

**RANCANG BANGUN SISTEM OTOMASI ALAT UJI
DORSIFLEXION DAN HISTERESIS TELPAK KAKI PALSU**

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin**



Disusun Oleh :

Nama : Tri Nurudin

No. Mahasiswa : 16525038

NIRM : 2016040544

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2021

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa karya ini benar-benar karya hasil kerja saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah dituliskan atau diterbitkan orang lain kecuali secara tertulis diacu dalam penulisan naskah ini dan disebutkan sebagai referensi. Apabila kemudian hari terbukti pernyataan ini tidak benar, saya sanggup menerima hukum atau sanksi sesuai hukum yang berlaku

Yogyakarta, 20 September 2021

Penulis



Tri Nurudin

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**RANCANG BANGUN SISTEM OTOMASI ALAT UJI
DORSIFLEXION DAN HISTERESIS TELPAK KAKI PALSU**

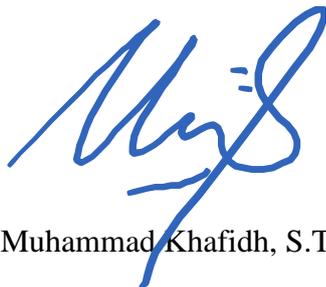
TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Tri Nurudin
No. Mahasiswa : 16525038
NIRM : 2016040544

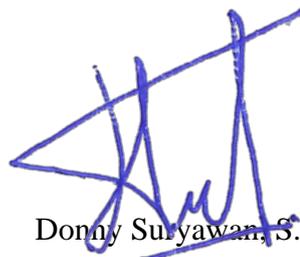
Yogyakarta, 14 September 2021

Pembimbing I,



Dr. Muhammad Khafidh, S.T., M.T.

Pembimbing II,



Donny Suryawan, S.T., M.Eng

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

**RANCANG BANGUN SISTEM OTOMASI ALAT UJI
DORSIFLEXION DAN HISTERESIS TELAPAK KAKI PALSU**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Tri Nurudin

No. Mahasiswa : 16525038

NIRM : 2016040544

Tim Penguji

Donny Suryawan, S.T., M.Eng

Ketua


Tanggal :

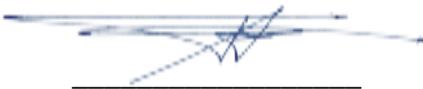
Agung Nugroho Adi, ST, MT

Anggota I


Tanggal : 5 Oktober 2021

Faisal Arif Nurgesang, ST., M.Sc

Anggota II


Tanggal :

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin




Dr. Eng. Risdiyono, S.T., M.Eng.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Untuk Orang Tua penulis yang selalu mendoakan, menyemangati dan memberikan kasih sayang sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik

Untuk Mbak, Mas dan Adik penulis yang selalu memberi dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik



HALAMAN MOTTO

“Hatiku tenang karena mengetahui bahwa apa yang melewatkanmu tidak akan pernah menjadi takdirku dan apa yang ditakdirkan untukku tidak akan pernah melewatkanmu.”

(Umar bin Khattab)

“Kebahagiaan hanya untuk orang yang berani.”

(Anonim)

“Selalu ada harga yang harus kamu bayar untuk setiap keputusan yang kamu ambil.”

(Anonim)

“Kalau dia mengalir, maka dia akan memberikan kebaikan. Ketika dia tidak memberikan kebaikan artinya dia masih tergenang, merusak, itu pengangguran, orang yang diam. Sibuk itu asik bro dan sibuk ini tidak melulu tentang uang.

Salah pola pikirnya, yang penting tuh gerak aja, kerja aja, keluar dari zona nyaman. Kerja aja, jangan pikir uangnya dulu, bikin dulu gausah pikir uangnya dulu, yang penting bergerak tidak nganggur. Tidak jadi air yang menggenang yang merusak sekelilingnya. Perkaya dirimu agar kamu bisa berbuat baik, atau setidaknya kamu tidak menyulitkan orang-orang yang ada disekelilingmu.”

(Dzawin)

KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah puji dan syukur kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat, nikmat dan karunia-Nya penulis dapat menyusun dan menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Laporan tugas ini disusun dan diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia. Laporan tugas akhir ini tidak sepenuhnya dikerjakan oleh penulis saja melainkan dibantu dari berbagai pihak. Maka perkenankanlah penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Allah SWT atas segala limpahan rahmat, nikmat dan karunia-Nya penulis dapat menyusun dan menyelesaikan laporan kerja praktik ini.
2. Kedua orang tua dan keluarga penulis yang selalu memberikan kasih sayang, semangat dan doa kepada penulis.
3. Bapak Dr. Eng. Risdiyono, S.T., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Purtojo S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing akademik penulis.
5. Bapak Dr. Muhammad Khafidh, ST, MT. selaku dosen pembimbing satu dan Bapak Donny Suryawan S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing dua tugas akhir yang telah memberikan bimbingan, saran dan arahan baik sebelum hingga selesai tugas akhir.
6. Seluruh Dosen Teknik Mesin FTI UII yang telah banyak menghasilkan sarjana-sarjana yang berkualitas.
7. Teman Lor Kidul Bersatu dan Kopa Kopi yang telah membantu, bertukar ide dan menyemangati dalam tugas akhir.
8. Teman-teman Teknik Mesin yang telah memberikan segala dukungan.
9. Mirotus Solekhah yang selalu mendukung, menyemangati dan membantu penulis untuk segera menyelesaikan tugas akhir ini.
10. *Last but not least, i wanna thank me, i wanna thank me for believing in me, i wanna thank me for doing all this hard work, i wanna thank me for having no days off, i wanna thank me for never quitting, i wanna thank me for always beaing a giver and trying to give more than i receive, i wanna thank*

me for trying to do more right than wrong, i wanna thank me for just being me all time.

Penulis menyadari bahwa dalam pembuatan dan penyusunan laporan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna karena masih terdapat banyak kekurangan maupun kesalahan. Penulis sangat berharap dengan adanya kritikan yang membangun dari pembaca untuk me nyempurnakan laporan ini. Demikianlah yang dapat penulis sampaikan semoga apa yang ada pada laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca. Terima kasih.

Yogyakarta, 21 April 2021

Penulis



ABSTRAK

Amputasi kaki bawah lutut merupakan amputasi yang paling sering dilakukan. Alternatif dari hal tersebut bisa menggunakan telapak kaki palsu. Telapak kaki palsu yang bergerak keatas mengakibatkan penurunan sudut pergelangan kaki yang terjadi dibidang sagital disebut *Dorsiflexion*. Setelah telapak kaki palsu yang bergerak keatas telapak kaki palsu akan mengembalikan beban kaki selama berjalan, ketika hal tersebut mengalami ketertinggalan dalam reaksi ini biasa disebut dengan Histeresis. Telapak kaki palsu yang elastis dan dapat kembali ke posisi semula ketika tertekan akan membantu para pengguna melakukan aktivitasnya dengan nyaman. Perancangan dan penelitian ini bertujuan untuk membuat alat uji yang dapat mengetahui jarak penekukan *Dorsiflexion* dan jarak kembalinya penekukan Histeresis. Data hasil pengujian akan dapat bermanfaat bagi pengguna dalam memilih telapak kaki palsu sesuai dengan kebutuhan. Alat uji ini menggunakan Arduino UNO sebagai mikrokontroler, Sensor Infra Merah GP2Y0A51SK0F sebagai sensor dan *Double Acting Cylinder* sebagai aktuator. Perancangan perangkat lunak menggunakan perangkat lunak Arduino IDE. Berdasarkan penelitian ini Alat uji ini telah mampu mengetahui jarak penekukan kaki palsu dan jarak kembalinya penekukan kaki palsu. Berdasarkan hasil dan pembahasan penggunaan telapak kaki palsu yang berkali-kali dalam pengujian mempengaruhi nilai *Dorsiflexion* dan Histeresis.

Kata kunci: *Dorsiflexion*, Histeresis, Arduino UNO, GP2Y0A51SK0F, *Double Acting Cylinder*

ABSTRACT

Below-knee amputation is the most common amputation. An alternative to this can be using artificial feet. The sole of the prosthetic leg that moves upward causes a decrease in the angle of the ankle that occurs in the sagittal plane, called dorsiflexion. After the prosthetic sole moves up the prosthetic foot will restore the weight of the foot during walking, when it lags behind in this reaction, it is commonly called Hysteresis. The prosthetic sole is elastic and can return to its original position when stressed will help users carry out their activities comfortably. This design and research aims to make a test device that can determine the distance of the Dorsiflexion bending and the return distance of the Hysteresis bending. The test result data will be useful for users in choosing a prosthetic foot according to their needs. This test tool uses Arduino UNO as a microcontroller, Infrared Sensor GP2Y0A51SK0F as a sensor and Double Acting Cylinder as an actuator. Software design using Arduino IDE software. Based on this research, this test instrument has been able to determine the distance from which the prosthetic leg bends and the distance from which the prosthetic leg bends again. Based on the results and discussion of the use of prosthetic feet that many times in the test affect the value of Dorsiflexion and Hysteresis.

Keywords: Dorsiflexion, Hysteresis, Arduino UNO, GP2Y0A51SK0F, Double Acting Cylinder

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Pernyataan Keaslian.....	ii
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing	ii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji	iv
Halaman Persembahan	v
Halaman Motto	vi
Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih.....	vii
Abstrak	ix
Abstract.....	x
Daftar Isi	xi
Daftar Tabel.....	xiii
Daftar Gambar	xiv
Daftar Notasi.....	xvi
Bab 1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan	3
1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
Bab 2 Tinjauan Pustaka	5
2.1 Dasar Teori	5
2.1.1 <i>Dorsiflexion</i>	5
2.1.2 Histeresis	6
2.1.3 Arduino.....	7
2.1.4 Aktuator	7
2.1.5 Sensor	8
2.1.6 ISO 10328.....	8
2.2 Kajian Pustaka	9

Bab 3 Metode Penelitian	12
3.1 Alur Penelitian	12
3.1.1 Kriteria Desain.....	13
3.2 Alternatif Pemilihan Aktuator.....	14
3.3 Alternatif Pemilihan Sensor.....	15
3.4 Peralatan dan Bahan.....	17
3.5 Perancangan	25
3.5.1 Perancangan Perangkat Keras	26
3.5.2 Perancangan Perangkat Lunak.....	28
3.6 Metode Pengujian Validasi Beban.....	28
3.7 Metode Pengujian Validasi Jarak	29
3.8 Metode Pengujian	30
Bab 4 Hasil dan Pembahasan	33
4.1 Hasil Perancangan.....	33
4.2 Hasil Pengujian Validasi Beban.....	35
4.3 Hasil Pengujian Validasi Jarak	36
4.4 Hasil Pengujian	37
4.5 Analisis dan Pembahasan.....	41
Bab 5 Penutup.....	42
5.1 Kesimpulan	42
5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya.....	42
Daftar Pustaka	43

