

**Perancangan Sistem Otomasi Alat Uji *Fatigue* Telapak Kaki
Buatan Berbasis Arduino**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin**



Disusun Oleh :

Nama : Reskia Budi

No. Mahasiswa : 16525074

NIRM : 2016070539

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

2021

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa karya tulis ilmiah yang saya buat merupakan karya sendiri bukan hasil plagiarisme dari karya tulis yang dibuat oleh orang lain. Semua referensi dan kutipan yang saya tulis pada karya tulis ini saya cantumkan sitasi dan sumber pustakanya. Apabila dikemudian hari saya dianggap melakukan pelanggaran hak kekayaan intelektual dan yang saya tulis pada karya ilmiah ini tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi dan hukuman yang berlaku.

Yogyakarta, 8 September 2021



Reskia Budi

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING
Perancangan Sistem Otomasi Alat Uji *Fatigue* Telapak Kaki
Buatan Berbasis Arduino

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

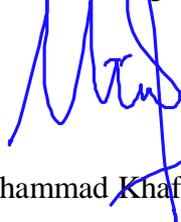
Nama : Reskia Budi

No. Mahasiswa : 16525074

NIRM : 2016070539

Yogyakarta, 20 Agustus 2021

Pembimbing I,



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

Pembimbing II,



Donny Suryawan S.T., M.Eng.

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI
Perancangan Sistem Otomasi Alat Uji *Fatigue* Telapak Kaki
Buatan Berbasis Arduino

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Reskia Budi

No. Mahasiswa : 16525074

NIRM : 2016070539

Tim Penguji

Donny Suryawan, S.T., M.Eng.

Ketua



Tanggal : 08 September 2021

Santo Ajie Dhewanto, S.T, M.M.

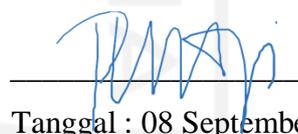
Anggota I



Tanggal : 08 September 2021

Purtojo, S.T, M.Sc.

Anggota II



Tanggal : 08 September 2021

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

HALAMAN PERSEMBAHAN

Penelitian ini dipersembahkan kepada :

Orang tua yaitu ayah dan ibu yang terus menerus memberikan dukungan dan do'a kepada penulis, sehingga penulis selalu berusaha dan semangat untuk menyelesaikan tugas akhir dengan baik.

Dosen Pembimbing yang telah memberikan ilmu pembelajaran, saran, serta arahan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan benar dan baik.

Saudara dan teman yang selalu membantu dan juga mengingatkan kepada penulis untuk selalu berusaha memberikan yang terbaik dalam melakukan segala sesuatu, salah satunya adalah menyelesaikan tugas akhir ini.

HALAMAN MOTTO

“Allah tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai dengan kadar kesanggupannya”.
(QS. Al-Baqarah: 286)

“Berdoalah kepada ku pastilah aku kabulkan untukmu”.
(QS. Al-Mukmin: 60)

"Sebaik-baik manusia adalah yang bermanfaat bagi manusia."
(HR.Ahmad,ath-Thabrani,a d-Daruqutni)

“Bekerja keras dan bersikap baiklah. Hal luar biasa akan terjadi.” (Conan O’Brien)

“Bukan tentang jam berapa kamu tidur, tapiapa yang kamu lakukan Ketika bangun” (Tom Liwafa)

الجمعة المباركة
الاستاذ الاندو

KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH

Assalamu'alaikum warahmatullahi wa barakatuhu.

Alhamdulillahirobbil'alamin, puja dan puji syukur selalu saya ucapkan kepada Allah SWT yang senantiasa telah memberikan nikmat iman, islam, rahmat dan taufik sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan baik dan lancar. Tidak lupa sholawat serta salam selalu kita panjatkan kepada baginda Nabi Muhammad SAW karena berkat beliau kita dapat melewati zaman yang kelam menjadi zaman yang terang seperti saat ini.

Laporan tugas akhir yang berjudul “*Perancangan Sistem Otomasi Alat Uji Fatigue Telapak Kaki Buatan Berbasis Arduino*” ini adalah sebagai syarat untuk mendapatkan gelar sarjana Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.

