

RANCANG BANGUN SISTEM ELEKTRO-MEKANIK SEBAGAI ALAT TERAPI PENDERITA

GANGGUAN OTOT KAKI

SKRIPSI



IRAWAN PANDU BUDITOMO

PROGRAM STUDI S1 TEKNOBIOMEDIK

DEPARTEMEN FISIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS AIRLANGGA

SURABAYA

2015

**RANCANG BANGUN SISTEM-ELEKTROMEKANIK PADA PENDERITA
GANGGUAN OTOT KAKI**

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Bidang Teknobiomedik
Pada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga

Oleh:
IRAWAN PANDU BUDITOMO
NIM. 080917028

Lulus Tanggal : 12 Februari 2015

Disetujui Oleh :

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. Welina Ratnayanti Kawitana,

NIP. 195006271979012001

Drs. Tri Anggono Prijo

NIP. 196105171990021001

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH PROPOSAL

Judul : Rancang Bangun Sistem Elektromekanik Sebagai Alat Terapi
Penderita Gangguan Otot Kaki
Penyusun : Irawan Pandu Buditomo
NIM : 080917028
Pembimbing I : Ir. Welina Ratnayanti Kawitana
Pembimbing II : Drs. Tri Anggono Prijo
Tanggal Seminar : 12 Februari 2015

Disetujui Oleh :

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. Welina Ratnayanti Kawitana

NIP. 195006271979012001

Drs. Tri Anggono Prijo

NIP. 196105171990021001

Mengetahui,

Ketua Departemen Fisika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga

Kepala Prodi S1 Teknobiomedik
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga

Drs. Siswanto, M.Si

NIP. 196403051989031003

Dr. Moh Yasin, M.Si

NIP.196703121991021001

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan, namun tersedia di perpustakaan dalam lingkungan Universitas Airlangga, diperkenankan untuk dipakai sebagai referensi kepustakaan, tetapi pengutipan harus seizin penyusun dan harus menyebutkan sumbernya sesuai kebiasaan ilmiah. Dokumen skripsi ini merupakan hak milik Universitas Airlangga.



KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang melimpahkan rahmat dan tuntunannya sehingga skripsi berjudul “Rancang Bangun Sistem Elektromekanik Sebagai Alat Terapi Penderita Gangguan Otot Kaki”, dapat terselesaikan.

Pada kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih kepada Ibu Welina Ratnayanti Kawitana dan Bapak Tri Anggono yang telah memberikan bimbingan selama penelitian ini dilaksanakan.

Kami sadar bahwa makalah ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat kami harapkan. Akhirnya semoga makalah ini bermanfaat bagi kita.

Surabaya, 1 Februari 2015

Penyusun

Irawan Pandu Buditomo, 2015, Rancang Bangun Sistem Elektro-Mekanik Sebagai Alat Terapi Penderita Gangguan Otot Kaki. Skripsi ini di bawah bimbingan Ir. Welina Ratnayanti Kawitana dan Drs. Tri Anggono Prijo. Departemen Fisika Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk membuat sebuah sistem pengaturan frekuensi putar motor yang digunakan untuk fisioterapi pasien pasca stroke. Sistem pengaturan yang dibuat diharapkan dapat menjaga kestabilan frekuensi putaran motor. Metode yang digunakan untuk menjaga kestabilan frekuensi putaran setting dilakukan dengan cara mengatur PWM motor. Proses pengaturan PWM ini dilakukan dengan menggunakan kontrol PID dengan data yang didapat dari sensor putaran yang digunakan sebagai *feedback*. Sensor frekuensi putar yang digunakan terdiri dari *opto-coupler* dan *rotary encoder*. Berdasarkan data dan analisis yang telah dilakukan didapat kesimpulan bahwa konstanta PID optimum untuk rancangan sistem adalah sebesar $kp=0,043$, $ki=1,200$ dan $kd=0,005$. Sistem yang dibuat memiliki prosentase error kurang dari 7,5%. Dalam penelitian ini penambahan massa beban pada masing-masing frekuensi putar setting menyebabkan peningkatan pada nilai rata-rata untuk PWM dan prosentase *error* frekuensi putar. Sama halnya dengan *time response* yang meningkat terhadap penambahan massa pada beban pada masing-masing frekuensi setting.

Kata kunci: Fisioterapi Otot Kaki, Frekuensi Putar, PID, PWM,

Irawan Pandu Buditomo, 2015, Electro-Mechanic System Design for Foot Muscle Disruption Sufferer Therapy Tool. This Essay is under Ir. Welina Ratnayanti Kawitana's and Drs. Tri Anggono's guidance. Science and Technology of Physics Department, Airlangga University.