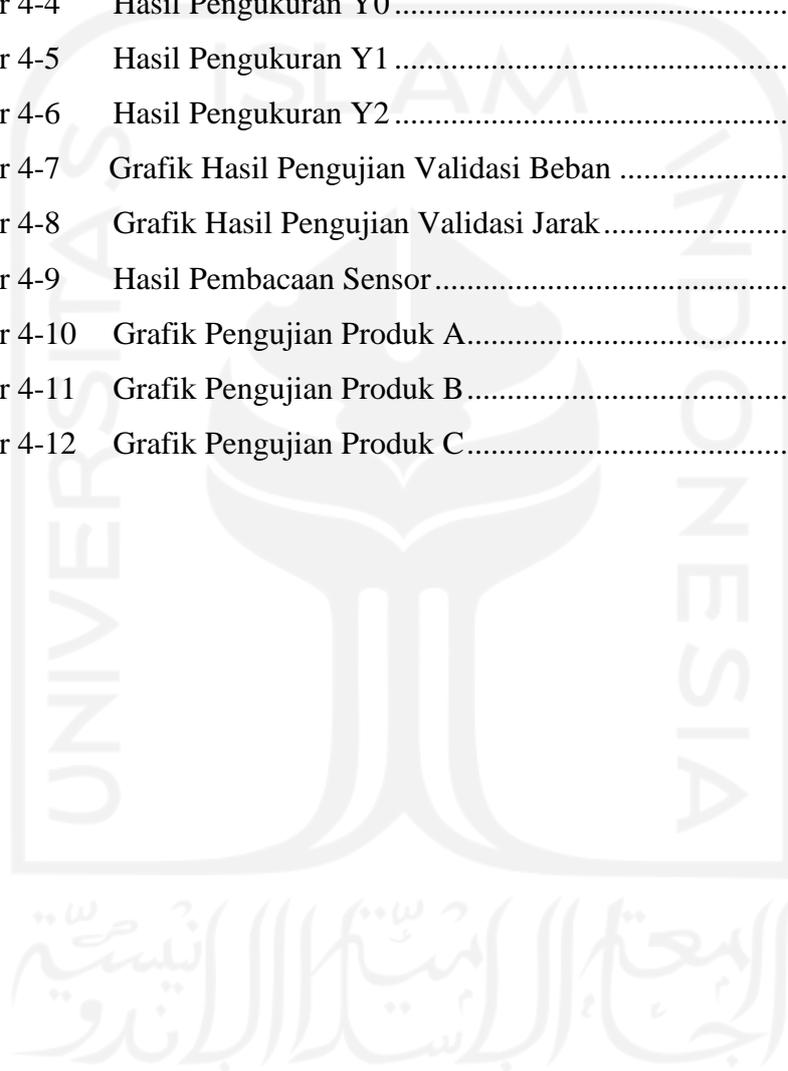
DAFTAR TABEL

Tabel 2-1	Hasil Pengujian Dorsiflexion	10
Tabel 2-2	Kajian Pustaka	11
Tabel 3-1	Perbandingan Tiga Sensor	15
Tabel 3-2	Spesifikasi Sensor Infrared GP2Y0A51SK0F.....	16
Tabel 3-3	Spesifikasi <i>Power Supply</i>	17
Tabel 3-4	Spesifikasi <i>Stepdown</i> LM2596	18
Tabel 3-5	Spesifikasi Arduino UNO.....	18
Tabel 3-6	Spesifikasi Relay	19
Tabel 3-7	Spesifikasi <i>Push Button</i>	19
Tabel 3-8	Spesifikasi LCD dan I2C	20
Tabel 4-1	Data Tiap Kondisi Pengujian Produk A	39
Tabel 4-2	Data Tiap Kondisi Pengujian Produk B	39
Tabel 4-3	Data Tiap Kondisi Pengujian Produk C	40
Tabel 4-4	Data <i>Dorsiflexion</i> dan Histeresis Tiap Produk	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1	Dorsiflexion dan Plantar Flexion	5
Gambar 2-2	Bidang yang menggambarkan tubuh manusia	6
Gambar 3-1	Diagram Alur Penelitian	12
Gambar 3-2	<i>Power Supply</i> 24V	17
Gambar 3-3	Stepdown LM2596	18
Gambar 3-4	Arduino UNO	18
Gambar 3-5	Relay 5V	19
Gambar 3-6	<i>Push Button</i>	19
Gambar 3-7	LCD dan I2C	20
Gambar 3-8	Sensor Infrared GP2Y0A51SK0F	21
Gambar 3-9	Kompresor	21
Gambar 3-10	Regulator	21
Gambar 3-11	Katup 5/3 Solenoid	22
Gambar 3-12	Silinder Kerja Ganda	22
Gambar 3-13	A tampak samping	23
Gambar 3-14	A tampak atas	23
Gambar 3-15	B tampak samping	23
Gambar 3-16	B tampak atas	23
Gambar 3-17	Produk C tampak samping	24
Gambar 3-18	Produk C tampak atas paling kanan	24
Gambar 3-19	<i>Bracket Linear Bearing</i>	24
Gambar 3-20	Kondisi Y0	25
Gambar 3-21	Kondisi Y1	25
Gambar 3-22	Kondisi Y2	26
Gambar 3-23	Perancangan Perangkat Keras Kompresor	26
Gambar 3-24	Perancangan Perangkat Keras Sensor Infrared	27
Gambar 3-25	Perancangan Perangkat Keras	27
Gambar 3-26	Logika Pemrograman	28
Gambar 3-27	Alur Penggunaan Alat	30

Gambar 3-28	<i>Push Button 1</i>	31
Gambar 3-29	<i>Push Button 2</i>	31
Gambar 4-1	Hasil Perancangan Perangkat Keras	33
Gambar 4-2	Arduino, Stepdown dan Relay tampak samping.....	34
Gambar 4-3	Arduino, Stepdown dan Relay tampak atas	34
Gambar 4-4	Hasil Pengukuran Y0	34
Gambar 4-5	Hasil Pengukuran Y1	35
Gambar 4-6	Hasil Pengukuran Y2	35
Gambar 4-7	Grafik Hasil Pengujian Validasi Beban	35
Gambar 4-8	Grafik Hasil Pengujian Validasi Jarak.....	36
Gambar 4-9	Hasil Pembacaan Sensor	37
Gambar 4-10	Grafik Pengujian Produk A.....	37
Gambar 4-11	Grafik Pengujian Produk B.....	38
Gambar 4-12	Grafik Pengujian Produk C.....	38



DAFTAR NOTASI

cm	=	centimeter
DC	=	<i>Direct Current</i>
LVDT	=	<i>Linear Variable Deferential Transformer</i>
LCD	=	<i>Liquid Crystal Display</i>
I2C	=	<i>Inter Integrated Circuit</i>



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fisik yang sehat merupakan impian dan harapan semua manusia. Manusia yang memiliki fisik yang sehat aktivitasnya tidak akan terganggu. Berbagai macam cara dilakukan dengan harapan manusia tetap sehat dan dapat melakukan aktivitas seperti biasanya. Pada manusia yang tidak memiliki fisik yang sehat baik itu karena penyakit atau kecelakaan rela mengeluarkan biaya yang tinggi demi kembalinya fisik yang sehat. Jika penyakit atau kecelakaan yang diderita tidak bisa disembuhkan ada kemungkinan bagian tubuhnya diamputasi yang menyebabkan kecacatan pada tubuh. Amputasi bawah lutut merupakan amputasi yang paling sering dilakukan (Vitriana, 2002).

Menurut data Pusat Data dan Informasi dari Kementerian Sosial, pada 2010, jumlah penyandang disabilitas di Indonesia adalah: 11,580,117 orang dengan diantaranya 3,474,035 penyandang disabilitas penglihatan, 3,010,830 penyandang disabilitas fisik, 2,547,626 penyandang disabilitas pendengaran, 1,389,614 penyandang disabilitas mental dan 1,158,012 penyandang disabilitas kronis (Fatahillah, 2018).

Manusia yang menyandang disabilitas kaki bagian bawah lutut dalam aktivitasnya biasa menggunakan kaki palsu, tongkat kruk atau kursi roda. Kaki palsu yang kerap digunakan meliputi bagian bawah lutut hingga telapak kaki. Ada yang menyatu menjadi satu bagian dan ada yang terpisah antara bagian bawah lutut dengan telapak kaki.

Telapak kaki palsu yang elastis akan membantu para pengguna berjalan dengan mudah dan nyaman. Untuk mengetahui hal tersebut dibutuhkan pengujian *Dorsiflexion* pada telapak kaki palsu. Pengujian Histeresis juga dibutuhkan pada telapak kaki palsu yang bertujuan untuk menentukan posisi telapak kaki palsu setelah tertekan, dimana kembali atau tidaknya telapak kaki palsu ke posisi semula setelah tertekan. Diketuainya nilai *Dorsiflexion* dan Histeresis pada telapak kaki palsu membuat para pengguna mengetahui produk mana yang akan digunakan

sesuai dengan kebutuhannya. Oleh karena itu pengujian *Dorsiflexion* dan Histeresis pada telapak kaki palsu penting dilakukan.

Elastis dan dapat kembali ke posisi semula ketika tertekan dapat menjadi indikator untuk telapak kaki palsu yang baik. Oleh sebab itu pembuatan alat uji yang dapat mengetahui jarak penekukan kaki palsu dan jarak kembalinya penekukan kaki palsu dapat menjadi solusi dari permasalahan tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pokok permasalahan yang terdapat dalam latar belakang diatas, maka dapat diambil rumusan masalah berupa :

1. Bagaimana cara membuat alat uji otomatis yang dapat mengetahui jarak penekukan kaki palsu dan jarak kembalinya penekukan kaki palsu.
2. Apakah beban yang dihasilkan oleh alat uji dapat tervalidasi?
3. Bagaimana urutan nilai *Dorsiflexion* dan Histeresis terhadap Produk A, B dan C?

1.3 Batasan Masalah

Adanya pembatasan masalah ini memiliki tujuan agar ruang lingkup pembahasan dalam penelitian menjadi jelas dan tidak meluas ke hal-hal yang tidak diinginkan. Berikut pembatasan masalah yang dimaksud :

1. Perancangan dan penelitian difokuskan kepada pembuatan alat uji bagian otomatis.
2. *Software* Arduino IDE digunakan untuk membuat program alat uji.
3. Alat uji dikhususkan untuk telapak kaki palsu dari Produk A, Produk B dan Produk C.

1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan

Perancangan dan penelitian yang berjudul “Otomasi Alat Uji Dorsiflexion Dan Energy Return Telapak Kaki Palsu” ini bertujuan untuk :

1. Membuat sebuah alat uji otomasi untuk mengetahui jarak penekukan *Dorsiflexion* dan jarak Histeresis.
2. Membuat sebuah alat uji otomasi yang bebannya tervalidasi.
3. Mengetahui urutan nilai *Dorsiflexion* dan Histeresis terhadap Produk A, B dan C dari data hasil pengujian yang telah dianalisis.

1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan

Manfaat perancangan dan penelitian ini adalah:

1. Dapat membantu para penyandang disabilitas kaki bagian bawah lutut dalam menentukan telapak kaki palsu yang elastis dan dapat kembali ke posisi semula.
2. Data yang dihasilkan dari proses pengujian akan dapat digunakan sebagai acuan bagi pengguna yang akan memilih telapak kaki palsu sesuai dengan kebutuhan.
3. Menjadi referensi penelitian selanjutnya yang terkait dengan *Dorsiflexion* dan Histeresis.

1.6 Sistematika Penulisan

Pada bagian ini berisi tentang urutan dari masing-masing bab yang ada pada laporan tugas akhir ini. Setiap bab yang ada akan dijelaskan secara umum sehingga masing-masing bab dapat diketahui gambarannya secara berurutan. Sistematika penulisan pada tugas akhir ini yaitu sebagai berikut.

Bab I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi kajian pustaka dan menjelaskan mengenai penelitian lain yang telah dilakukan dan dasar teori yang digunakan dalam penelitian.

Bab III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan alur dan metode penelitian yang digunakan.

Bab IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil dan pembahasan yang berdasarkan dari penelitian dan perancangan yang telah dilakukan.

Bab V PENUTUP

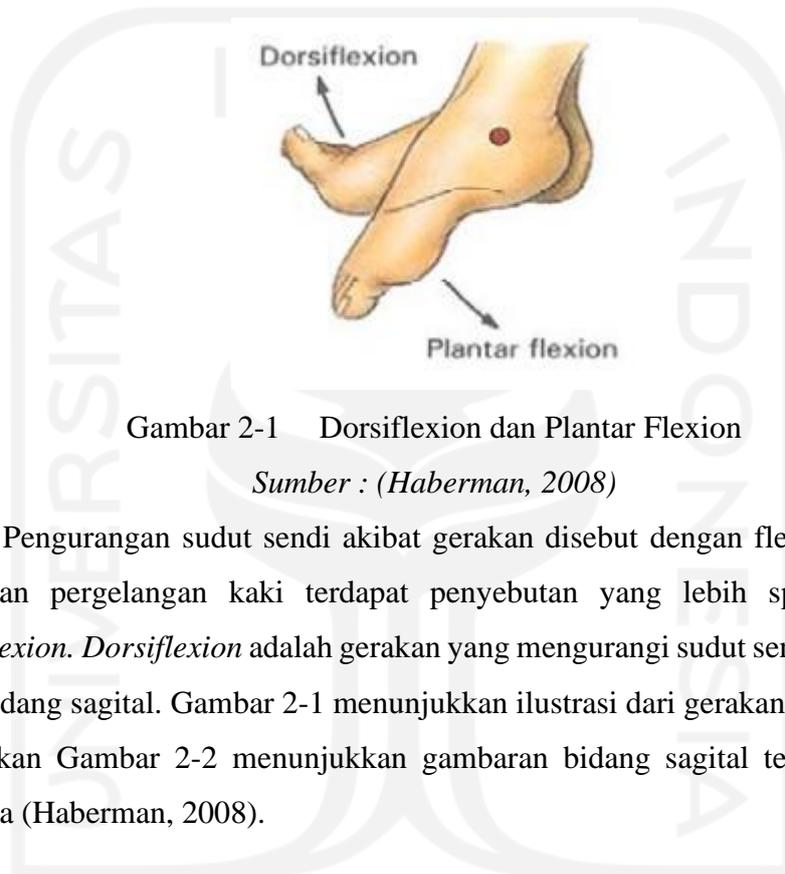
Bab ini berisi tentang kesimpulan dari pembahasan yang telah dilakukan serta saran-saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Teori

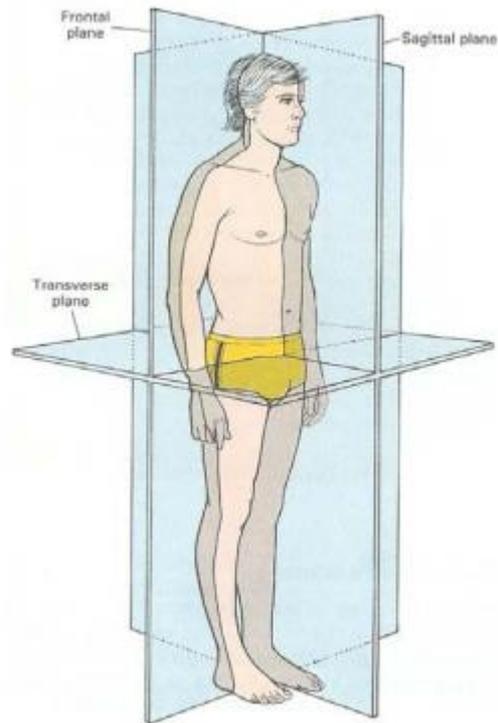
2.1.1 *Dorsiflexion*



Gambar 2-1 Dorsiflexion dan Plantar Flexion

Sumber : (Haberman, 2008)

Pengurangan sudut sendi akibat gerakan disebut dengan fleksi. Pada jari kaki dan pergelangan kaki terdapat penyebutan yang lebih spesifik, yaitu *Dorsiflexion*. *Dorsiflexion* adalah gerakan yang mengurangi sudut sendi dan terjadi pada bidang sagital. Gambar 2-1 menunjukkan ilustrasi dari gerakan *Dorsiflexion*, sedangkan Gambar 2-2 menunjukkan gambaran bidang sagital terhadap tubuh manusia (Haberman, 2008).