Tidak lupa penyusunan laporan tugas akhir ini dapat cepat terselesaikan berkat bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Maka karena itu saya ucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Kedua orang tua, ayah dan ibu serta keluarga adik dan kakak yang selalu mendukung, memberikan saran, dan do'a sehingga dapat menjalankan penelitian ini dengan baik dan lancar.
2. Bapak Dr. Muhammad Khafidh, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 1 Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia yang selalu memberikan ilmu, saran, serta arahan pada saat bimbingan tugas akhir.
3. Bapak Donny Suryawan, S.T., M.Eng. selaku pembimbing 2 yang telah memberikan waktu luangnya untuk senantiasa memberikan arahan dalam penyusunan tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. Eng. Risdiyono, S.T., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia dan juga seluruh Dosen Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan berbagai ilmu dari *softskill* dan *hardskill*.
5. Ketua laboratorium Mektaronika dan Sistem manufaktur serta jajarannya sehingga mesin yang dibuat dapat terselesaikan dengan baik dengan

bantuan alat yang tersedia di laboratorium.

6. Seluruh teman-teman angkatan 2016 yang selalu ada dan mendukung dari awal masuk kuliah hingga sampe sekarang ini.
7. Calon pendamping yang selalu membuat diri termotivasi untuk melakukan yang terbaik dalam melakukan sesuatu dan sebagai persiapan bekal dimasa yang akan datang.
8. Teman sahara dan bukansahara yang selalu memberikan dukungan moral dan bantuan dalam menyelesaikan penelitian ini.
9. Tim Futsal T.Mesin UII, Seturan futsal, dan Ballers yang selalu memberi dorongan dalam menjaga daya tahan tubuh dan mental dengan selalu aktif berolahraga.
10. Tim PKM Prosmile, Smartstick, dan Impossible yang selalu memberi motivasi penyemangat.
11. Seluruh teman-teman Marcomm FTI UII yang selalu memberikan dukungan penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
12. Ardhitya Aryo Wicaksono sebagai rekan kerja saya yang telah membantu menyelesaikan penelitian ini sehingga cepat terselesaikan.
13. Serta teman-teman lain yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu.

Penulis berharap agar penelitian ini nantinya akan memberikan dampak yang positif bagi banyak orang dan dapat meringankan pekerjaan orang lain agar lebih efektif, aman, dan mudah. Untuk penyusunannya penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam laporan tugas akhir ini, maka dari itu penulis meminta maaf atas kesalahan yang ada. Penulis juga menerima kritik dan saran bagi pembaca, karena nantinya berdampak positif dan juga untuk tidak mengulangi kesalahan yang sama. Wassalamu'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuhu.

Yogyakarta, 16 Agustus 2021

Penulis



(Reskia Budi)

ABSTRACT

The increase in the number of persons with disabilities according to the Ministry of Social Affairs from 2003 to 2012 was quite significant, namely 1.76%. From the total data, 10.26% of them are disabled in walking. Due to the large number of foot organ disabilities, there are also great opportunities for prosthetic prosthetic manufacturers. At this time, there are many manufacturers of prosthetic products, but information regarding the quality and durability of these products is still minimal. Fatigue test is one of the tests that can determine the durability and quality of a product. Therefore, in this study, we will design an automation system for prosthetic limb fatigue testing using the Arduino control system. This automation system will be applied in the designed fatigue test equipment. The result of the control system design in this study is that we can adjust the time delay of pressing and the number of counters/knocks on pneumatics. From each foot product, 72,000 cycles have been tested, with a division system into 7 times with each time worth 10,000-12,000 cycles. The obstacles during testing are human error and electrical errors. In the design of this test equipment all electrical systems and actuators can run according to the program sent via the Arduino microcontroller.

keywords : Disability, Prosthetic limb, Fatigue, Arduino, Control System

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Pernyataan Keaslian	ii
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing	iii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji	iv
Halaman Persembahan	v
Halaman Motto	vi
Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih	vii
Abstract.....	ix
Daftar Isi.....	x
Daftar Tabel.....	xii
Daftar Gambar	xiii
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	2
1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
Bab 2 Tinjauan Pustaka	4
2.1 Kajian Pustaka	4
2.2 Dasar Teori.....	5
2.2.1 Uji <i>Fatigue</i>	5
2.2.2 Otomasi.....	6
2.2.3 Sistem Kontrol	7
2.2.4 Sistem Pneumatik.....	7
2.2.5 <i>Microcontroller</i>	9
2.2.6 Arduino	10
2.2.7 <i>LCD (Liquid Crystal Display)</i>	11
2.2.8 Relay.....	12
2.2.9 <i>Sensor Reed Switch</i>	12

