

**TUGAS SARJANA**

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN *WEARABLE ACTUATOR*  
ROBOT BERBASIS *MICROCONTROLLER* UNTUK TERAPI  
*STROKE* DENGAN *INTERFACE VIRTUAL REALITY***



Diajukan sebagai salah satu tugas dan syarat  
Untuk memperoleh gelar Strata-1 (S-1)  
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Diponegoro

**Disusun oleh:**

**BUDI WAHYONO**

**L2E 005 432**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG**

**2010**

## TUGAS SARJANA

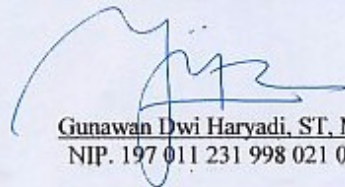
Diberikan kepada :  
Nama : Budi Wahyono  
N I M : L2E005432  
Pembimbing : Gunawan Dwi Haryadi, ST, MT  
Co. Pembimbing : Joga Dharma Setiawan, Ph.D  
Jangka waktu : 6 (Enam) bulan  
Judul : **Perancangan dan Pembuatan *Wearable Actuator Robot* Berbasis *Microcontroller* untuk Terapi *Stroke* dengan *Interface Virtual Reality***

Isi tugas :

1. Merencanakan dan membuat *Wearable actuator* robot untuk membantu terapi penyakit stroke.
2. Membuat program *microcontroller* untuk mengatur pergerakan *Wearable actuator* dengan *software Codevision AVR*.
3. Membuat simulasi *virtual reality* dengan bantuan *software Matlab/Simulink 2008b*.
4. Melakukan analisa *repeat ability* dari *Wearable actuator robot* yang dirancang dan dibuat.

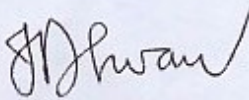
Semarang, 4 Maret 2010

Pembimbing,



Gunawan Dwi Haryadi, ST, MT.  
NIP. 197 011 231 998 021 001

Co. Pembimbing,



Joga Dharma Setiawan, PhD  
196 811 102 005 011 001

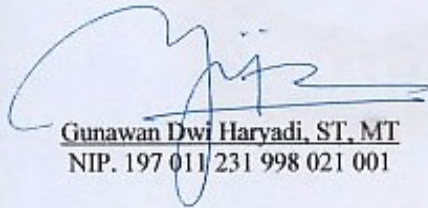
## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Sarjana yang berjudul "**Perancangan dan Pembuatan *Wearable Actuator Robot* Berbasis *Microcontroller* untuk Terapi *Stroke* dengan *Interface Virtual Reality***" ini telah disetujui dan disahkan pada :

Hari : *Kamis*  
Tanggal : *18-3-2016*

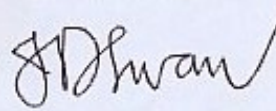
Mengetahui,

Pembimbing



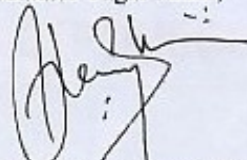
Gunawan Dwi Haryadi, ST, MT  
NIP. 197 011 231 998 021 001

Co. Pembimbing



Joga Dharma Setiawan, Ph.D  
NIP. 196 811 102 005 011 001

Koordinator Tugas Akhir,



Dr. MSK Tony Suryo Utomo, ST, MT  
NIP. 197 104 211 999 031 003

## ABSTRAK

*Stroke* adalah suatu gangguan disfungsi *neurologist* akut yang disebabkan oleh gangguan peredaran darah, dan terjadi secara mendadak (dalam beberapa detik) atau setidak-tidaknya secara cepat (dalam beberapa jam) dengan gejala-gejala dan tanda-tanda yang sesuai dengan daerah fokal otak yang terganggu. Terapi penyakit *stroke* saat ini lebih dikenal dengan nama “Tangan menyentuh tangan dan tangan menyentuh kaki”.