Gambar 2-2 Bidang yang menggambarkan tubuh manusia
 Sumber : (Haberman, 2008)

2.1.2 Histeresis

Sistem yang memiliki sifat yang tidak cepat mengikuti gaya yang diberikan kepadanya tapi mengikutinya secara perlahan, atau sistem ini tidak dapat kembali lagi ke keadaan awalnya. Hal tersebut disebut dengan Histeresis (Yani & Mujamilah, 2014).

Data yang didapatkan dari pengujian ini kemudian dimasukkan kedalam rumus untuk menentukan nilai dari Histeresis, rumusnya sebagai berikut.

$$Histeresis = Y_0 - Y_2 \quad (2.1)$$

Y_0 merupakan Kondisi Pertama telapak kaki tanpa diberi beban dalam (cm) sedangkan Y_2 Kondisi Ketiga telapak kaki ketika beban yang diberi dihilangkan dalam (cm).

2.1.3 Arduino

Arduino merupakan pengendali mikro single-board yang bersifat open-source, Arduino diturunkan dari Wiring platform yang dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Hardware pada Arduino memiliki prosesor Atmel AVR dan softwarena memiliki bahasa pemrograman sendiri (Sutarsi, 2017).

2.1.4 Aktuator

Pengujian ini membutuhkan perangkat yang dapat menyalurkan sejumlah gaya yang digunakan untuk menekan telapak kaki palsu. Perangkat yang dapat mengubah energi input menjadi energi mekanik disebut dengan Aktuator (Hananto, 2009).

Pneumatik memiliki asal kata dari *pneumatikos* yang artinya sesuatu yang berasal dari angin. Terdapat dua jenis aktuator pneumatik yaitu *Linear Motion Actuator* (Penggerak Lurus) dan *Rotary Motion Actuator* (Penggerak berputar). *Single Acting Cylinder* (Silinder Kerja Tunggal) dan *Double Acting Cylinder* (Silinder Kerja Ganda) merupakan jenis dari *Linear Motion Actuator* (Penggerak Lurus) (Dimpudus, Poekoel, & Manembu, 2015).

Sistem pneumatik merupakan suatu sistem yang menggunakan udara bertekanan untuk menyalurkan dan mengontrol energi. Silinder kerja ganda memiliki dua lubang untuk udara masuk, satu untuk langkah keluar dan satu untuk langkah masuk. Hal tersebut yang membuat Silinder kerja ganda memiliki dua gerakan, yaitu memanjang dan menarik (Barman, Ali, Pulp, & Limited, 2017).

Gaya yang dihasilkan silinder kerja ganda dihitung menurut persamaan (2.2) dibawah ini.

$$F = D^2 \frac{\pi}{4} P \quad (2.2)$$

F merupakan gaya piston dalam (N). D merupakan diameter piston dalam (m). P merupakan tekanan kerja dalam (Pa) (Subhan & Satmoko, 2016).

2.1.5 Sensor

Suatu alat yang berfungsi untuk mendeteksi gejala atau sinyal yang berasal dari perubahan suatu energi seperti energi listrik, energi fisika, energi kimia, energi biologi, energi mekanik dan sebagainya disebut dengan Sensor. Nilai dari *Dorsiflexion* pada penelitian ini nilainya berbentuk jarak. Oleh karena itu membutuhkan sensor yang dapat mengukur perubahan jarak. (Adrinta & Ihsan, 2017).

Sensor Infra Merah adalah sensor yang mendeteksi perubahan tegangan dengan menggunakan sinyal infra merah. Sensor infra merah memiliki dua bagian yaitu, bagian pemancar (*Transmitter*) dan bagian penerima (*Receiver*) (Ardaisi, 2011). Bagian *Transmitter* akan memancarkan sinyal Infra Merah, sedangkan pantulan dari sinyal Infra Merah (apabila mengenai sebuah objek) akan ditangkap oleh *Receiver* (Prasetyo, 2017).

2.1.6 ISO 10328

ISO adalah sebuah organisasi internasional yang mengembangkan, mengkoordinir dan menetapkan standar voluntary (selain standar kelistrikan) yang bertujuan untuk mendukung perdagangan global, meningkatkan mutu, melindungi kesehatan dan keselamatan/keamanan konsumen dan masyarakat luas, melestarikan lingkungan serta mendiseminasikan informasi dan memberikan bantuan teknis di bidang standardisasi (Tunus, 2014).

Pengujian ini menggunakan ISO 10328 sebagai standar uji, karena ISO 10328 cocok untuk penilaian kesesuaian perangkat/struktur prostetik tungkai bawah. ISO 10328 yang diterapkan dalam penelitian ini ada pada beban dan waktu yang digunakan untuk menahan beban tersebut. Jumlah beban yang digunakan yaitu 100 Kg atau disebut dengan P5 dalam ISO 10328. Waktu yang digunakan untuk menahan beban tersebut yaitu 10 detik (ISO, 2016).

2.2 Kajian Pustaka

Penggunaan telapak kaki palsu yang kaku dan tidak dapat kembali ke posisi semula akan membuat sulitnya proses berjalan dan menimbulkan rasa tidak nyaman bagi pengguna. Alat uji yang akan dibuat dapat membantu para penyandang disabilitas kaki bagian bawah lutut dalam menentukan telapak kaki palsu yang elastis dan dapat kembali ke posisi semula.

Terdapat beberapa peneliti untuk menentukan hal tersebut, salah satunya Kabra & Narayanan (1991) dan Jweeg, Al-Beiruti, & Al-Kinani (2011). Kabra & Narayanan (1991) menggunakan mesin beban siklik yang dihubungkan dengan telapak kaki palsu menggunakan tali. Tali ini akan menarik telapak kaki palsu keatas, busur dan tali pemberat ditempelkan pada ujung jari kaki. Sehingga ketika kaki bergerak keatas dapat diketahui sudut *Dorsiflexion* yang dihasilkan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sudut *Dorsiflexion* pada telapak kaki palsu.

Jumlah gaya yang digunakan dalam penelitian ini dimulai dari 10 Kg sampai 70 Kg. Penelitian ini telah mampu menentukan nilai *Dorsiflexion* sesuai dengan jumlah gaya yang diterapkan. Walaupun demikian, dikarenakan pengujian dalam penelitian ini menggunakan jumlah gaya maksimal 70 Kg, sehingga jika terdapat pengguna telapak kaki palsu yang massanya lebih dari 70 Kg maka data yang dihasilkan dari penelitian ini tidak dapat digunakan.

Hal lain yang menjadi kelemahan dalam penelitian ini adalah tidak diketahuinya nilai Histeresis. Sehingga kembalinya telapak kaki palsu ketika diberi beban tidak diketahui, apakah kembali ke kondisi awal atau tidak.

Jweeg, Al-Beiruti, & Al-Kinani (2011) menggunakan kayu segitiga dan didukung dengan penggaris bertingkat. Kayu segitiga ini dipasangkan pada mesin testrometrik di bawah benda uji. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sudut *Dorsiflexion* pada telapak kaki palsu (Jweeg, Al-Beiruti, & Al-Kinani, 2011).

Jumlah gaya yang digunakan dalam pengujian diterapkan pada benda uji mengakibatkan kaki menyentuh kayu segitiga. Gaya ini mensimulasikan gaya reaksi tanah. Nilai *Dorsiflexion* terkait dengan perpindahan vertikal yang ditentukan oleh tuas jari kaki, dimana tuas jari kaki merupakan jarak tiang yang terpasang ke pivot sesuai dengan bola kaki. Hasil pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 2-1.

Tabel 2-1 Hasil Pengujian Dorsiflexion

NAME	DORSI-FLEXION ANGLE	ENERGY STORING POTENTIAL%	ENERGY RETURN EFFICICENCY%	STORED ENERGY RETURN %
SACH	1.9 ⁰	24.2	54.4	13.14
NEW FOOT	4.2 ⁰	73.4	80.3	58.9

Penelitian ini telah mampu menentukan nilai *Dorsiflexion* sesuai dengan jumlah gaya yang diterapkan. Walaupun demikian, nilai *Dorsiflexion* yang didapatkan dari penelitian ini berbentuk sudut, sehingga penelitian ini belum mampu menentukan nilai jarak *Dorsiflexion* terhadap benda uji.

Hal lain yang menjadi kelemahan dalam penelitian ini adalah tidak diketahuinya jumlah waktu yang digunakan saat pengujian ini dilakukan. Dikarenakan hasil dari penelitian ini hanya sudut *Dorsiflexion* yang sebanding dengan jumlah gaya yang diterapkan.

Berdasarkan kajian pustaka yang telah dipaparkan perancangan ini akan mencoba untuk menghilangkan kekurangan perancangan yang telah dilakukan oleh Kabra & Narayanan (1991) dan Resan, Hilli, & Ali (2011). Namun dengan sedikit perbedaan dalam mendapatkan data *Dorsiflexion*, dimana datanya berupa jarak. Selain itu perancangan ini diharapkan mendapatkan nilai Histeresis pada benda uji. Sehingga kembalinya telapak kaki palsu ketika diberi beban dapat diketahui.

Tabel 2-2 Kajian Pustaka

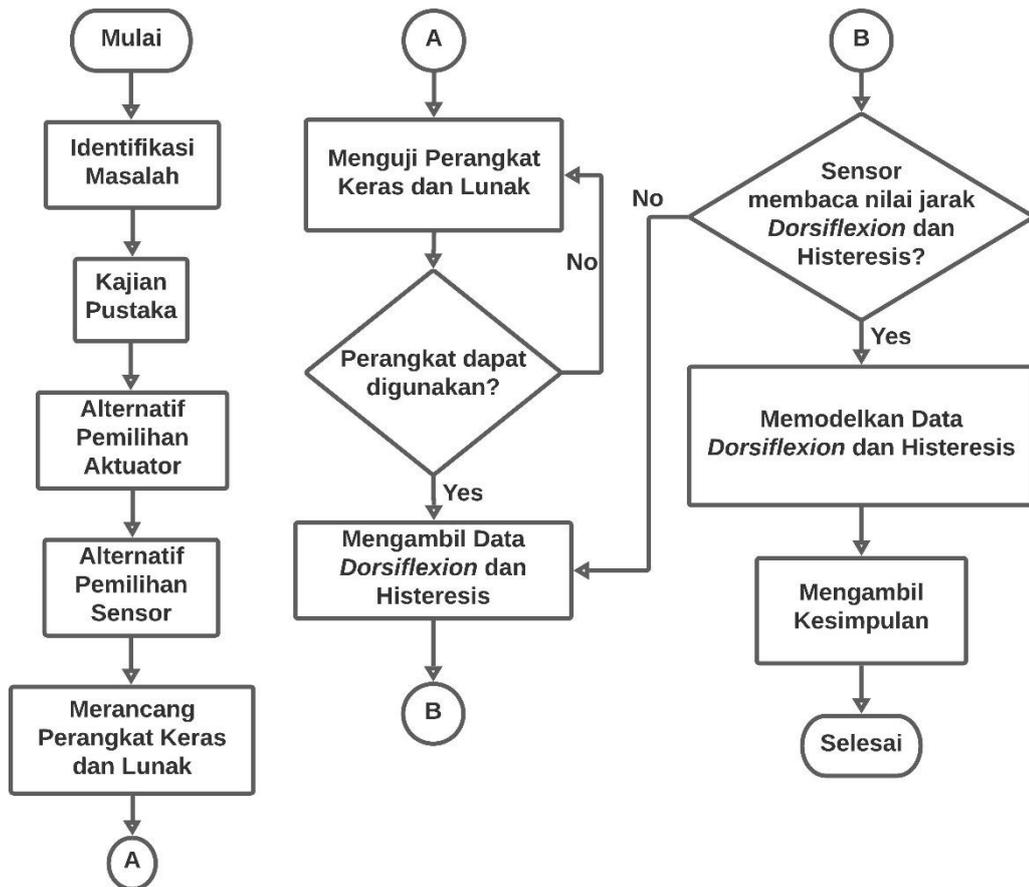
Tahun	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Deskripsi
1991	Kabra & Narayanan	Equipment and methods for laboratory testing of ankle-foot prostheses as exemplified by the Jaipur foot	Perancangan dari alat pengujian <i>Dorsiflexion</i> yang dicontohkan oleh kaki jaipur menggunakan mesin siklik.
2011	Resan, Hilli, & Ali	Design and Analysis of New Prosthetic Foot.	Perancangan dari desain kaki prostesis baru yang dianalisis untuk mengetahui nilai <i>Dorsiflexion</i> menggunakan mesin testrometrik.



BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Gambar 3-1 menunjukkan Alur penelitian yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 3-1 Diagram Alur Penelitian

Penelitian diawali dengan mengidentifikasi masalah yang ada pada telapak kaki palsu, dengan ditemukannya identifikasi masalah menjadi penentu dalam pemilihan komponen yang akan digunakan seperti aktuator dan sensor. Setelah permasalahan didapatkan maka langkah selanjutnya adalah melakukan Kajian Pustaka.

Kajian Pustaka dilakukan untuk mencari alternatif penyelesaian masalah dan menentukan kriteria desain. Alternatif penyelesaian masalah ini bisa berupa

perangkat keras maupun perangkat lunak. Beberapa alternatif penyelesaian masalah telapak kaki palsu telah diketahui seperti yang telah dilakukan oleh Kabra & Narayanan (1991) dan Resan, Hilli, & Ali (2011) yang telah merancang alat yang mampu mengetahui nilai *Dorsiflexion*.

3.1.1 Kriteria Desain

Kriteria desain merupakan salah satu hasil yang didapat setelah melakukan kajian pustaka. Kriteria desain yang akan digunakan dalam perancangan ini adalah mampu memberikan beban sebesar 100 Kg. Kriteria ini digunakan karena melihat alat yang dirancang oleh Kabra & Narayanan (1991) yang dapat memberikan beban sebesar 70 Kg. Agar data hasil penelitian dapat digunakan oleh pengguna yang massanya diatas 70 Kg, maka dibuatlah Kriteria desain yang mampu memberikan beban P5 atau sebesar 100 Kg sesuai dengan ISO 10328.

Kriteria desain yang kedua adalah mampu mengukur nilai *Dorsiflexion* ketika telapak kaki palsu terdorong ke atas sebesar 10 cm. Pemilihan kriteria ini didasarkan oleh perancangan yang dilakukan Resan, Hilli, & Ali (2011) yang menggunakan satuan sudut dalam menentukan nilai *Dorsiflexion*. Pada penelitian ini satuan dalam menentukan nilai *Dorsiflexion* dalam cm.

Berdasarkan kriteria desain tersebut maka dipilih alternatif penyelesaian dengan menggunakan komponen-komponen yang akan dijelaskan pada sub bab berikutnya.

Untuk kriteria desain yang terakhir adalah kemampuan alat ini dalam menentukan nilai Histeresis telapak kaki palsu. Pemilihan kriteria ini didasari oleh penelitian sebelumnya yang nilai Histeresis pada telapak kaki palsu tidak diketahui. Untuk menentukan nilai tersebut dibutuhkan akurasi sensor 94% - 99% dari nilai jarak sebenarnya.

Berdasarkan kriteria desain yang telah disebutkan dan dijelaskan maka dipilih alternatif penyelesaian dengan menggunakan komponen-komponen yang akan disebutkan pada sub bab-bab berikutnya.

3.2 Alternatif Pemilihan Aktuator

Terdapat beberapa pilihan Aktuator yang tersedia, yaitu Motor DC, Hidrolik dan Pneumatik. Pada pengujian yang akan dilakukan, aktuator akan mentransmisikan beban yang membuat telapak kaki palsu bergerak keatas. Motor DC membutuhkan suatu mekanisme tertentu sehingga menimbulkan *losses* yang berakibat *output* yang dihasilkan dari Motor DC tidak sama persis dengan spesifikasi yang tercantum. Sedangkan pada Hidrolik biaya produksinya lebih mahal dibandingkan Aktuator lainnya.

Pneumatik menjadi alternatif pemilihan Aktuator, dikarenakan tidak dibutuhkannya suatu mekanisme yang menimbulkan *losses* terhadap jumlah beban yang dihasilkan serta biaya yang dikeluarkan cukup terjangkau dibandingkan dengan Hidrolik. Pneumatik yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan Elektro Pneumatik, hal ini bertujuan agar Pneumatik dapat dikendalikan oleh Arduino.

Pemilihan silinder kerja ganda didasari menurut perhitungan yang telah dilakukan dibawah ini.

$$F = D^2 \frac{\pi}{4} P$$

$$980.7 \text{ N} = D^2 \times \frac{3.14}{4} \times 686000 \text{ N/m}^2$$

$$980.7 \text{ N} = D^2 \times 538510 \text{ N/m}^2$$

$$D^2 = \frac{980.7 \text{ N}}{538510 \text{ N/m}^2}$$

$$D^2 = 1.821 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{1.821 \times 10^{-3} \text{ m}^2}$$

$$D = 0.043 \text{ m}$$

$$D = 4.3 \text{ cm}$$

Gaya 980.7 N merupakan nilai beban 100 Kg dan 686000 N/m^2 merupakan tekanan kerja pada kompresor. Perhitungan tersebut didapatkan hasil diameter minimal piston yang dibutuhkan dalam memberikan beban 100 Kg sebesar 4.3 cm. Diameter piston yang akan digunakan yaitu 8 cm dikarenakan adanya perhitungan *Safety Factor* sebesar 1.8.

3.3 Alternatif Pemilihan Sensor

Terdapat beberapa pilihan sensor yang mendeteksi jarak yang tersedia dipasaran. Salah satunya yaitu linear variable deferential transformer (LVDT), sensor ultrasonik dan sensor infrared. Terdapat perbedaan spesifikasi seperti, resolusi, akurasi, rentang pengukuran dan harga dari beberapa sensor tersebut yang disebutkan pada Tabel 3-1.

Tabel 3-1 Perbandingan Tiga Sensor

Sensor	Resolusi	Akurasi	Jarak Pengukuran	Harga
LVDT	$\leq 0.1 \mu\text{m}$	99.5% dari nilai sebenarnya	2.5 mm, 5 mm, 10 mm	Rp17.300.000
Ultrasonik	1 cm	96% - 97% dari nilai sebenarnya	2 cm - 400 cm	Rp 10.000
Infrared	0.1 mm	94% - 99% dari nilai sebenarnya	2 cm - 15 cm	Rp 100.000

LVDT memiliki beberapa kelebihan, yaitu memiliki resolusi yang tinggi, memberikan respon yang cepat dan sistem output yang mutlak. Kekurangan dari sensor ini yaitu harga yang relatif mahal sekitar Rp17.300.000. Kelebihan dari Sensor Ultrasonik HCSRFB-04 yaitu, tingkat sensitifitas yang baik, tidak dipengaruhi oleh warna dan tranparansi dan harga sensor yang relatif murah. Kekurangan dari sensor ini yaitu jarak jangkauan pendeteksiannya terbatas dan hanya satu arah, respon yang lambat dan kurang baik dalam pengukuran yang permukannya seperti cermin.

Sedangkan pada Sensor Infrared GP2Y0A51SK0F kelebihannya yaitu, dibandingkan dengan sensor ultrasonik, dimana dapat mengatasi permukaan yang seperti cermin dan pengiriman data yang lebih cepat dibandingkan ultrasonik, sensor inframerah tidak menghitung waktu pancaran sinar melainkan menghitung di bagian mana sinar inframerah yang dikembalikan diterima oleh rangkaian photo

transistor. Kekurangan dari sensor ini yaitu kurang baik dalam pengukuran yang permukaannya tidak rata. Pada alat pengujian dibutuhkan sensor yang dapat membaca pergerakan telapak kaki palsu hingga 0.01 mm dan harga sensor yang tidak terlalu mahal. Melihat dari beberapa kelebihan dan kekurangan dari sensor yang telah disebutkan serta kebutuhan sensor yang dibutuhkan pada alat, Sensor Infrared GP2Y0A51SK0F menjadi Aternatif Pemilihan Sensor. Spesifikasi Sensor Infrared GP2Y0A51SK0F disebutkan pada Tabel 3-2.

Tabel 3-2 Spesifikasi Sensor Infrared GP2Y0A51SK0F

Product Attribute	Attribute Value
Manufacturer	Sharp Microelectronics
Product Category	Distance Sensors
Sensing Distance	2 - 15 cm
Operating Supply Voltage	4.5 – 5.5 V
Height	12 mm
Length	27 mm
Width	10.8 mm

3.4 Peralatan dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam perancangan Otomasi Alat Uji Dorsiflexion dan Histeresis Telapak Kaki Palsu yaitu:

1. *Power Supply* 24V

Power Supply atau catu daya adalah perangkat elektronika yang berguna sebagai sumber daya untuk perangkat lain. Gambar dan spesifikasi *Power Supply* yang digunakan terdapat pada Gambar 3-2 dan Tabel 3-3.



Gambar 3-2 *Power Supply* 24V

Tabel 3-3 Spesifikasi *Power Supply*

<i>Input</i>	110 / 220 VAC +- 15%
<i>Output</i>	24V DC
<i>Rated Power</i>	120 W
<i>Max Output</i>	5 A
<i>Dimension</i>	9,7 x 4,1 x 20 cm
<i>Weight</i>	600 gr

2. Stepdown LM2596

Stepdown digunakan untuk menurunkan tegangan yang dihasilkan *Power Supply* yang dari 24V ke 5V. Gambar dan spesifikasi *Stepdown* yang digunakan terdapat pada Gambar 3-3 dan

Tabel 3-4.



Gambar 3-3 Stepdown LM2596

Tabel 3-4 Spesifikasi Stepdown LM2596

<i>Input</i>	7-35 V
<i>Output</i>	1,25-30 V
<i>Current</i>	0-3A
<i>Output Power</i>	15 W
<i>Efficiency</i>	92 %

3. Arduino UNO

Arduino Uno adalah papan *Micro-Controller* yang berbasis pada ATmega328. Arduino Uno memiliki 14 pin digital (6 pin sebagai output PWM), 6 input analog, sebuah 16 MHz osilator kristal, sebuah koneksi USB, sebuah konektor sumber tegangan, sebuah header ICSP, dan sebuah tombol reset. Gambar dan spesifikasi dari Arduino UNO ditunjukkan pada Gambar 3-4 dan Tabel 3-5.



Gambar 3-4 Arduino UNO

Tabel 3-5 Spesifikasi Arduino UNO

<i>Microcontroller</i>	Atmega328
<i>Operating Voltage</i>	5V
<i>Input Voltage (recommended)</i>	7-12 V
<i>Input Voltage (limit)</i>	6-20 V
<i>Digital I/O Pins</i>	14(6 PWM)
<i>Analog Input Pins</i>	6
<i>DC Current per I/O Pin</i>	20 mA
<i>DC Current for 3.3 V Pin</i>	50 mA
<i>Flash Memory</i>	32 Kb (0.5 Kb used by bootloader)

4. Relay 5V

Relay digunakan untuk mengatur tegangan 24V yang terdapat pada Katup 5/3 Solenoid menggunakan tegangan 5V. Gambar dan spesifikasi dari Relay ditunjukkan pada Gambar 3-5 dan Tabel 3-6.



Gambar 3-5 Relay 5V

Tabel 3-6 Spesifikasi Relay

<i>Maximum load</i>	AC 250V/10A, DC 30V/10A
<i>Working voltage</i>	5V
<i>Size</i>	7.2 cm x 4.8 cm
<i>Weight</i>	60

5. Push Button

Push Button digunakan untuk menghubungkan dan memutuskan rangkaian elektronika. Gambar dan spesifikasi dari *Push Button* ditunjukkan pada Gambar 3-6 dan Tabel 3-7.



Gambar 3-6 Push Button

Tabel 3-7 Spesifikasi Push Button

<i>rated operational current</i>	Max 220VAC & 24VDC
<i>Size</i>	42 mm x 30 mm x 54.7 mm

6. LCD dan I2C

LCD (*Liquid Crystal Display*) merupakan komponen elektronika yang berfungsi untuk menampilkan suatu data yang berupa karakter, huruf, symbol maupun grafik. Inter Integrated Circuit atau yang lebih dikenal dengan sebutan I2C adalah merupakan standar komunikasi serial dua arah dengan menggunakan dua buah saluran yang didesain khusus untuk pengontrolan IC tersebut. I2C tersusun atas dua saluran utama yaitu, saluran SCL (*serial clock*) dan SDA (*serial data*) yang membawa informasi data antara I2C dengan sistem pengontrolnya. Gambar dan spesifikasi dari LCD dan I2C ditunjukkan pada Gambar 3-7 dan

Tabel 3-8.



