostetik, Mekanisme Tuas, Modul Vrobot, *Muscle Wire*

THE MOVEMENT OF HAND'S FINGERS PROSTHETIC USING MUSCLE WIRE ACTUATOR WITH VOICE COMMAND INPUT

Composed By :

Name : Linda

NRP : 0922047

Department of Electrical Engineering, Maranatha Christian University,
Jl. Prof.Drg.Suria Sumantri, MPH no.65, Bandung, Indonesia.

Email : ong.linda@hotmail.com

ABSTRACT

Nowadays as robotic technology developed, particularly in the movement of robot is being made as real as humans' such as hand' fingers movement. Thus, *muscle wire* which has similar working principle to human's muscle could be used to replace motor servo which has rigid movement. Therefore, for further development of this final project, hand's finger prosthetics using muscle wire could be applied for disabled people (club-hand).

The movement of hand's fingers prosthetic prototype in this final project is strictly prohibited to display fingers of one to five which is commanded by voice using VRbot module. Moreover, system control of hand's finger prosthetic is done using open loop control system. Muscle wires which are connected indirectly to each finger are going to be supplied by current from PWM pin of Arduino Severino. Transistor BJT 2N2222A is used as current driver. Furthermore, as maximum contraction of muscle wire is only 8% of its length, principle of lever mechanism is required. Experimental Research methodology is used in this final project .

Based on the result of data and analysis, maximum current active region of muscle wire which is integrated with lever mechanism is 311 mA and its time response is 30.8s. Time response could be fastened by supplying maximum current to the muscle wire, followed by supplying active region current, which will prevent muscle wire from damaging. Average maximum strength of hand's finger prosthetics prototype is 0.314N. Additionally, the successful percentage of VRbot module in detecting voice is in level noise of 38-43dB yield 11% higher compared to 50-58dB. As a result, the movement of Hand's finger prosthetics prototype in this final project has been successfully realized with the aid of lever mechanism and Vrbot module as voice-recognition.

Key words : Arduino, Lever Mechanism, *Muscle Wire*, Hand's fingers prosthetic, VRbot Module

DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR PENGESAHAN

PERNYATAAN ORISINALITAS LAPORAN PENELITIAN

PERNYATAAN PUBLIKASI LAPORAN TUGAS AKHIR

KATA PENGANTAR

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Spesifikasi Alat	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3

BAB 2 DASAR TEORI

2.1 Jari Tangan.....	5
2.1.1 Struktur Tulang Jari Tangan.....	5
2.1.2 Pergerakan dan Persendian Jari Tangan.....	6
2.2 Pencetak Tiga Dimensi (<i>Printer 3D</i>)	9
2.3 Modul VRbot (<i>Voice-Recognition</i>).....	9
2.3.1 Dimensi Fisik dan Fungsi Pin pada VRbot	11

2.3.2 Komunikasi Serial.....	13
2.4 <i>Muscle Wire</i>	14
2.4.1 Cara Kerja <i>Muscle Wire</i>	14
2.4.2 Karakteristik <i>Muscle Wire</i>	16
2.4.3 Penyambungan <i>Muscle Wire</i>	21
2.4.4 Rangkaian untuk <i>Muscle Wire</i>	22
2.4.5 Mekanisme untuk <i>Muscle Wire</i>	23
2.5 Arduino	25
2.5.1 ATmega 328P.....	29
2.5.2 Arduino <i>Integrated Development Environment</i>	30
2.6 Transistor 2N2222A (<i>Driver Arus Muscle Wire</i>)	31

BAB 3 PERANCANGAN DAN REALISASI

3.1 Diagram Blok Sistem Kontrol Jari Tangan Prostetik.....	33
3.2 Koneksi VRbot pada Arduino.....	34
3.3 Rangkaian Penguat Arus untuk <i>Muscle Wire</i>	37
3.4 Desain <i>Plant</i>	41
3.4.1 Desain Struktur Jari Tangan.....	41
3.4.2 Desain Mekanisme Tuas	46
3.5 Algoritma Pemrograman Jari Tangan	49
3.5.1 Sub Program VRbot	50
3.5.2 Sub Program <i>Trigger_Word</i>	51
3.5.3 Sub Program Jari Tangan	52
3.6 Realisasi Perancangan.....	56
a. Rangkaian Penguat Arus	57
b. Jari Tangan Prostetik dengan Golden Ratio.....	57
c. Mekanisme Tuas.....	58

BAB 4 DATA DAN ANALISIS

4.1 Mekanisme Tuas	59
4.1.1 Data Pengamatan Mekanisme Tuas	60
4.1.2 Analisa Mekanisme Tuas	60
a. Ibu_Jari	60
b. Jari_Telunjuk.....	63
c. Jari_Tengah.....	63
d. Jari_Manis	63
e. Jari_Kelingking.....	64
4.2 Respon Waktu Jari Tangan Prostetik	64
4.3 Kekuatan Jari Tangan Prostetik	68
4.4 Pergerakan Masing-Masing Jari Tangan Prostetik	69
4.4 Keberhasilan VRbot Mendeteksi Suara.....	72