Salah satu cara untuk terapi *stroke* menggunakan *wearable actuator robot*. *Wearable actuator robot* merupakan salah satu teknologi yang banyak dikembangkan untuk membantu proses terapi *stroke*. *Wearable actuator* merupakan robot yang melekat pada tubuh manusia. *Wearable actuator* ini dapat membantu menggerakkan dua sendi tangan dan dua sendi kaki, karena *wearable actuator robot* terdiri dari 4 DOF.

*Wearable actuator robot* yang dirancang dan dibuat ini merupakan jenis *Wearable actuator robot* dengan sistem kendali *semi-autonomous*. *Wearable actuator robot* ini akan bergerak sesuai dengan gerakan *controller* yang dipakai oleh *therapist* atau *wearable actuator robot* akan bergerak dengan sendiri sesuai dengan *control* program yang telah dimasukkan kedalam *microcontroller*. Pasien penderita *stroke* akan bergerak sesuai dengan gerakan pada *wearable actuator robot* ketika sedang dilakukan proses terapi. *Wearable actuator robot* yang dirancang dan dibuat ini juga dilengkapi dengan fitur *virtual reality*.

Kata kunci: *Wearable actuator robot*, Terapi *Stroke*, *Virtual Reality*

## **ABSTRACT**

*Stroke is an acute disorder neurologist dysfunction, caused by circulatory of blood disorders, and it can be happen suddenly, within a few seconds, or at least rapidly, within a few hours with symptoms and signs which consistent with focal areas of brain disrupted. Stroke therapies which is currently better known as "Hands touching hands and the hands touch the feet".*

*One method for stroke therapy is using wearable actuators robotic. Wearable actuator robotic is one of the many technologies that developed to assist the process of stroke therapy. Wearable actuator robotic is attached to the human body. Wearable actuators robotic can be help moving the two joints and two-joint arms legs, because Wearable actuator robotic consists of 4 DOF.*

*Wearable robot actuators are designed and created is one of genre Wearable robot actuator with system of semi-autonomous control. Wearable robot actuator will be move in accordance with the motion controller that used by the therapist or actuators Wearable robot will be move with his own in accordance with control programs that have been incorporated into the microcontroller. Strokes patients will move in accordance with the movement of the actuator Wearable robot when doing therapy process. Wearable robot actuators are designed and manufactured is also equipped with virtual reality features.*

*Keywords: Wearable robot actuator, Stroke Therapy, Virtual Reality*

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Tugas Akhir ini Saya dedikasikan untuk Bapak dan Ibu, atas kasih sayang, pengorbanan, dukungan, semangat, doa yang tulus ikhlas, dan kepercayaan kepada penulis untuk mengemban amanah yang mulia ini. Semoga Allah SWT memberikan tempat yang terbaik di sisi-Nya kelak.

Kedua adikku yang tercinta, Ahmad Khamdani dan Muhamad Irfandi Pamungkas, terimakasih untuk dukungan, semangat, dan pengertiannya selama penulis menjalani masa studi.

Hasil penelitian ini, juga tidak akan menjadi berarti tanpa dukungan sahabat-sahabatku tercinta. Semoga jasa kalian selama ini menjadi amal yang akan berguna kelak.

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat melewati masa studi, mendapatkan banyak ilmu pengetahuan, pengalaman, serta pada akhirnya menyelesaikan Tugas Akhir yang merupakan tahap akhir dari studi di Teknik Mesin UNDIP

Keberhasilan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan orang-orang yang dengan segenap hati memberikan bantuan, bimbingan dan dukungan, baik moral maupun material. Oleh karenanya, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak, Gunawan Dwi Haryadi ST, MT, selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, pengarahan dan pengetahuan tentang banyak hal kepada penulis sampai saat ini.
2. Bapak Joga Dharma Setiawan, PhD selaku Pembimbing II yang juga telah membimbing dan meluangkan waktunya dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Sahabat-sahabat di Lab. Kontrol dan Getaran, BC Kamufase, dan semua pihak yang sangat membantu proses penulisan Tugas Akhir ini.

Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca, dan kelak di kemudian hari ada generasi penerus yang menyempurnakan kekurangan penulis.

Semarang, Maret 2010

Penulis

## DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Halaman Tugas Sarjana.....	ii
Halaman Pengesahan .....	iii
Abstrak .....	iv
<i>Abstract</i> .....	v
Halaman Persembahan .....	vi
Kata Pengantar .....	vii
Daftar Isi .....	viii
Daftar Lampiran .....	xiii
Daftar Gambar.....	xiv
Daftar Tabel .....	xvii
Nomenklatur.....	xix
BAB I    PENDAHULUAN .....	1
1.1    LATAR BELAKANG .....	1
1.2    TUJUAN PENULISAN.....	3
1.3    BATASAN MASALAH.....	3
1.4    METODE PENULISAN.....	4
1.5    SISTEMATIKA PENULISAN.....	4
BAB II    DASAR TEORI .....	5
2.1    PERANCANGAN DAN GAMBAR TEKNIK .....	5
2.1.1    Life Cycle Product Dan Jalur Perancangan .....	5
2.1.2    Fase-Fase Dalam Proses Perancangan .....	7
2.1.3    Definisi Proyek, Perencanaan Proyek Dan Penyusunan Spesifikasi Teknis Proyek .....	7
2.1.4    Fase Perancangan Konsep Produk Atau <i>Conceptual Design Phase</i>	8
2.1.5    Fase Perancangan Produk .....	9
2.1.6    Gambar Dan Spesifikasi Pembuatan Produk .....	9



2.2	COORDINAT GERAKAN PADA BIDANG KURVA <i>LINEAR</i> .....	9
2.2.1	Koordinat tegak lurus (x,y) .....	9
2.2.2	Koordinat Normal dan Tangensial (n-t) .....	10
2.2.3	Koordinat kutub (r- $\theta$ ) .....	11
2.3	MOMEN .....	11
2.4	KINEMATIKA BENDA TEGAR .....	13
2.4.1	Hubungan-Hubungan Gerak dengan Sudut .....	16
2.4.2	Kecepatan Relatif .....	17
2.5	JENIS-JENIS <i>JOINT</i> .....	18
2.5.1	<i>Cylindrical Joint</i> .....	18
2.5.2	<i>Gimbal Joint</i> .....	19
2.5.3	<i>Planar Joint</i> .....	19
2.5.4	<i>Prismatic Joint</i> .....	20
2.5.5	<i>Revolute Joint</i> .....	20
2.5.6	<i>Screw Joint</i> .....	21
2.5.7	<i>Spherical Joint</i> .....	22
2.5.8	<i>Telescoping Joint</i> .....	22
2.5.9	<i>Universal Joint</i> .....	23
2.6	<i>MICROCONTROLLER</i> ATMEGA8535 .....	23
2.7	DC MOTOR .....	25
2.7.1	Motor Servo .....	25
II.7.2	<i>Stepper Motor</i> .....	27
II.7.3	<i>Worm Gear</i> DC Motor .....	29
II.8	<i>DRIVER MOTOR EMS (EMBEDDED MODULE SERIES) 30A</i> <i>H-BRIDGE</i> .....	30
2.9	POTENSIOMETER .....	32
2.10	<i>JOYSTICK</i> .....	34

BAB III	PEMROGRAMAN <i>MICROCONTROLLER</i> , <i>PEMBUATAN</i> <i>INTERFACE VIRTUAL REALITY</i> , DAN <i>WEARABLE ACTUATOR</i> .....	35
---------	--	----