Gambar 3-7 LCD dan I2C

Tabel 3-8 Spesifikasi LCD dan I2C

<i>Display Type</i>	Green Backlight
<i>I2C Address</i>	0x27
<i>Supply Voltage 5 V</i>	5V
<i>Interface</i>	I2C
<i>Size</i>	(80x36) mm
<i>Contrast Adjustment</i>	Buid-in Potentiometer
<i>Backlight Control</i>	Jumper wire

7. Sensor Infrared GP2Y0A51SK0F

Gambar dari Sensor Infrared GP2Y0A51SK0F ditunjukkan pada Gambar 3-8.



Gambar 3-8 Sensor Infrared GP2Y0A51SK0F

8. Kompresor

Gambar dari Kompresor yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3-9.



Gambar 3-9 Kompresor

9. Regulator

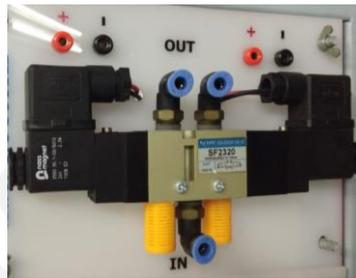
Gambar dari Regulator yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3-10.



Gambar 3-10 Regulator

10. Katup 5/3 Solenoid

Katup 5/3 Solenoid untuk mengatur jalannya aliran udara dari kompresor ke aktuator. 5 merupakan jumlah saluran dan 3 merupakan jumlah posisi. Dipilihnya 5 saluran dikarenakan 1 saluran untuk sumber aliran udara, yaitu kompresor. 2 buah saluran untuk menyalurkan udara ke Aktuator dan 2 saluran untuk membuang aliran udara ke atmosfer. Dipilihnya 3 posisi dikarenakan agar pengaturan jalannya aliran udara bisa diatur sesuai yang diinginkan. Gambar Katup 5/3 Solenoid ditunjukkan pada Gambar 3-11.



Gambar 3-11 Katup 5/3 Solenoid

11. Silinder Kerja Ganda

Silinder Kerja ganda yang dipilih sebagai Aktuator ditunjukkan pada Gambar 3-12.



Gambar 3-12 Silinder Kerja Ganda

12. Produk A

Produk A merupakan telapak kaki palsu yang bersal dari Jerman yang didalamnya berbahan *polymer* dan bagian luarnya berbahan *rubber*. Produk ini memiliki panjang 25 cm dan dapat menahan beban sebesar 100 Kg. Produk A

tampak samping ditunjukkan pada Gambar 3-13 dan Produk A tampak atas ditunjukkan pada Gambar 3-14.



Gambar 3-13 A tampak samping



Gambar 3-14 A tampak atas

13. Produk B

Produk B merupakan telapak kaki palsu yang bersal dari China yang didalamnya berbahan kayu dan bagian luarnya berbahan *rubber*. Produk ini memiliki panjang 25 cm. Produk B tampak samping ditunjukkan pada Gambar 3-13 dan Produk B tampak atas ditunjukkan pada Gambar 3-16.



Gambar 3-15 B tampak samping



Gambar 3-16 B tampak atas

14. Produk C

Produk C merupakan telapak kaki palsu yang bersal dari Indonesia yang didalamnya berbahan kayu dan bagian luarnya berbahan *rubber* yang masih mentah. Produk ini memiliki panjang 25 cm. Produk C tampak samping ditunjukkan pada Gambar 3-17 dan Produk C tampak atas ditunjukkan pada Gambar 3-18.



Gambar 3-17 Produk C tampak samping



Gambar 3-18 Produk C tampak atas paling kanan

15. *Bracket Linear Bearing*

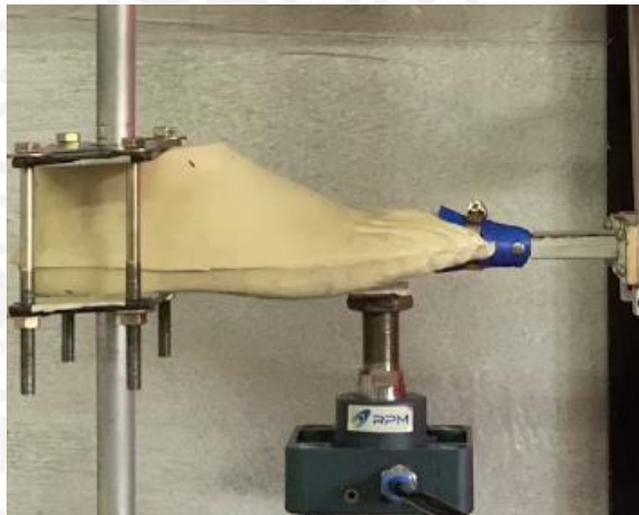
Bracket Linear Bearing merupakan batang lurus yang terhubung dengan telapak kaki palsu yang disambungkan dengan *Linear Bearing*. *Linear Bearing* merupakan suatu mekanisme yang membuat batang tetap pada kondisinya, sehingga pergerakan *Bracket Linear Bearing* mengikuti pergerakan telapak kaki palsu dan posisinya tetap lurus atau tidak miring. *Bracket Linear Bearing* digunakan sebagai alat bantu pengukuran dimana sensor membaca pergerakan telapak kaki palsu menggunakan *Bracket* ini.



Gambar 3-19 *Bracket Linear Bearing*

3.5 Perancangan

Proses perancangan dilakukan menjadi dua jenis yaitu perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak. Perancangan perangkat keras dilakukan untuk menghubungkan Silinder Kerja Ganda dengan Kompresor serta Sensor Infrared GP2Y0A51SK0F dengan Arduino dan Catu Daya. Perancangan selanjutnya adalah perancangan perangkat lunak yang bertujuan untuk membaca nilai kondisi Y0, Y1 dan Y2. Dimana Y0 merupakan kondisi pertama telapak kaki tanpa diberi beban, kondisi ini ditunjukkan pada Gambar 3-20.



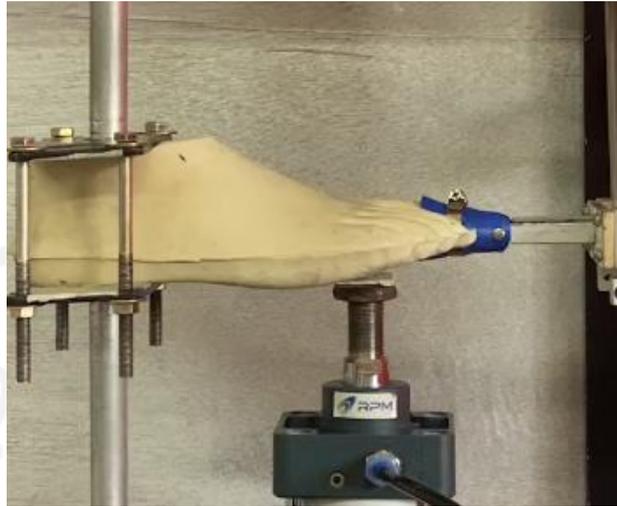
Gambar 3-20 Kondisi Y0

Kondisi Y1 merupakan kondisi kedua telapak kaki ketika diberi beban, kondisi ini ditunjukkan pada Gambar 3-21



Gambar 3-21 Kondisi Y1

Kondisi Y2 merupakan kondisi ketiga telapak kaki ketika beban yang diberi dihilangkan, kondisi ini ditunjukkan pada Gambar 3-22.



Gambar 3-22 Kondisi Y2

Nilai yang sudah diketahui kemudian diolah untuk mendapatkan data jarak *Dorsiflexion* dan Histeresis.

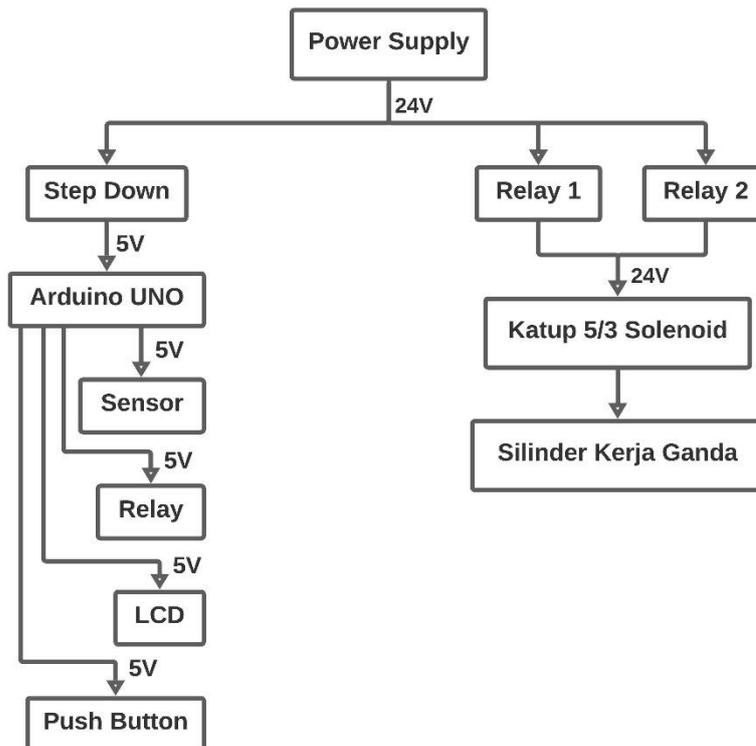
3.5.1 Perancangan Perangkat Keras

Pada perancangan perangkat keras diawali dengan menghubungkan Silinder Kerja Ganda dengan Kompresor yang ditunjukkan pada Gambar 3-23.



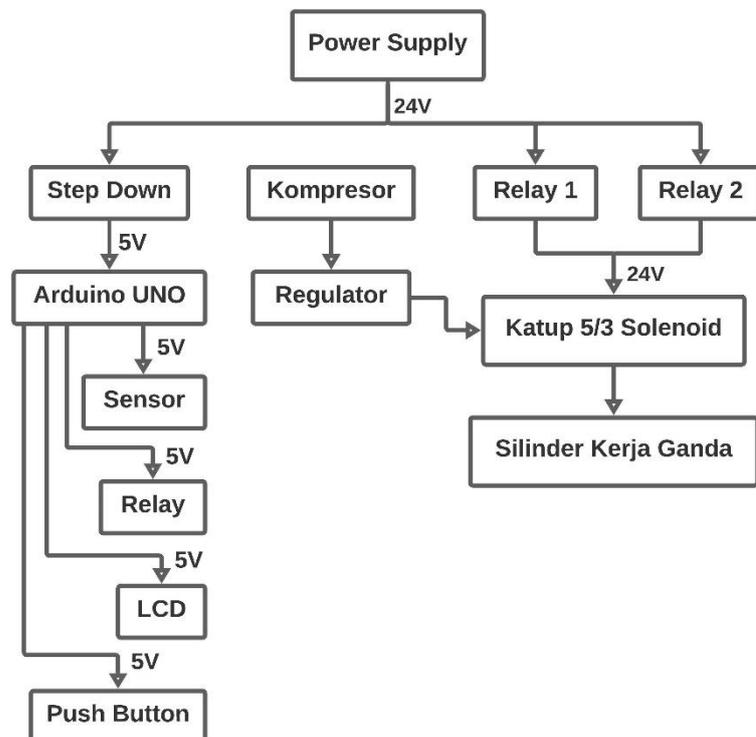
Gambar 3-23 Perancangan Perangkat Keras Kompresor

Kemudian menghubungkan Sensor Infrared GP2Y0A51SK0F dengan Arduino dan Catu Daya yang ditunjukkan pada Gambar 3-24.



Gambar 3-24 Perancangan Perangkat Keras Sensor Infrared

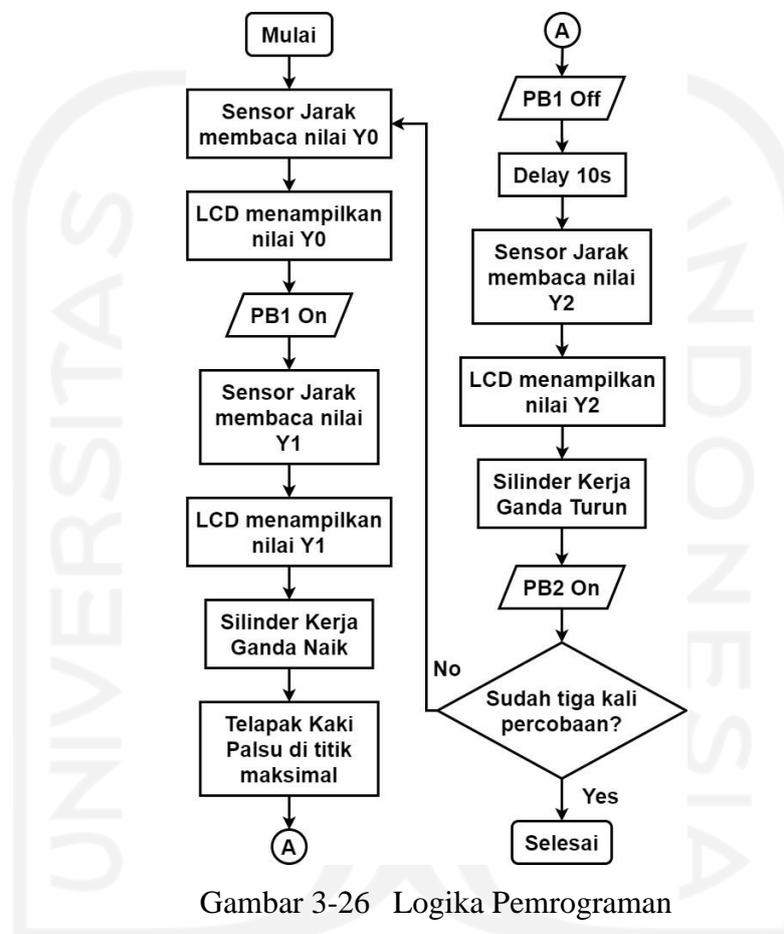
Kemudian menggabungkan perancangan dari Gambar 3-23 dan Gambar 3-24 menjadi satu yang ditunjukkan pada Gambar 3-25.