Bab 3 Metode Penelitian	13
3.1 Alur Penelitian.....	13
3.2 Kriteria sistem kendali	14
3.3 Alternatif kriteria sistem	14
3.3.1 Alternatif sistem aktuator	14
3.3.2 Alternatif sistem <i>microcontroller</i>	16
3.4 Pemilihan kriteria sistem.....	17
3.5 Alat dan Bahan	17
3.5.1 Alat.....	17
3.5.2 Bahan.....	18
3.6 Tahapan Perancangan Sistem Otomasi	19
3.6.1 Perancangan <i>base</i> kelistrikan.....	21
3.6.2 Perancangan Perangkat Komponen Elektrik	23
3.6.3 Perancangan Perangkat Lunak/Program	25
3.7 komponen data uji.....	29
3.8 Target Perancangan.....	31
Bab 4 Hasil dan Pembahasan.....	32
4.1 Hasil Penentuan Sistem Otomasi.....	32
4.2 Pemasangan Komponen Elektrik pada Rangka.....	32
4.2.1 Penggabungan homebase dan komponen elektrik	32
4.2.2 Komponen Elektrik	33
4.3 Hasil perancangan sistem otomasi.....	34
4.4 Parameter Siklus	36
4.5 Analisis dan Pembahasan.....	37
4.5.1 Analisis data percobaan.....	37
4.5.2 Pembahasan	38
4.5.3 Analisis Permasalahan.....	39
4.5.4 Hasil Pengujian pada produk.....	39
Bab 5 Penutup.....	43
5.1 Kesimpulan.....	43
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA.....	44

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Alat dan fungsinya.....	17
Tabel 3. 2 Bahan	18
Tabel 3. 3 Waktu siklus	30
Tabel 4. 1 Siklus yang diinginkan.....	36
Tabel 4. 2 Data percobaan	37
Tabel 4. 3 Pengujian Produk.....	40



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Alat uji <i>fatigue</i> tahun 2007	5
Gambar 2. 2 Otomasi.....	6
Gambar 2. 3 Sistem pneumatik	7
Gambar 2. 4 Aktuator tunggal	8
Gambar 2. 5 Aktuator ganda.....	9
Gambar 2. 6 Katup pengatur arah pneumatik	9
Gambar 2. 7 Arduino Uno R3.....	11
Gambar 2. 8 Sensor <i>Reed Switch</i>	12
Gambar 3. 1 Alur Penelitian	13
Gambar 3. 2 Tahapan rancangan sistem otomasi.....	20
Gambar 3. 3 Desain Rancang bangun alat uji <i>fatigue</i>	21
Gambar 3. 4 Desain <i>base</i> utama	22
Gambar 3. 5 Desain <i>base part</i> elektrik.....	22
Gambar 3. 6 Diagram alir tegangan elektrik	23
Gambar 3. 7 Rangkaian tegangan elektrik.....	24
Gambar 3. 8 Diagram alir komponen elektrikal	25
Gambar 3. 9 Rangkaian komponen elektrikal	25
Gambar 3. 10 Diagram alir push button	26
Gambar 3. 11 Diagram alir LED.....	26
Gambar 3. 12 Diagram alir katup.....	27
Gambar 3. 13 Diagram alir LCD	27
Gambar 3. 14 Diagram alir program keseluruhan.....	28
Gambar 3. 15 Phase of Gait	29
Gambar 3. 16 Implementasi silinder	30
Gambar 4. 1 Sistem elektrik	33
Gambar 4. 2 Sistem utama.....	34
Gambar 4. 3 Tampilan pilih kondisi	34
Gambar 4. 4 Proses kondisi pengujian	35
Gambar 4. 5 Kondisi pengujian berhenti.....	35
Gambar 4. 6 Tampilan pengujian selesai	35