BAB 5 SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan	75
5.2 Saran.....	76

DAFTAR PUSTAKA	77
-----------------------------	-----------

Lampiran A - *Command* dan *Status* kode ASCII VRbot

Lampiran B - Data Mekanisme Tuas

Lampiran C - Program Pergerakan Jari Tangan Prostetik

Lampiran D - Hasil Pergerakan Jari Tangan Prostetik (Foto)

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Ruas Jari Tangan	2
Gambar 1.2 Pergerakan Jari Tangan	2
Gambar 2.1 Struktur Tulang Jari Tangan Manusia.....	5
Gambar 2.2 Otot, Tendon dan Ligamen	6
Gambar 2.3 Pergerakan Tangan	7
Gambar 2.4 Gerakan yang melibatkan <i>flexion</i> dan <i>extension</i> MCP dan PIP	8
Gambar 2.5 Macam-macam pergerakan pegangan tangan	9
Gambar 2.6 <i>Printer</i> 3D	9
Gambar 2.7 Contoh Hasil 3D dengan kombinasi warna.....	10
Gambar 2.8a Dimensi Fisik VRbot.....	11
Gambar 2.8b Fungsi pin.....	11
Gambar 2.9 Koneksi VRbot ke Host	13
Gambar 2.10 Mekanisme dari <i>Shape Memory Effect</i> (SME)	15
Gambar 2.11 Grafik Panjang <i>Muscle wire</i> terhadap Suhu	16
Gambar 2.12 Reaksi <i>Muscle wire</i>	18
Gambar 2.13 Struktur <i>Muscle wire</i> yang berkaitan dengan panjang dan diameter kawat	19
Gambar 2.14 Metoda penjepitan menggunakan konektor pada ujung kawat dengan <i>loop back</i>	22
Gambar 2.15 Rangkaian Kontrol	22
Gambar 2.16 Rangkaian <i>Driver</i>	23
Gambar 2.17 Gaya pegas /karet dengan grafik gaya terhadap jarak	24
Gambar 2.18 <i>Board</i> Arduino Severino	25
Gambar 2.19 Bagian-Bagian pada <i>board</i> Arduino.....	26
Gambar 2.20 Diagram Blok Sederhana ATmega 328.....	29
Gambar 2.21 Tampilan <i>Software</i> IDE Arduino 0023 (“ <i>sketch</i> ”).....	30
Gambar 2.22 Konfigurasi kaki Transistor 2N2222A.....	31

Gambar 2.23	Grafik h_{FE} terhadap I_C	32
Gambar 2.24	Grafik V_{CE} terhadap I_B	32
Gambar 3.1	Diagram Blok Sistem Kontrol Jari Tangan Loop Terbuka	33
Gambar 3.2	<i>Bridge Mode</i>	34
Gambar 3.3	<i>Adapter Mode</i>	35
Gambar 3.4	Tampilan EasyVR GUI 2.1.7.....	36
Gambar 3.5	Skematik Rangkaian Penguat Arus dan Indikator pada <i>Software Eagle 5.10.0</i>	37
Gambar 3.6	Rangkaian Penguat untuk salah satu <i>muscle wire</i>	39
Gambar 3.7	a. Garis Segmen dalam <i>Golden Ratio</i>	41
	b. Persegi panjang dalam <i>Golden Ratio</i>	41
Gambar 3.8	Desain jari tangan tampak depan (kiri) dan tampak belakang (kanan) menggunakan AutoCAD	42
Gambar 3.9	Jari Tangan dalam <i>Golden Ratio</i> menggunakan Fibonacci	43
Gambar 3.10	Desain Mekanisme Tuas.....	46
Gambar 3.11	Ukuran Tuas dari Mekanisme Tuas.....	47
Gambar 3.12	Sudut Tuas dengan Gerak Melingkar	48
Gambar 3.13	<i>Flowchart</i> Program Utama	50
Gambar 3.14	<i>Flowchart</i> VRbot (prosedur <i>wake-up</i>).....	51
Gambar 3.15	<i>Flowchart Trigger_word</i>	51
Gambar 3.16	<i>Flowchart</i> Jari_Tangan.....	52
Gambar 3.17	Grafik Hubungan Sudut terhadap Nilai <i>Duty Cycle</i> pin PWM saat pemanasan <i>muscle wire</i> (ibu_jari).....	53
Gambar 3.18	Grafik Hubungan Sudut terhadap Nilai <i>Duty Cycle</i> pin PWM saat pemanasan <i>muscle wire</i> (jari_telunjuk).....	54
Gambar 3.19	Grafik Hubungan Sudut terhadap Nilai <i>Duty Cycle</i> pin PWM saat pemanasan <i>muscle wire</i> (jari_tengah)	54
Gambar 3.20	Grafik Hubungan Sudut terhadap Nilai <i>Duty Cycle</i> pin PWM saat pemanasan <i>muscle wire</i> (jari_manis)	54
Gambar 3.21	Grafik Hubungan Sudut terhadap Nilai <i>Duty Cycle</i> pin PWM saat	