Gambar 3-25 Perancangan Perangkat Keras

3.5.2 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak dilakukan dengan menggunakan *Software* Arduino IDE 1.8.12. *Software* tersebut digunakan untuk merancang dan mengunggah program dari laptop ke Arduino Uno. Logika pemrograman yang dirancang ditunjukkan pada Gambar 3-26.



Gambar 3-26 Logika Pemrograman

3.6 Metode Pengujian Validasi Beban

Tahapan ini dilakukan untuk mengetahui jumlah beban yang ditransmisikan oleh silinder kerja ganda sesuai dengan jumlah beban yang digunakan. Diameter piston yang digunakan dalam pengujian ini sebesar 8 cm, untuk menghasilkan beban 100 Kg dari silinder tersebut dibutuhkan tekanan kerja kompresor sebesar 2 Kg/cm^2 dan untuk menghasilkan beban 50 Kg dari silinder tersebut dibutuhkan tekanan kerja kompresor sebesar 1 Kg/cm^2 . Timbangan berat badan digunakan dalam pengujian ini, dimana timbangan diletakkan diatas silinder

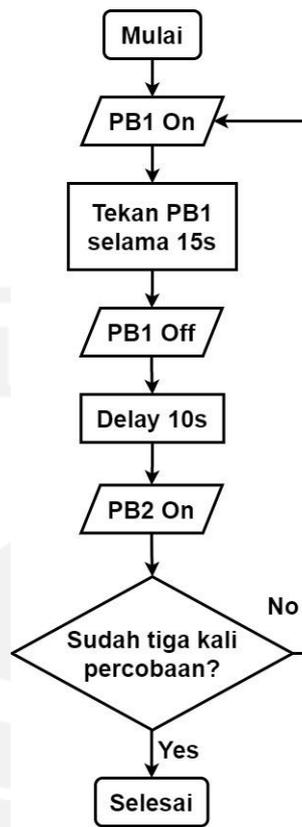
kerja ganda. Kemudian diatas timbangan diletakkan kayu balok untuk menahan beban yang ditransmisikan oleh silinder.

Tahapan ini menggunakan beban sebesar 50 Kg dimana jika beban yang ditransmisikan oleh Aktuator yang diukur menggunakan timbangan badan nilainya mendekati 50 Kg atau 50 Kg maka dapat diasumsikan bahwa, nilai beban yang Aktuator transmisikan sama dengan jumlah beban yang digunakan.

3.7 Metode Pengujian Validasi Jarak

Tahapan ini dilakukan untuk mengetahui hasil pembacaan sensor mendekati nilai sebenarnya. Sensor diletakkan 12 cm diatas *Bracket Linear Bearing*. Pertama dilakukan pengambilan data tegangan yang diambil setiap 0.5 cm yang dilakukan lima kali mulai dari 2 – 12 cm. Kemudian hasil tersebut dirata-rata tiap 0.5 cm. Hasil rata-rata tersebut kemudian dibuatkan grafik yang membandingkan rata-rata tegangan dengan jarak. Grafik tersebut menghasilkan sebuah persamaan yang digunakan dalam proses pembuatan program untuk mengetahui jarak. Program yang sudah dibuat kemudian digunakan untuk mengukur jarak setiap 0.5 cm yang dilakukan lima kali mulai dari 2 – 12 cm. Kemudian hasil tersebut dirata-rata tiap 0.5 cm. Hasil rata-rata tersebut kemudian dibuatkan grafik yang membandingkan rata-rata hasil pengukuran dengan jarak. Dari grafik inilah bisa dilihat hasil pembacaan sensor mendekati nilai sebenarnya atau tidak.

3.8 Metode Pengujian



Gambar 3-27 Alur Penggunaan Alat

Setelah perancangan dilakukan, langkah berikutnya adalah melakukan pengujian terhadap telapak kaki palsu. Alur penggunaan alat dalam pengujian ini ditunjukkan pada gambar di atas. Pada bagian ini terdapat pengambilan data *Dorsiflexion* dan Histeresis pada Produk A, Produk B dan Produk C. Produk A berasal dari Jerman, Produk B berasal dari Cina dan Produk C berasal dari Indonesia.

Pengambilan data *Dorsiflexion* dilakukan dengan cara menekan *Push Button 1* yang mengakibatkan aktuator bergerak keatas selama 15 detik. Kemudian aktuator akan berhenti selama 10 detik, pada saat ini telapak kaki palsu akan menahan beban yang ditransmisikan oleh aktuator. Setelah aktuator berhenti selama 10 detik, aktuator akan otomatis bergerak kebawah. Pengambilan data Histeresis dilakukan dari telapak kaki palsu bergerak kebawah hingga telapak kaki palsu benar-benar sudah berhenti bergerak. *Push Button 2* ditekan untuk menghentikan pengambilan data Histeresis. *Push Button 1* dan *Push Button 2* ditunjukkan pada Gambar 3-28 dan Gambar 3-29.



Gambar 3-28 *Push Button 1*



Gambar 3-29 *Push Button 2*

Proses Pengujian setiap produk dilakukan setiap tiga kali percobaan. Tujuan dari dilakukannya proses pengujian sebanyak tiga kali yaitu untuk mengetahui perbedaan jarak ketika telapak kaki palsu diberi beban dan kemudian dihilangkan.

Berdasarkan data yang didapat dari proses pengujian tersebut kemudian ditampilkan pada grafik yang ditunjukkan dari Gambar 4-10 sampai Gambar 4-12 dan dilakukan perhitungan mencari nilai dari *Dorsiflexion* dan Histeresis. Dimana dari setiap percobaan terdapat tiga kondisi pada telapak kaki palsu. Tiga kondisi tersebut yaitu, Y0 merupakan kondisi pertama telapak kaki tanpa diberi beban, Y1

merupakan kondisi kedua telapak kaki ketika diberi beban dan Y2 merupakan kondisi ketiga telapak kaki ketika beban yang diberi dihilangkan.

Nilai *Dorsiflexion* merupakan pengurangan nilai Kondisi Y0 dengan Kondisi Y1, sedangkan nilai Histeresis merupakan pengurangan nilai Kondisi Y0 dengan Kondisi Y2.



BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

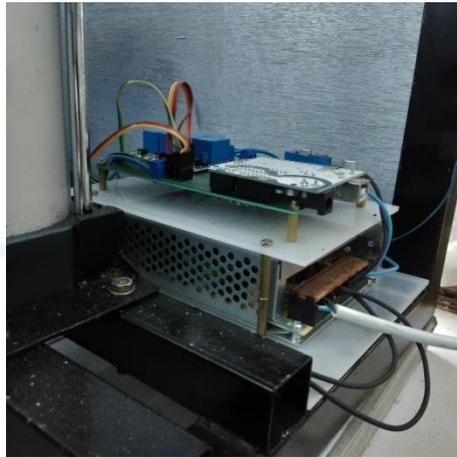
4.1 Hasil Perancangan



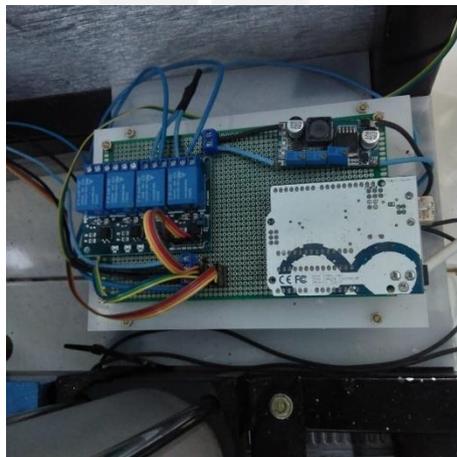
Gambar 4-1 Hasil Perancangan Perangkat Keras

Hasil perancangan perangkat keras seperti pada Gambar 3-25 dapat dilihat pada Gambar 4-1. Berdasarkan Gambar 3-25 dapat diketahui bahwa sumber tenaga menggunakan *Power Supply* yang mengubah tegangan rumah yang sekitar 220 Volt menjadi 24 Volt sesuai dengan spesifikasi keperluan tegangan Katup 5/3 Solenoid. Arduino memerlukan sumber tegangan berkisar 5-7 Volt sehingga ditambahkan komponen *Stepdown* untuk menurunkan tegangan power supply yang 24 Volt menjadi 5 Volt. Relay juga memerlukan sumber tegangan 5 Volt sehingga Relay dihubungkan ke *Stepdown*.

Untuk pemasangan Arduino, *Stepdown* dan Relay terletak dibalik Silinder Kerja Ganda yang ditunjukkan pada Gambar 4-2 dan Gambar 4-3.



Gambar 4-2 Arduino, Stepdown dan Relay tampak samping



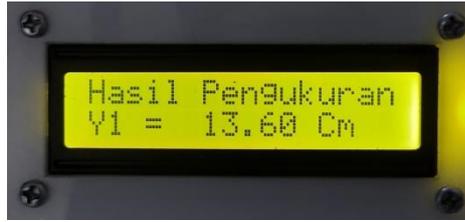
Gambar 4-3 Arduino, Stepdown dan Relay tampak atas

Ketika alat dinyalakan, LCD akan menampilkan hasil pengukuran Y0 yang ditunjukkan pada Gambar 4-4.



Gambar 4-4 Hasil Pengukuran Y0

Ketika *Push Button* 1 ditekan, LCD akan menampilkan hasil pengukuran Y1 yang ditunjukkan pada Gambar 4-5.



Gambar 4-5 Hasil Pengukuran Y1

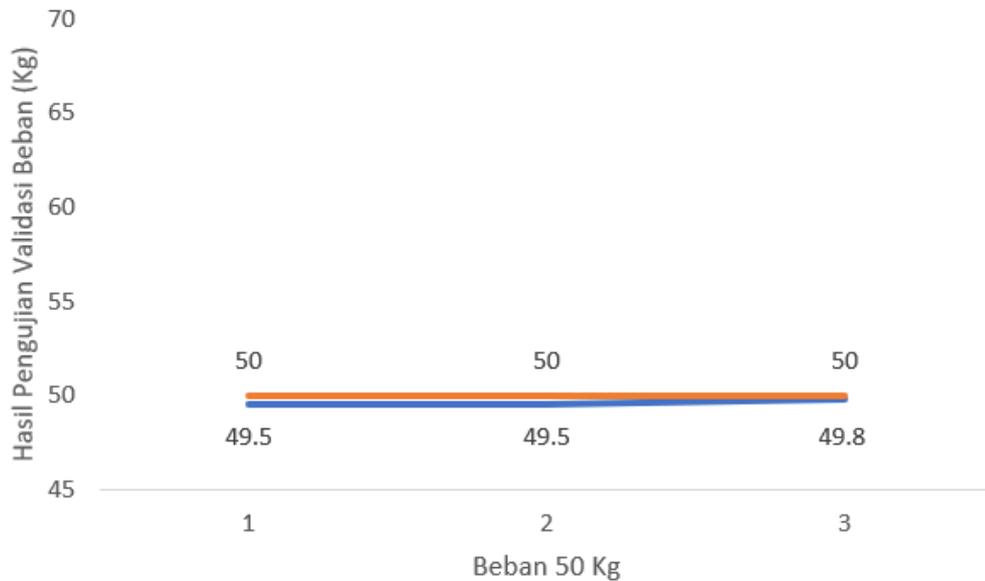
Hasil pengukuran Y2 ditampilkan pada LCD ketika aktuator mulai bergerak kebawah yang ditunjukkan pada Gambar 4-6.



Gambar 4-6 Hasil Pengukuran Y2

4.2 Hasil Pengujian Validasi Beban

Hasil Pengujian Validasi Beban ditampilkan dalam bentuk grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4-7.