Gambar 4. 7 Produk A.....	40
Gambar 4. 8 Produk B.....	40
Gambar 4. 9 Produk C.....	40
Gambar 4. 10 Hasil pengujian produk A.....	41
Gambar 4. 11 Hasil pengujian produk B.....	42
Gambar 4. 12 Hasil pengujian produk C.....	42



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Disabilitas merupakan ketidakmampuan seseorang untuk menjamin seluruh atau sebagian kebutuhan dirinya sendiri untuk memenuhi aktifitas normal dan sosialnya karena kekurangan fisik atau mental pada dirinya (United Nations , 2006). Peningkatan jumlah penyandang disabilitas menurut kementerian sosial sejak tahun 2003 hingga 2012 cukup signifikan yaitu sebesar 1,76%. Dari data total, sebesar 10,26% nya adalah disabilitas dalam berjalan kaki (Kementerian, 2014).

Dari data tersebut, disabilitas pada organ kaki menjadi peluang yang besar terhadap produsen *prosthesis* kaki palsu. Saat ini, terdapat produsen Indonesia dalam pembuatan *prosthesis* telapak kaki palsu tersebut namun produksinya masih belum banyak. Tentunya konsumen produk ini juga seharusnya mendapat data yang jelas mengenai kekuatan dan ketahanan produk, agar dapat membandingkan produk satu dan lainnya. Tetapi hingga saat ini, pembandingan kekuatan yang terukur secara akurat belum ada di Indonesia.

Penelitian ini akan melakukan rancang bangun sistem otomasi alat uji *fatigue* telapak kaki palsu yang dapat digunakan untuk menguji kekuatan lelah produk *prosthesis* telapak kaki palsu yang ada di Indonesia. Penelitian ini akan dimulai dengan perancangan desain, membuat sistem kontrol dan pembuatan alat uji *fatigue* khusus telapak kaki palsu. Fokus penelitian ini adalah pada kemampuan sistem otomasi alat uji untuk dapat menyerupai orang berjalan ataupun berlari pada umumnya. Diharapkan dari penelitian ini, *prosthesis* telapak kaki palsu dapat dibandingkan satu dengan lainnya. Lebih jauh lagi, produsen *prosthesis* telapak kaki palsu khususnya produksi lokal dapat lebih diperhitungkan.

Berdasarkan pada latar belakang tersebut maka akan dibuat alat uji *fatigue* dengan *controller* Arduino, sehingga kita dapat mengatur jeda waktu penekanan dan jumlah *counter*/ketukan pada pneumatik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan diatas, maka kita dapat menarik beberapa rumusan permasalahan dari penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana sistem otomasi yang dijalankan pada alat uji *fatigue*?
2. Bagaimana proses perancangan komponen elektrik pada alat uji *fatigue*?
3. Bagaimana cara mengatur jeda waktu dan jumlah penekanan pneumatik saat kondisi jalan dan berlari?
4. Bagaimana hasil uji *fatigue* pada produk *prosthesis* kaki palsu?

1.3 Batasan Masalah

Ada beberapa hal yang dijadikan batasan. Pemberian batasan tersebut dilakukan agar dalam penyelesaian masalah hanya berfokus pada topik yang telah ditentukan tanpa memperhitungkan parameter-parameter yang lain. Batasan tersebut dapat dilihat sebagai berikut:

1. Menggunakan Arduino Uno sebagai *microcontroller* yang berfungsi sebagai pengatur sistem dari seluruh rangkaian prototipe.
2. Kaki palsu yang akan digunakan dalam uji coba yaitu 1 buah produk lokal dan dua buah produk impor.
3. Parameter sistem alat uji *fatigue* yang diatur adalah jeda waktu, jumlah penekanan, dimensi jangkauan dari *pneumatic* serta tampilan jumlah siklus.

1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan

Berdasarkan rumusan masalah di atas, terdapat beberapa tujuan untuk penelitian ini, antara lain:

1. Menentukan sistem otomasi pada alat uji *fatigue*.
2. Merancang komponen elektrik pada alat uji *fatigue*.
3. Sistem dapat mengatur jeda waktu dan jumlah penekanan pada alat uji *fatigue*.
4. Mengetahui hasil uji *fatigue* pada produk *prosthesis* kaki palsu.