ABSTRACT

This research was conducted to make a frequency controlling system of motor rotation which is being used for foot muscle disruption sufferer physiotherapy. This controlling system is expected to be able to maintain the frequency stability of motor rotation. The method used to keep the setting frequency stability of rotation was done by setting the motor PWM. This PWM setting process was done by using PID control which data is acquired from the rotation sensor used for feedback. The used rotation frequency sensor consists of opto-coupler and rotary encoder. Based on data analysis, it was concluded that optimal PID constants for this design are $K_p=0,043$, $K_i=1,200$ and $K_d=0,005$. This system had error percentage is less than 7,5%. In this research, increasing the weight mass caused decreasing the rotation frequency average value and increasing PWM average percentage, as well as increasing response time towards the increasing weight mass for each setting frequency.

Keyword: Physiotherapy, Foot Muscle, Rotation Frequency, PID, PWM.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK.....	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	I
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II. Tinjauan Pustaka.....	4
2.1 Otot Kaki	4
2.2 Bersepeda	19
2.3 Opto-Coupler.....	21
2.4 Pulse Width Modulation.....	22
2.5 Motor DC dan Sistem Mekanik.....	24
2.6 Mikrokontroler	26

2.7.1 Fitur AVR ATMega 328	28
2.7.2 Konfigurasi pin ATMega328	30
BAB III. Metode Penelitian.....	31
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan.....	31
3.2 Alat dan Bahan	31
3.2.1 Alat yang digunakan.....	31
3.2.2 Bahan yang digunakan	31
3.3 Prosedur Penelitian.....	32
3.3.1 Tahap Pembuatan Alat	32
3.3.1.1 Tahap Perancangan Alat	32
3.3.1.2 Tahap Perwujudan Alat	34
3.3.1.2.1 Konstruksi Mekanik Sistem.....	34
3.3.1.2.1.1. Motor DC.....	35
3.3.1.2.1.2. Miniatur Kaki.....	36
3.3.1.2.1.3. Motor DC.....	36
3.3.1.2.2 Perancangan Perangkat Keras.....	36
3.3.1.2.2.1 Rangkaian Opto-Coupler	36
3.3.1.2.2.2 Rangkaian Driver Motor.....	38
3.3.1.2.2.3 Rangkaian LCD	39
3.3.1.2.2.4 Rangkaian Arduino UNO	39
3.3.1.3 Flowchart Program	41
3.3.2 Tahap Pengujian Alat	42
3.3.2.1 Tahap Persiapan Bahan Uji.....	42
3.3.2.2 Tahap Pengambilan Data	42
3.3.2.2.1 Pengujian Nilai K_p , K_i dan K_d Sistem.....	42
3.3.2.2.2 Pengukuran Frekuensi Putar Pedal dan Nilai PWM terhadap Massa Beban.....	43
3.3.2.2.3 Pengukuran <i>Response Time</i> Sistem	43
3.3.2.3 Analisis Data.....	44

3.3.2.3.1 Pengujian Nilai Kp, Ki dan Kd Sistem	44
3.3.2.3.2 Pengukuran Frekuensi Putar Pedal dan Nilai PWM terhadap Massa Beban	44
3.3.2.2.3 Pengukuran <i>Response Time</i> Sistem	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	46
4.1 Hasil Rancang Bangun Alat	46
4.1.1 Hasil Konstruksi Mekanik Alat	46
4.1.1.1 Hasil Rakitan Motor DC dengan Gir Banding.....	46
4.1.1.2 Hasil Rakitan Miniatur Kaki Kayu	47
4.1.1.3 Hasil Pembuatan Beban Plat Besi.....	47
4.1.2. Hasil Pengujian Perangkat Keras.....	48
4.1.2.1 Hasil rakitan <i>Opto-Coupler</i>	48
4.1.2 Hasil rakitan Driver Motor	50
4.1.3 Rakitan LCD	51
4.2 Hasil Pengukuran	52
4.2.1 Pengujian KP, KI dan KD Sistem.....	52
4.2.2 Pengujian Frekuensi Putar Motor dengan Menggunakan Massa.....	53
4.2.3 Pengukuran <i>Response Time System</i>	60
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	64
5.1 Kesimpulan.....	64
5.2 Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA	66
Lampiran 1	92
Lampiran 2	85
Lampiran 3	125