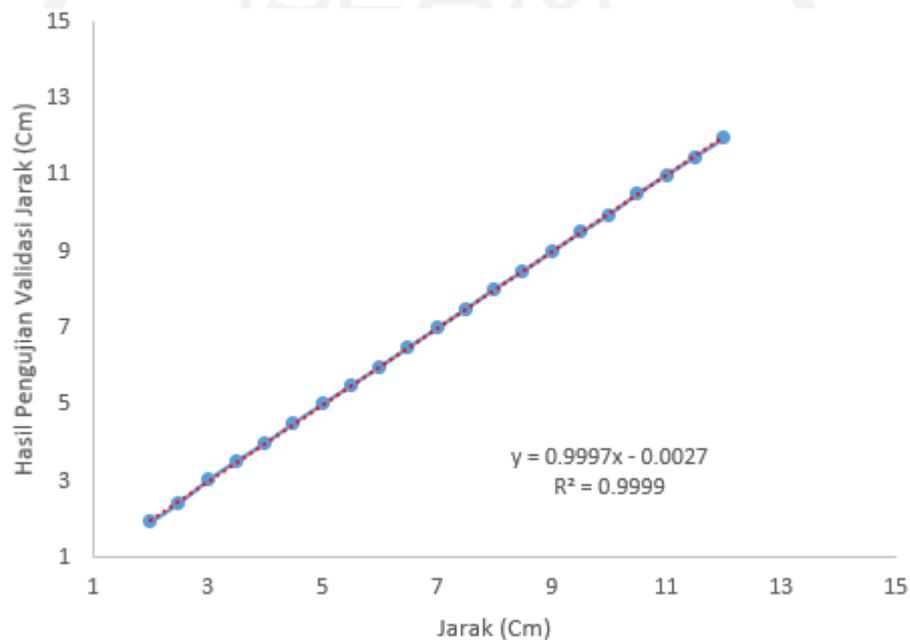


Gambar 4-7 Grafik Hasil Pengujian Validasi Beban

Pada Gambar 4-7 Hasil Pengujian Validasi Beban pertama bernilai 49.5 Kg, kedua bernilai 49.5 Kg dan ketiga bernilai 49.8 Kg. Dengan mendekatinya nilai Hasil Pengujian Validasi Beban dengan jumlah beban yang digunakan maka beban yang Aktuator transmisikan sama dengan jumlah beban yang digunakan.

4.3 Hasil Pengujian Validasi Jarak

Hasil Pengujian Validasi Jarak ditampilkan dalam grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4-8.



Gambar 4-8 Grafik Hasil Pengujian Validasi Jarak

Dari grafik tersebut terlihat bahwa nilai Hasil Pengujian Validasi Jarak sudah mendekati dengan nilai sebenarnya.

4.4 Hasil Pengujian

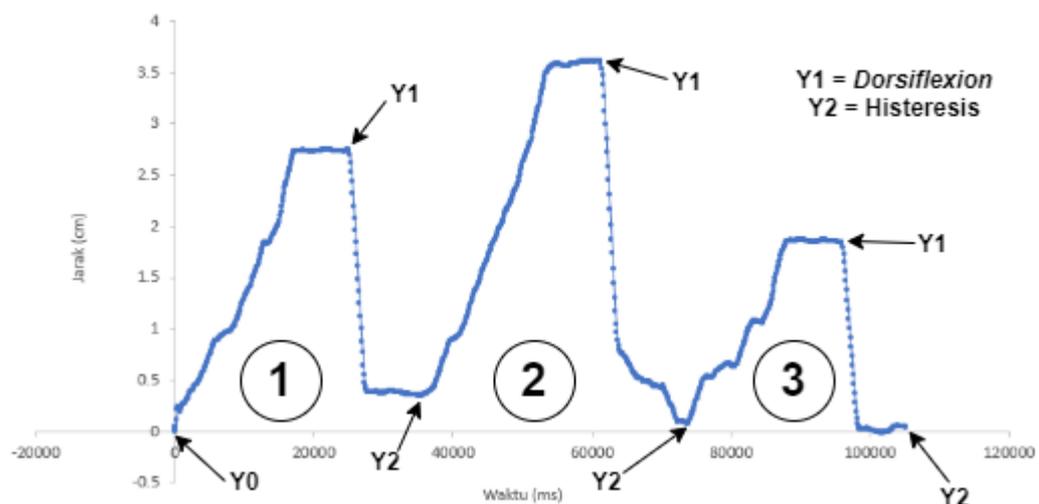
Setelah dilakukannya proses pengujian terhadap Produk A, Produk B dan Produk C didapatkan data dari hasil pembacaan sensor yang ditunjukkan pada Gambar 4-9.

Y0 = 11.49 Cm			
Y1 = 11.46 Cm	Time = 0 ms	PB_1 = 1	Counter0
Y1 = 11.37 Cm	Time = 106 ms	PB_1 = 1	Counter0
Y1 = 11.17 Cm	Time = 213 ms	PB_1 = 1	Counter0
Y1 = 10.91 Cm	Time = 319 ms	PB_1 = 1	Counter0
Y1 = 11.10 Cm	Time = 426 ms	PB_1 = 1	Counter0
Y1 = 11.27 Cm	Time = 532 ms	PB_1 = 1	Counter0
Y1 = 11.46 Cm	Time = 640 ms	PB_1 = 1	Counter0
Y1 = 11.44 Cm	Time = 746 ms	PB_1 = 1	Counter0
Y1 = 11.00 Cm	Time = 853 ms	PB_1 = 1	Counter0

Gambar 4-9 Hasil Pembacaan Sensor

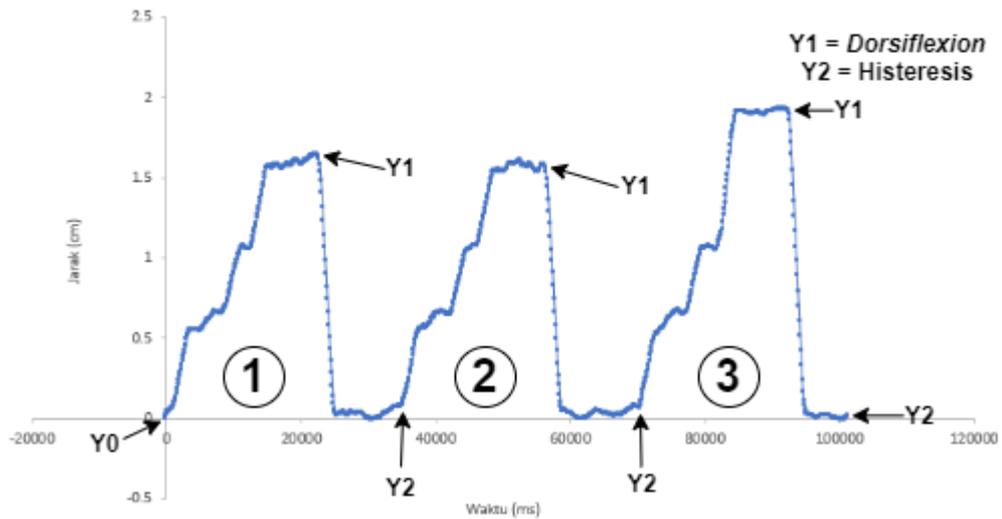
Pada gambar diatas terdapat Counter0 yang merupakan sebuah penghitung waktu yang digunakan untuk menahan silinder kerja ganda ketika aktif selama 10s. Data tersebut kemudian diolah dalam *Software* Microsoft Excel untuk membuat grafik tiap pengujian, menentukan nilai *Dorsiflexion* dan Histeresis serta rata-rata dari *Dorsiflexion* dan Histeresis dari tiap produk.

Grafik yang menunjukkan hasil Pengujian Produk A ditampilkan pada Gambar 4-10.



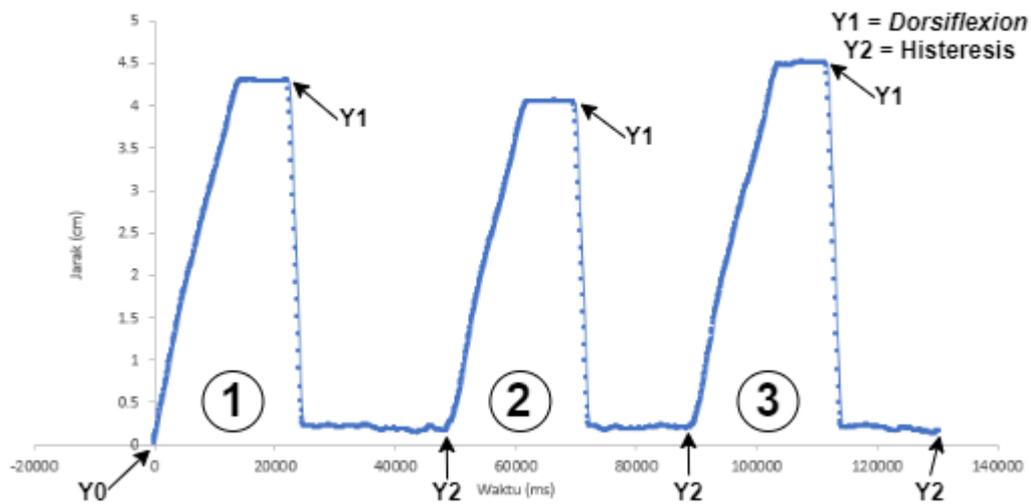
Gambar 4-10 Grafik Pengujian Produk A

Grafik yang menunjukkan hasil Pengujian Produk B ditampilkan pada Gambar 4-11.



Gambar 4-11 Grafik Pengujian Produk B

Grafik yang menunjukkan hasil Pengujian Produk C ditampilkan pada Gambar 4-12.



Gambar 4-12 Grafik Pengujian Produk C

Data tiap kondisi Pengujian dari Produk A ditunjukkan pada Tabel 4-1.

Tabel 4-1 Data Tiap Kondisi Pengujian Produk A

Percobaan Ke-	Y0 atau kondisi awal (cm)	Y1 atau <i>Dorsiflexion</i> (cm)	Y2 atau Histeresis (cm)
1	0	2.67	0.37
2	0	3.57	0.57
3	0	1.85	0.03
Rata-rata		2.70	0.33
Standar Deviasi		0.86	0.27

Data tiap kondisi Pengujian dari Produk B ditunjukkan pada Tabel 4-2.

Tabel 4-2 Data Tiap Kondisi Pengujian Produk B

Percobaan Ke-	Y0 atau kondisi awal (cm)	Y1 atau <i>Dorsiflexion</i> (cm)	Y2 atau Histeresis (cm)
1	0	1.45	0.03
2	0	1.42	0.04
3	0	1.64	0.03
Rata-rata		1.50	0.03
Standar Deviasi		0.12	0.007

Data tiap kondisi Pengujian dari Produk C ditunjukkan pada Tabel 4-3.

Tabel 4-3 Data Tiap Kondisi Pengujian Produk C

Percobaan Ke-	Y0 atau kondisi awal (cm)	Y1 atau <i>Dorsiflexion</i> (cm)	Y2 atau Histeresis (cm)
1	0	4.28	0.20
2	0	4.04	0.20
3	0	4.46	0.19
Rata-rata		4.26	0.20
Standar Deviasi		0.21	0.008

Data Rata-rata *Dorsiflexion* dan Histeresis Tiap Produk Tabel 4-4

Tabel 4-4 Data *Dorsiflexion* dan Histeresis Tiap Produk

Produk	<i>Dorsiflexion</i> (cm)	Histeresis (cm)
A	2.70 ± 0.86	0.33 ± 0.27
B	1.50 ± 0.12	0.03 ± 0.007
C	4.26 ± 0.21	0.20 ± 0.008

4.5 Analisis dan Pembahasan

Langkah pertama adalah melakukan pengujian validasi beban untuk memenuhi kriteria desain pertama yaitu mampu memberikan beban sebesar 100 Kg. Untuk hasil pengujian validasi beban dapat dilihat pada Gambar 4-7. Berdasarkan Gambar 4-7 tersebut dapat diketahui bahwa beban yang Aktuator transmisikan sama dengan jumlah beban yang digunakan. Sehingga alat uji yang telah dirancang dapat memenuhi kriteria desain yang pertama.

Langkah kedua yaitu melakukan pengujian validasi jarak untuk memenuhi kriteria desain kedua yaitu mampu mengukur nilai *Dorsiflexion* dengan rentang 0 - 10 cm. Untuk hasil pengujian validasi jarak dapat dilihat pada Gambar 4-8. Berdasarkan Gambar 4-8 tersebut dapat diketahui bahwa grafik tersebut sudah linear, dimana hubungan jarak yang diukur nilainya berbanding lurus dengan hasil yang didapat. Hasil pengukuran nilai *Dorsiflexion* Produk A, B dan C ditampilkan pada Tabel 4-4.

Pada percobaan kedua dipengujian Produk A yang ditunjukkan pada Gambar 4-10, terlihat bahwa grafiknya lebih besar dibandingkan dengan percobaan pertama dan ketiga. Hal ini disebabkan penekanan *Push Button* 1 yang melebihi 0.8s dari 15s. Sehingga silinder kerja ganda mendorong telapak kaki palsu lebih lama dibandingkan dengan percobaan pertama dan ketiga.

Pengujian validasi jarak juga dilakukan untuk memenuhi kriteria desain yang terakhir yaitu mampu menunjukkan hasil pengukuran Histeresis. Nilai Histeresis dicari untuk menentukan jarak kembalinya telapak kaki palsu. Dengan didapatkannya hasil pengujian jarak yang linear dapat mencari nilai Histeresis menggunakan persamaan 2.1. Hasil pengukuran Histeresis Produk A, B dan C ditampilkan pada Tabel 4-4.