3.1	PEMROGRAMAN <i>MICROCONTROLLER</i> .....	35
3.1.1	Proses Pembuatan Program.....	36
3.1.2	<i>Download Program</i> Kedalam <i>Microcontroller</i> .....	39
3.2	PEMBUATAN <i>INTERFACE VIRTUAL REALITY</i> .....	40
3.2.1	Pembuatan Model dengan Bantuan <i>Software Catia V5R14</i> .....	41
3.2.2	<i>Export</i> Model Kedalam Format <i>*Igs</i> .....	42
3.2.3	<i>Assembly Part</i> Dalam <i>Software SolidWorks 2007</i> .....	43
3.2.4	<i>Export</i> Model Kedalam Format <i>*Xml</i> .....	45
3.3	PROSES <i>MAPPING SimMechanics</i> UNTUK PEMBUATAN MODEL SIMULASI .....	46
3.3.1	Proses Editing Gambar <i>*Wrl</i> Dalam <i>Vrbuilder</i> .....	47
3.4	<i>WEARABLE ACTUATOR</i> .....	53
3.4.1	Design .....	56
3.4.2	<i>Cara Kerja Wearable Actuator</i> .....	60
BAB IV PEMBAHASAN DAN ANALISA .....		64
4.1	ANALISA KECEPATAN TANGAN DAN KAKI SAAT DIGERAKKAN.....	64
4.1.1	Kecepatan Sudut <i>Wearable Actuator Tangan</i> .....	64
4.1.2	Kecepatan Sudut <i>Wearable Actuator Feet</i> .....	66
4.2	ANALISA BEBAN MAKSIMAL TANGAN DAN KAKI <i>WEARABLE ACTUATOR</i> .....	67
4.2.1	Berat Maksimal Tangan Pasien.....	67
4.2.2	Berat Maksimal Kaki Pasien.....	69
4.3	JANGKAUAN PERGERAKAN DARI <i>WEARABLE ACTUATOR ROBOT</i> .....	71
4.4	<i>REPEAT ABILITY</i> .....	72
4.4.1	<i>Repeat Ability Wearable Actuator Upper_Arm</i> .....	72
4.4.2	<i>Repeat Ability Wearable Actuator Lower_Arm</i> .....	72
4.4.3	<i>Repeat Ability Wearable Actuator Upper_Feet</i> .....	73
4.4.4	<i>Repeat Ability Wearable Actuator Lower_Feet</i> .....	73

BAB V	PENUTUP.....	75
5.1	KESIMPULAN.....	75
5.2	SARAN.....	75
DAFTAR PUSTAKA	.....	76
LAMPIRAN	.....	77

## DAFTAR LAMPIRAN

### LAMPIRAN A GAMBAR TEKNIK *WEARABLE ACTUATOR*

- A.1 *Wearable Actuator Assembly*
- A.2 *Standard Chair*
- A.3 *Feet Assembly*
- A.4 *Arm Assembly*
- A.5 *Bolt*
- A.6 *Bolt Head Screw*
- A.7 *Joint Worm DC Motor*
- A.8 *Joint Worm DC Motor Feet*
- A.9 *Joint Worm DC Motor Arm*
- A.10 *Joint Worm DC Motor Arm Low*
- A.11 *Control*
- A.12 *Link Worm DC Motor Arm Assembly*
- A.13 *Nut*
- A.14 *Plan Child Chair*
- A.15 *Plan Child*
- A.16 *Plan Chair Bigger*
- A.17 *Plan Feet Last*
- A.18 *Relay 35cm Assembly*
- A.19 *Worm Gear DC Motor*
- A.20 *Relay 30cm Assembly*
- A.21 *Plan Feet Subtitude*
- A.22 *Plan For Feet Subtitude*
- A.23 *Keylock Arm*
- A.24 *Key Lock Feet*