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
Gambar 2.1	: <i>Quadriceps Femoris</i>	5
Gambar 2.2	: Metode Pasif Ekstensi <i>Quadriceps Femoris</i>	5
Gambar 2.3	: Metode Aktif Ekstensi <i>Quadriceps Femoris</i>	7
Gambar 2.4	: <i>Hamstring</i>	8
Gambar 2.5	: <i>Hamstring Strain Exercises</i>	11
Gambar 2.6	: <i>Calf Muscle</i>	12
Gambar 2.7	: <i>Calf Muscle Exercise Treatment</i>	15
Gambar 2.8	: <i>Calf Muscle Raises Exercises</i>	16
Gambar 2.9	: <i>Tibialis Anterior</i>	17
Gambar 2.10	: <i>Tibialis Anterior Treatment Exercise</i>	18
Gambar 2.11	: Otot yang Bekerja Ketika Bersepeda.....	19
Gambar 2.12	: Otot Kaki Dominan yang Bekerja Ketika Bersepeda	21
Gambar 2.13	: Rangkaian <i>Foto-Transistor</i>	21
Gambar 2.14	: <i>Rotary Encoder</i>	22
Gambar 2.15	: Sinyal PWM.....	23
Gambar 2.16	: Gir yang terhubung dengan <i>vanbelt</i>	24
Gambar 2.17	: Gir yang terhubung seporos.....	24
Gambar 2.18	: Hasil Rakitan <i>Driver Motor</i>	29
Gambar 2.19	: Display <i>LCD</i>	31
Gambar 3.1	: Bagan Tahap Pelaksanaan	32

Gambar 3.2 :Diagram Blok Sistem.....	34
Gambar 3.3 : Rangkaian Mekanik Sistem	35
Gambar 3.4 : Rangkaian Sensor <i>Opto-Coupler</i>	37
Gambar 3.5 : Skema Rangkaian Driver Motor	38
Gambar 3.6 : Rangkaian <i>LCD</i>	38
Gambar 3.7 : Rangkaian Arduino UNO	39
Gambar 3.8 : <i>Flowchart Program</i> Sistem	40
Gambar 4.1 : <i>Hitachi DC Motor</i> dengan Gir Banding	46
Gambar 4.2 : Miniatur Kaki Kayu	47
Gambar 4.3 : Beban Plat Besi.....	48
Gambar 4.4 : Rangkaian Sensor Cahaya	49
Gambar 4.5 : <i>Optocoupler</i> pada Motor.....	49
Gambar 4.6 : Hasil Keluaran <i>Opto-Coupler</i>	50
Gambar 4.7 : Hasil Rakitan Driver Motor	51
Gambar 4.8 : Hasil Display LCD	51
Gambar 4.9.1: Grafik Hubungan Antara PWM pada Frekuensi Putar 100 RPM terhadap Variasi Massa Beban	56
Gambar 4.9.2: Grafik Hubungan Antara PWM pada Frekuensi Putar 150 RPM terhadap Variasi Massa Beban	56
Gambar 4.9.3: Grafik Hubungan Antara PWM pada Frekuensi Putar 100 RPM terhadap Variasi Massa Beban	57
Gambar 4.10.1: Grafik Hubungan Antara <i>Response Time</i> pada Frekuensi putar 100 RPM terhadap Variasi Massa Beban.....	62

Gambar 4.10.2: Grafik Hubungan Antara *Response Time* pada Frekuensi putar
150 RPM terhadap Variasi Massa Beban..... 62

Gambar 4.10.3: Grafik Hubungan Antara *Response Time* pada Frekuensi putar
200 RPM terhadap Variasi Massa Beban..... 62

Lampiran 1 : Grafik Pengukuran K_p , K_i dan K_d 86

Lampiran 2 : Grafik Hubungan antara Frekuensi Putar terhadap Variasi Massa
Beban 113



DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
Tabel 4.1:	Frekuensi Putar Motor Menggunakan Sistem PID	53
Tabel 4.2:	Hubungan antara Frekuensi Putar terhadap Variasi Massa Beban	54
Tabel 4.3:	Hubungan antara PWM Rata-Rata pada Frekuensi Setting terhadap Variasi Massa Beban.....	58
Tabel 4.4:	Hubungan antara <i>Response time</i> pada Masing-Masing Frekuensi Setting terhadap Variasi Massa Beban.....	60
Lampiran 1:	Tabel Pengujian K_p , K_i dan K_d pada Frekuensi Putar Setting 100 RPM.....	68
Lampiran 2:	Tabel Hubungan antara Frekuensi Putar dan PWM terhadap Variasi Beban.....	92