Terpenuhinya semua kriteria desain membuat alat uji yang telah dirancang dapat mengetahui jarak penekukan *Dorsiflexion* dan Histeresis, beban yang digunakan dalam alat uji dapat tervalidasi dan mengetahui urutan nilai *Dorsiflexion* dan Histeresis terhadap Produk A, B dan C dari data hasil pengujian yang telah dianalisis.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Terciptanya alat uji yang dapat mengetahui jarak penekukan telapak kaki palsu dan jarak kembalinya penekukan telapak kaki palsu.
2. Dalam proses pengujian yang jumlah percobaannya dilakukan lebih dari satu kali mempengaruhi hasil nilai histeresis *Dorsiflexion* dan *Histeresis*.
3. Urutan nilai *Dorsiflexion* yang paling jauh ke yang paling dekat yaitu, C, A dan B. Urutan nilai Histeresis yang paling dekat ke yang paling yaitu, B, C dan A.

5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan menghasilkan saran untuk penelitian selanjutnya yaitu :

1. Menyediakan tombol untuk memutus dan menyambungkan aliran listrik yang ada pada otomasi alat uji.
2. Membuat pengambilan data *Dorsiflexion* yang menekan *Pushbutton* 1 dibuat hanya satu kali tekan saja, agar tidak perlu menekan *Pushbutton* 1 secara terus menerus selama 15s.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrinta, M. A., & Ihsan, M. (2017). *Sensor. 1*.
- Ardaisi, M. (2011). *Aplikasi sensor infra merah pada*. 5(1), 27–38.
- Barman, K., Ali, N., Pulp, M., & Limited, P. M. (2017). *FABRICATION OF A PNEUMATIC SHEET METAL CUTTING MACHINE*. (December).
- Dimpudus, S. Y., Poekoel, E. V. C., & Manembu, P. D. K. (2015). Sistem Pengemasan Botol Minuman Kemasan Berbasis Programmable Logic Controller. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 4(7), 65–72. <https://doi.org/10.35793/jtek.4.7.2015.10717>
- Fatahillah, U. (2018). IMPLEMENTASI PEMENUHAN HAK PENYANDANG DISABILITAS (TUNA NETRA) DALAM MENGAKSES FASILITAS PUBLIK MENURUT PERATURAN BUPATI BONDOWOSO NOMOR 56 TAHUN 2018 TENTANG PERLINDUNGAN DAN PEMENUHAN HAK – HAK PENYANDANG DISABILITAS DI KABUPATEN BONDOWOSO. *Energies*, 6(1), 1–8. Retrieved from <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1120700020921110%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.reuma.2018.06.001%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.arth.2018.03.044%0Ahttps://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1063458420300078?token=C039B8B13922A2079230DC9AF11A333E295FCD8>
- Haberman, A. (2008). *Mechanical Properties of Dynamic Energy Return Prosthetic Feet*. 130.
- Hananto, F. S. (2009). APLIKASI AKTUATOR PIEZOELEKTRIK. *Jurnal Neutrino*, 2(1), 86–91.
- ISO. (2016). *INTERNATIONAL STANDARD ISO 10328. 148*, 148–162.
- Jweeg, M. J., Al-Beiruti, A. A., & Al-Kinani, K. K. (2011). Design and Analysis of a New Prosthetic Foot. *The Iraqi Journal For Mechanical And Material Engineering*, 11(2).
- Prasetyo, D. (2017). *MONITORING KETINGGIAN DAN ALIRAN AIR PADA SISTEM IRIGASI TANAMAN PADI BERBASIS ATMEGA 16 MENGGUNAKAN KOMUNIKASI GSM*.
- Subhan, M., & Satmoko, A. (2016). Penentuan Dimensi dan Spesifikasi Silinder

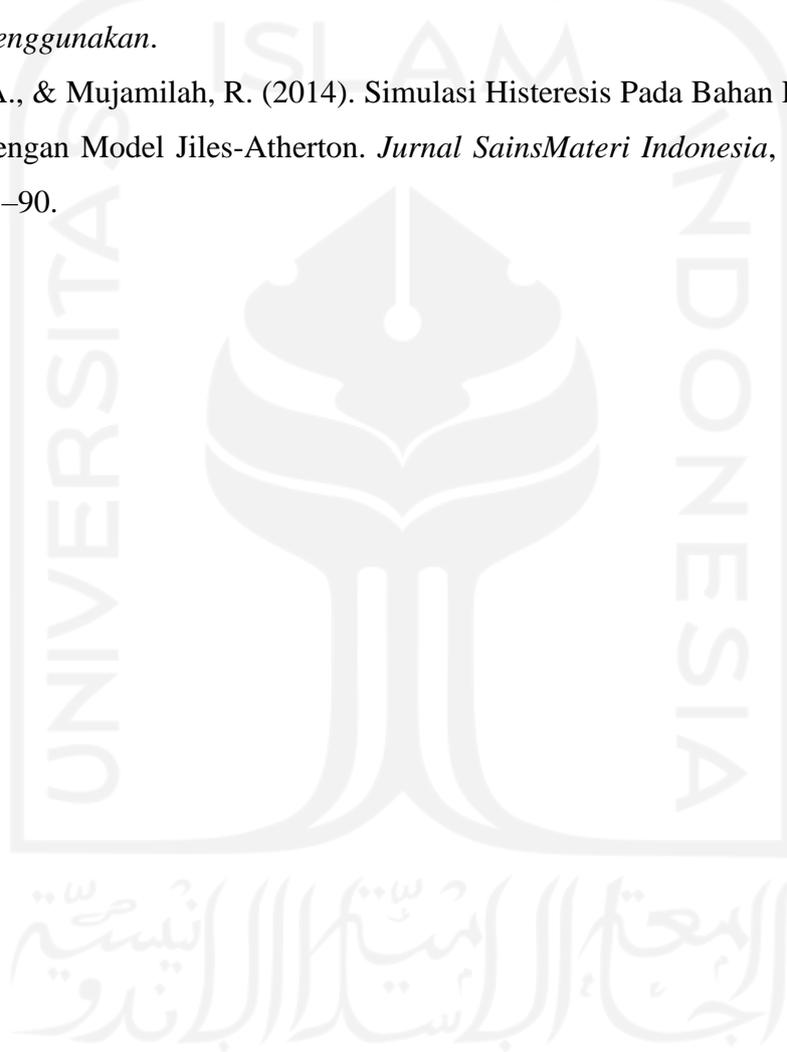
Pneumatik Untuk Pergerakan Tote Iridator Gamma Multiguna Batan. *J Nuklir*, 10(1978), 50–61.

Sutarsi, S. (2017). *Mikrokontroler dan Interface*. 2–3. Retrieved from https://scholar.google.co.id/scholar?hl=id&as_sdt=0%2C5&q=jurnal+artikel+ilmiah&btnG=

Tunus, M. dkk. (2014). *Pengantar Standardisasi*.

Vitriana, S. (2002). *Rehabilitasi pasien amputasi bawah lutut dengan menggunakan*.

Yani, A., & Mujamilah, R. (2014). Simulasi Histeresis Pada Bahan Feromagnetik Dengan Model Jiles-Atherton. *Jurnal SainsMateri Indonesia*, (1411–1098), 85–90.



LAMPIRAN

1. Datasheet Sensor Sharp GP2Y0A51SK0F.

SHARP

GP2Y0A51SK0F

GP2Y0A51SK0F

Distance Measuring Sensor Unit
Measuring distance : 2 to 15 cm
Analog output type



■Description

GP2Y0A51SK0F is a distance measuring sensor unit, composed of an integrated combination of PSD (position sensitive detector), IR-LED (infrared emitting diode) and signal processing circuit. The variety of the reflectivity of the object, the environmental temperature and the operating duration are not influenced easily to the distance detection because of adopting the triangulation method. This device outputs the voltage corresponding to the detection distance. So this sensor can also be used as a proximity sensor.

■Agency approvals/Compliance

1. Compliant with RoHS directive (2002/95/EC)

■Applications

1. Cleaning robot
2. Personal robot
3. Sanitary

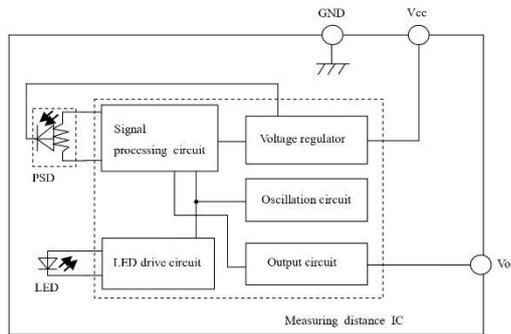
■Features

1. Distance measuring sensor is united with PSD, infrared LED and signal processing circuit
2. Short measuring cycle (16.5ms)
3. Distance measuring range : 2 to 15 cm
4. Compact size (27.0 × 10.8 × 12.0mm)
5. Analog output type

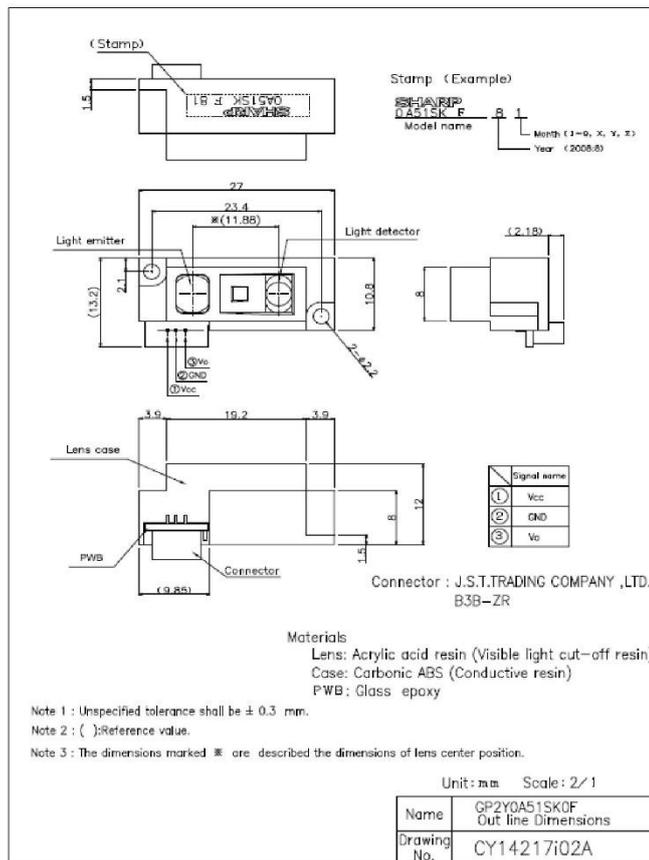
Notice The content of data sheet is subject to change without prior notice.
In the absence of confirmation by device specification sheets, SHARP takes no responsibility for any defects that may occur in equipment using any SHARP devices shown in catalogs, data books, etc. Contact SHARP in order to obtain the latest device specification sheets before using any SHARP device.

Sheet No. : OP13007EN

■Schematic



■Outline



■Absolute maximum ratings

(Ta=25°C)

Parameter	Symbol	Ratings	Unit	Remark
Supply voltage	Vcc	-0.3 to +7	V	-
Output terminal voltage	Vo	-0.3 to Vcc+0.3	V	-
Operating temperature	Topr	-10 to +60	°C	-
Storage temperature	Tstg	-40 to +70	°C	-

■Operating supply voltage

Symbol	Rating	Unit	Remark
Vcc	4.5 to 5.5	V	-

■Electro-optical Characteristics

(Ta=25°C, Vcc=5V)

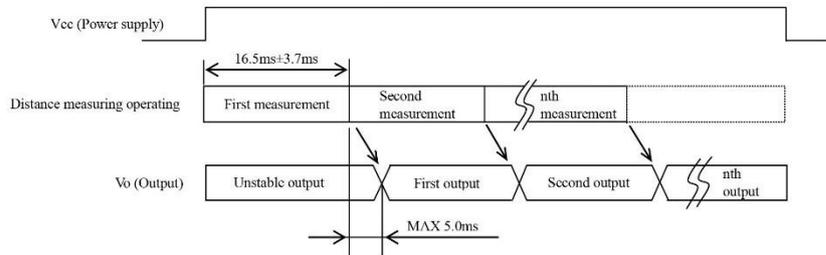
Parameter	Symbol	Conditions	MIN.	TYP.	MAX.	Unit
Measuring distance range	ΔL	(Note 1)	2	-	15	cm
Output terminal voltage	Vo	L=15cm (Note 1)	0.25	0.4	0.55	V
Output voltage difference	ΔVo	Output change at L change (15cm → 2cm) (Note 1)	1.35	1.65	1.95	V
Average supply current	Icc	L=15cm (Note 1)	-	12	22	mA

※L : Distance to reflective object

(Note 1) Using reflective object : White paper

(Made by Kodak Co., Ltd. gray cards R-27 · white face, reflective ratio ; 90%)

■Timing Chart



2. Dimensi Alat Uji