LAMPIRAN B     *LIST PROGRAM MICROCONTROLLER*

B.1   *List Program Arm Control*

B.2   *List Program Feet Control*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Life cycle product</i> .....	6
Gambar 2.2	Diagram alir proses perancangan .....	7
Gambar 2.3	Sistem koordinat <i>cartesius</i> .....	10
Gambar 2.4	Sistem koordinat normal tangensial .....	10
Gambar 2.5	Sistem koordinat kutub .....	11
Gambar 2.6	Benda dua dimensi yang dikenai gaya .....	12
Gambar 2.7	Konversi tanda arah kerja momen .....	12
Gambar 2.8 a	Gerak translasi <i>rectilinear</i> .....	14
Gambar 2.8 b	Gerak translasi <i>kurvilinear</i> .....	14
Gambar 2.9	Rotasi pada sumbu tetap .....	15
Gambar 2.10	Gerak transformasi .....	15
Gambar 2.11	Rotasi pada sumbu tetap .....	16
Gambar 2.12	Gerak relatif .....	17
Gambar 2.13	<i>Cylindrical Joint</i> .....	19
Gambar 2.14	<i>Gimbal Joint</i> .....	19
Gambar 2.15	<i>Planar Joint</i> .....	20
Gambar 2.16	<i>Prismatic Joint</i> .....	20
Gambar 2.17	<i>Revolute Joint</i> .....	21
Gambar 2.18	<i>Screw Joint</i> .....	21
Gambar 2.19	<i>Spherical Joint</i> .....	22
Gambar 2.20	<i>Telescoping Joint</i> .....	22

Gambar 2.21	<i>Universal Joint</i> .....	23
Gambar 2.22	Blok diagram <i>microcontroller</i> ATMEGA8535 .....	24
Gambar 2.23	Blok diagram <i>port microcontrollerr</i> ATMEGA8535 .....	25
Gambar 2.24	<i>Microcontrollerr</i> ATMEGA8535 .....	25
Gambar 2.25	Servo motor.....	26
Gambar 2.26	Grafik karakteristik <i>stepper</i> motor PM55L-048 .....	28
Gambar 2.27	<i>Stepper</i> motor PM55L-048 .....	29
Gambar 2.28	<i>Worm Gear DC Motor</i> .....	29
Gambar 2.29	EMS ( <i>Embedded Module Series</i> ) 30 A <i>H-Bridge</i> .....	31
Gambar 2.30	Blok diagram EMS ( <i>Embedded Module Series</i> ) 30 A <i>H-Bridge</i> ...	32
Gambar 2.31	Jenis Potensiometer.....	33
Gambar 2.32	Grafik resistansi potensiometer.....	33
Gambar 2.33	<i>Joystick</i> .....	34
Gambar 3.1	Jendela <i>software CodeVisionAVR</i> .....	35
Gambar 3.2	Pemilihan AVR Atmega8535 .....	36
Gambar 3.3	<i>Setting Port software AVR</i> pada <i>CodeVisionAVR</i> .....	37
Gambar 3.4	<i>Generate program CodeVisionAVR</i> .....	38
Gambar 3.5	Program C# <i>CodeVisionAVR</i> .....	38
Gambar 3.6	Proses <i>download</i> program kedalam AVR.....	39
Gambar 3.7	<i>Flowchart</i> pemrograman <i>microcontroller</i> .....	40
Gambar 3.8	Jendela <i>software Catia V5R14</i> .....	41
Gambar 3.9	Bagian tubuh manusia <i>upper limb</i> dan <i>lower limb</i> .....	41
Gambar 3.10	<i>Part Catia V5R14</i> .....	42
Gambar 3.11	Proses <i>export part catia V5R14</i> menjadi format <i>.*Igs</i> .....	43
Gambar 3.12	Jendela <i>SolidWorks 2007</i> membuka file format <i>.*Igs</i> .....	43
Gambar 3.13	Jenis <i>mate</i> dalam <i>solidWorks 2007</i> .....	44
Gambar 3.14	<i>Base part</i> kondisi <i>fix</i> .....	44
Gambar 3.15	<i>Revolute part</i> kondisi <i>float</i> .....	45
Gambar 3.16	<i>Export assembly</i> model kedalam format <i>.*Xml</i> .....	46