1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan

Manfaat adalah efek/impak yang diperoleh jika tujuan penelitian atau perancangan telah tercapai bagi pihak terkait seperti peneliti, masyarakat, industri, dan kampus.

1. Dari penelitian ini diharapkan alat uji fatigue yang telah dibuat dapat bekerja secara optimal.
2. Memberikan dampak positif terhadap industri pembuatan prosthesis kaki palsu di Indonesia sehingga kualitas dalam pembuatannya menjadi meningkat.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk sistematika penulisan Tugas Akhir adalah sebagai berikut:

1. BAB I. PENDAHULUAN

Dalam bab ini berisikan tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah dari latar belakang yang ada, batasan masalah penelitian, tujuan penelitian, manfaat, serta sistematika penulisan dari penelitian ini.

2. BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini berisikan tentang tinjauan pustaka, teori atau informasi dari jurnal, artikel, buku, dan penelitian yang terdahulu untuk dijadikan landasan pada penelitian ini.

3. BAB III : METODE PENELITIAN

Dalam bab ini membahas mengenai metode yang digunakan dalam penelitian meliputi alur penelitian yang dikerjakan, alat dan bahan yang digunakan, perancangan skema sistem otomasi serta tahapan penelitian.

4. BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini membahas mengenai hasil dan pembahasan penelitian yang telah dilakukan.

5. BAB V : PENUTUP

Dalam bab ini berisi kesimpulan dari penelitian perancangan sistem otomasi serta saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Alat uji *Fatigue* pada umumnya dilakukan dengan menerapkan beban yang berfluktuasi (beban siklik) pada benda pengujian untuk mengetahui kerusakan material dengan memberikan tegangan yang besarnya lebih kecil dari tegangan tarik (*tensile*) maupun tegangan luluh (*yield*) material yang diberikan beban konstan (Hendra, 2016).

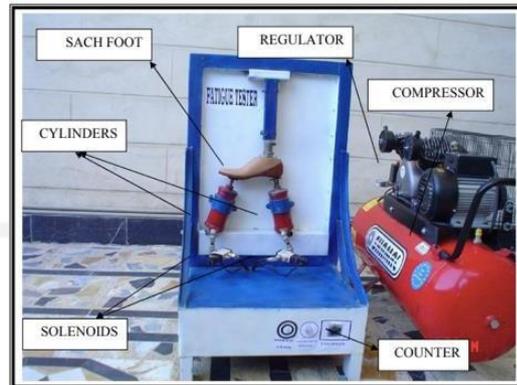
Mekanisme perpatahan saat uji *fatigue* pada umumnya diawali dari permukaan bahan material yang lemah, yang kemudian akan merambat ke bagian tengah dan akhirnya bahan tersebut akan mengalami perpatahan. Perpatahan tersebut dapat secara tiba-tiba (*catastrophic*) dengan tanpa atau sedikit sekali adanya deformasi plastis.

Uji *fatigue* dimulai dari tahap retakan, perambatan retakan sampai total retak sehingga Sistem pengujian pada *fatigue tester* harus dilengkapi dengan sistem kontrol yang mampu mengendalikan tes dan pengukuran data pada frekuensi tinggi. Hal ini juga penting bahwa sistem pengukuran beban secara akurat dapat mengukur beban spesimen, dan memberikan kompensasi untuk kesalahan beban yang disebabkan oleh gerakan dinamis dari sistem pengujian.

Pada umumnya untuk alat uji *fatigue* kaki palsu yang sudah ada memiliki batasan-batasan dalam melakukan proses uji *fatigue* sehingga berbagai produk kaki palsu yang memiliki berbagai ukuran sangat sulit untuk diuji (tidak *fleksible*) serta sistem pada alat tersebut masih dapat dikatakan sederhana. Untuk mengatasi hal tersebut disini alat uji *fatigue* akan dibuat dengan menggunakan sistem fleksibel pada saat penempatan kaki palsu dan sistem pengoperasian akan menggunakan arduino agar pengoperasian kaki palsu menjadi lebih mudah serta *output* yang dihasilkan sesuai dengan yang diharapkan.. Berikut ini adalah bentuk fisik alat uji *fatigue* kaki palsu yang dibuat oleh Muhsin J. Jweeg, Phd pada tahun 2007 (Muhsin, 2007). Adapun spesifikasi dari alat tersebut adalah:

1. Menggunakan *compressor* angin sebagai sumber penggerak.

2. Dua buah silinder sebagai aktuator
3. Sistem kontrol menggunakan *counter* dan *timer* mekanis



Gambar 2. 1 Alat uji *fatigue* tahun 2007

Sumber : Muhsin (2007)

2.2 Dasar Teori

Dalam pembuatan alat uji *fatigue* telapak kaki buatan teori yang melandasi perancangan dan pembuatan adalah sebagai berikut.

2.2.1 Uji *Fatigue*

Fatigue secara terminologi adalah kelelahan, sedangkan dalam istilah mempunyai arti yaitu kerusakan material yang diakibatkan oleh adanya tegangan yang berfluktuasi (*siklik*) yang besarnya lebih kecil dari tegangan tarik (*tensile*) maupun tegangan luluh (*yield*) material yang diberikan beban konstan. Mekanisme perpatahan *fatigue* pada umumnya diawali dari permukaan bahan material yang lemah, yang kemudian akan merambat ke bagian tengah dan akhirnya bahan tersebut akan mengalami perpatahan. Perpatahan tersebut dapat secara tiba-tiba (*catastrophic*) dengan tanpa atau sedikit sekali adanya deformasi plastis (Hendra, 2016).

Uji *fatigue* terdiri dari dua langkah yaitu memulai retakan dan perambatan retakan sampai total retak. Mayoritas umur kelelahan terjadi ketika dimulai kelelahan retak dan proses kelelahan diuraikan ketika pertama kali dikontrol.

Contoh ini meliputi poros mesin, roda gigi, dan poros sumbu atau batang berputar. Pada sisi lain, struktur besar atau materi komponen hampir selalu berisi sebelum adanya retakan seperti di dalam jembatan, kapal,

pesawat terbang, badan pesawat terbang, dan tekanan bejana kapal. Dalam struktur yang sedemikian, mayoritas umur kelelahan dihabiskan dengan munculnya suatu *pre-existing* retakan dan kemudian retak keseluruhan. Proses *fatigue* dalam hal ini diuraikan dengan control propagasi. Di dalam laboratorium uji *fatigue* dilakukan pada spesimen *un-cracked* dimana kebanyakan dari umur *fatigue* dihabiskan dalam langkah inisiasi.

2.2.2 Otomasi

Otomasi adalah proses pengerjaan yang menggunakan sistem secara otomatis. Mengontrol operasi produksi dan perlengkapan sistem, serta perlengkapan mekanik atau elektronika yang dapat mengganti manusia dalam mengamati dan mengambil keputusan. Sistem otomasi dapat dilihat pada Gambar 2.2. Ada beberapa alasan dalam penggunaan sistem otomasi antara lain sebagai berikut (Husanto & Thomas, 2005)

1. Meningkatkan produktifitas perusahaan.
2. Tingginya biaya tenaga kerja.
3. Kurangnya tenaga kerja untuk kemampuan tertentu.
4. Tenaga kerja cenderung berpindah kesektor pelayanan.
5. Tingginya harga bahan baku.
6. Meningkatkan kualitas produk.
7. Menurunkan manufaktur *lead time* (MLT).



Gambar 2. 2 Otomasi

Sumber : Husanto & Thomas (2005)

2.2.3 Sistem Kontrol

Sistem kontrol merupakan bagian penting dalam sistem otomasi. Apabila suatu sistem otomasi sama seperti semua organ tubuh manusia, maka sistem kontrol merupakan bagian otak atau pikiran yang mengatur dari keseluruhan gerak tubuh. Sistem kontrol dapat tersusun dari komputer, rangkaian elektronik sederhana dan peralatan mekanik (Santono et al., 2013).