pemanasan <i>muscle wire</i> (jari_kelingking).....	55
Gambar 3.22 <i>Flowchart</i> Sub Program Mengaktifkan <i>Muscle wire</i>	55
Gambar 3.23 Skema Perancangan Keseluruhan	56
Gambar 3.24 Rangkaian Penguat Arus	57
Gambar 3.25 Jari Tangan Tanpa dan Dengan Sarung Tangan Karet.....	57
Gambar 3.26 Mekanisme Tuas yang Sudah Terintegrasi dengan Jari Tangan Prostetik.....	58
Gambar 4.1 Pengambilan data mekanisme tuas (sudut terhadap nilai <i>duty cycle</i> pin PWM).....	59
Gambar 4.2 Grafik hubungan arus terhadap nilai <i>duty cycle</i> pin PWM (ibu_jari)	60
Gambar 4.3 Grafik arus terhadap nilai <i>duty cycle</i> pin PWM menggunakan pendekatan regresi linier (ibu_jari).....	61
Gambar 4.4 Grafik hubungan sudut terhadap nilai <i>duty cycle</i> pin PWM saat pendinginan (ibu_jari).....	62
Gambar 4.5 Grafik hubungan sudut terhadap nilai <i>duty cycle</i> pin PWM saat dipanaskan dan didinginkan (ibu_jari).....	62
Gambar 4.6 Algoritma Sub Program Pergerakan Jari Tangan dengan memberi arus besar pada <i>muscle wire</i> lalu dialiri arus daerah kerja maksimum.....	67
Gambar 4.7 Cara pengukuran besar gaya Jari Tangan Menggunakan <i>Force Gauge</i>	68
Gambar 4.8 Posisi awal jari tangan prostetik sebelum <i>muscle wire</i> dialiri arus..	69
Gambar 4.9 Pergerakan menekuk setiap jari ketika diberikan nilai <i>duty cycle</i> pin PWM dalam daerah kerja maksimum <i>muscle wire</i>	70
Gambar 4.10 Grafik sudut terhadap nilai <i>duty cycle</i> pada rentang 105 sampai 150 yang merupakan daerah kerja linier <i>muscle wire</i> (ibu_jari).....	71

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Rentang pergerakan jari telunjuk	8
Tabel 2.2 Fungsi J1 dan J3 pada modul VRbot.....	12
Tabel 2.3 Kondisi Operasi VRbot yang Disarankan	12
Tabel 2.4 <i>Power Supply</i> VRbot yang diperlukan	12
Tabel 2.5 Karakteristik <i>Muscle Wire</i>	17
Tabel 2.6 Fungsi Setiap Pin pada <i>Board</i> Arduino.....	26
Tabel 2.7 Penjelasan Diagram Blok Sederhana ATmega 328	29
Tabel 2.8 Karakteristik pada saat Transistor 2N2222A bekerja	32
Tabel 3.1 Ukuran ruas jari tangan	42
Tabel 3.2 Ukuran Ruas <i>Distal</i>	44
Tabel 3.3 Ukuran jari tangan prostetik menggunakan <i>Golden Ratio</i>	45
Tabel 3.4 Nilai <i>duty cycle</i> pin PWM yang digunakan.....	56
Tabel 4.1 Hasil Perhitungan arus yang mengalir ke <i>muscle wire</i> dengan menggunakan nilai <i>duty cycle</i> pin PWM yang sudah ditentukan dalam Bab 3.....	64
Tabel 4.2 Respon Waktu Daerah Kerja Maksimum Jari Tangan Prostetik	65
Tabel 4.3 Respon Waktu Maksimum Jari Tangan Prostetik menggunakan nilai <i>duty cycle</i> maksimum.....	66
Tabel 4.4 Data Besar Gaya setiap Jari Tangan.....	68
Tabel 4.5 Keberhasilan Modul VRbot pada tingkat kebisingan 50-58dB	72
Tabel 4.6 Keberhasilan Modul VRbot pada tingkat kebisingan 38-43 dB	73
Tabel 4.7 Keberhasilan Modul VRbot menerima suara rekaman pada tingkat kebisingan 50-58dB	74
Tabel 4.8 Keberhasilan Modul VRbot menerima suara rekaman pada tingkat kebisingan 38-43dB	74