Gambar 3.17	<i>Jendela software Matlab/Simulink 2008b</i> .....	46
Gambar 3.18	<i>Import file *.Xml</i> .....	46
Gambar 3.19	<i>Mapping SimMechanics hasil import file *.Xml</i> .....	47
Gambar 3.20	<i>Save file dalam format *.Wrl</i> .....	48
Gambar 3.21	<i>Jendela Vrbuilder</i> .....	48
Gambar 3.22	<i>Jendela Vrbuilder dengan part yang akan disimulasi</i> .....	49
Gambar 3.23	<i>Parameter CS dalam block SimMechanics</i> .....	49
Gambar 3.24	<i>Editing nilai center sesuai dengan CS block SimMechanics</i> .....	50
Gambar 3.25	<i>SimMechanics dengan mapping full virtual reality</i> .....	51
Gambar 3.26	<i>Jendela interface virtual reality</i> .....	52
Gambar 3.27	<i>Flowchart pembuatan interface virtual reality</i> .....	53
Gambar 3.28	<i>Electromechanical Gait Trainer GT I</i> .....	54
Gambar 3.29	<i>HapticWalker - robotic walking simulator for gait rehabilitation</i>	54
Gambar 3.30	<i>The Zurich arm rehabilitation robot ARMin</i> .....	55
Gambar 3.31	<i>Wearable actuator robot hasil penelitian Fakultas Teknik Universitas Diponegoro</i> .....	56
Gambar 3.32a	<i>Wearable actuator untuk bagian tangan CAD model</i> .....	57
Gambar 3.32b	<i>Wearable actuator untuk bagian tangan design</i> .....	57
Gambar 3.33	<i>Wearable actuator untuk bagian kaki CAD model</i> .....	58
Gambar 3.34	<i>Wearable actuator untuk bagian kaki</i> .....	58
Gambar 3.35a	<i>Wearable actuator CAD model assembly</i> .....	59
Gambar 3.35b	<i>Wearable actuator assembly</i> .....	60
Gambar 3.36	<i>Wearable actuator controller</i> .....	61
Gambar 3.37	<i>Cara kerja Wearable actuator robot</i> .....	61
Gambar 3.38	<i>Cara kerja controller sebagai input virtual reality</i> .....	62
Gambar 3.39	<i>Flowchart cara kerja Wearable actuator robot</i> .....	63
Gambar 4.1	<i>Diagram gerak Wearable actuator arm</i> .....	64
Gambar 4.2	<i>Diagram kinetika Wearable actuator arm</i> .....	65
Gambar 4.3	<i>Diagram gerak Wearable actuator feet</i> .....	66



Gambar 4.4	Diagram kinetika <i>Wearable actuator feet</i> .....	66
Gambar 4.5	Diagram gerak <i>Wearable actuator arm</i> .....	67
Gambar 4.6	Diagram benda bebas <i>Wearable actuator arm</i> .....	68
Gambar 4.7	Diagram gerak <i>Wearable actuator feet</i> .....	69
Gambar 4.8	Diagram benda bebas <i>Wearable actuator feet</i> .....	69
Gambar 4.9	Grafik repeat ability upper_arm 10 kali pengulangan .....	72
Gambar 4.10	Grafik repeat ability lower_arm 10 kali pengulangan .....	72
Gambar 4.11	Grafik repeat ability upper_feet 10 kali pengulangan .....	73
Gambar 4.12	Grafik repeat ability lower_feet 10 kali pengulangan .....	73

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Spec servo</i> motor Futaba S136G.....	27
Tabel 2.2 Karakteristik <i>Stepper</i> Motor PM55L-048 .....	28
Tabel 2.3 Karakteristik <i>Worm Gear</i> DC Motor .....	31
Tabel 4.1 Massa bagian tubuh manusia normal tinggi 175 cm berat massa 65 kg ....	67
Tabel 4.2 Jangkauan Pergerakan Tubuh Manusia Normal .....	71
Tabel 4.3 Jangkauan Pergerakan <i>Wearable Actuator</i> .....	71

## Nomenklatur

- W : Berat
- $\theta$  : Posisi Sudut
- $\omega$  : Kecepatan Sudut
- $\alpha$  : Percepatan sudut
- M : Momen
- d : Panjang Lengan *moment*
- r : Panjang lengan *link*