Oleh, karena itu untuk meningkatkan kualitas dan produktifitas dari produk yang dihasilkan maka, diperlukan pengaturan proses kerja mesin-mesin industri meliputi pengontrolan mesin-mesin industri dan pengawasan atas kinerja mesin tersebut. Pada umumnya proses pengontrolan suatu sistem dibangun oleh sekelompok alat elektronik yang dimaksudkan untuk meningkatkan stabilitas, akurasi, dan mencegah terjadi transisi selama proses produksi (Husanto & Thomas, 2005).

Sistem otomasi industri dapat diartikan sebagai sistem dengan mekanisme kerja dikendalikan oleh peralatan elektronik berdasarkan urutan-urutan perintah dalam bentuk program perangkat lunak yang disimpan di dalam unit memori kontroler elektronik (Putranto dkk, 2008).

2.2.4 Sistem Pneumatik

Pneumatik adalah ilmu yang mempelajari suatu gerakan atau perpindahan udara dan gejala atau fenomena udara. Dengan kata lain pneumatik berarti mempelajari tentang gerakan angin yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan tenaga, daya dan kecepatan gerakan sistem pneumatik (Akhmad, 2009).



Gambar 2. 3 Sistem pneumatik

Sumber : Akhmad (2009).

1. Aktuator

Aktuator atau yang disebut juga silinder pneumatik merupakan perangkat mekanis yang menggunakan kekuatan udara bertekanan untuk menghasilkan kekuatan dalam gerakan bolak-balik piston secara linier. Silinder pneumatik merupakan alat atau perangkat yang sering kita jumpai pada mesin-mesin industri baik itu didalam industri otomotif, industri kemasan, elektronik, dan berbagai industri maupun instansi yang lain. Aktuator pneumatik digolongkan menjadi 2 kelompok yaitu gerak lurus dan gerak putar (Sudaryono, 2013).

Ada dua macam aktuator yang sering digunakan dan paling umum yaitu silinder pneumatik kerja tunggal dan silinder kerja ganda.

a. Silinder pneumatik kerja tunggal adalah jenis silinder pneumatik yang hanya memiliki satu port untuk masuknya udara yang bertekanan. Prinsip kerja silinder pneumatik ini yaitu menggunakan kekuatan udara bertekanan untuk mendorong piston maju kebatas maksimum sehingga piston akan kembali ketika udara ditarik kembali dan di bantu oleh pegas yang kuat.



Gambar 2. 4 Aktuator tunggal

Sumber : Sudaryono (2013).

b. Silinder pneumatik kerja ganda, adalah silinder yang memiliki dua lubang port untuk udara bertekanan, Silinder pneumatik jenis ini menggunakan tekanan udara untuk mendorong piston maju sampai batas maksimum dan untuk mengembalikan piston pada posisi awal menggunakan tekanan udara sehingga piston bergerak mundur.

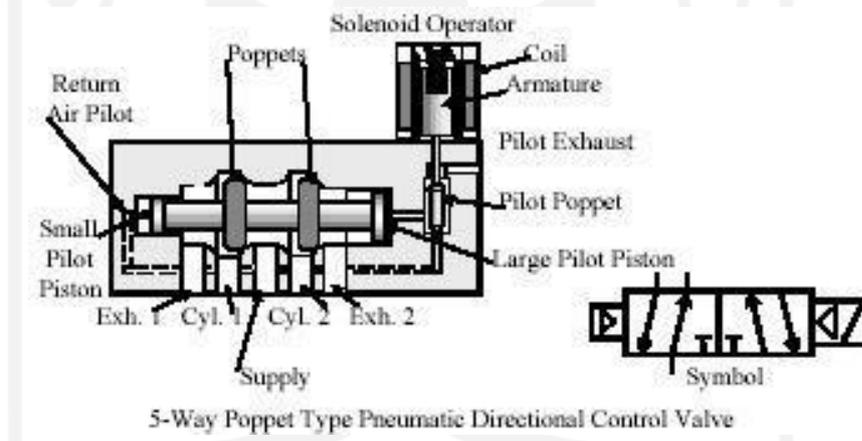


Gambar 2. 5 Aktuator ganda

Sumber : Sudaryono (2013).

2. Katup Pengatur Arah

Katup pengatur arah merupakan komponen yang berada pada posisi sebelum aktuator, yaitu berfungsi untuk mengatur kerja aktuator dengan cara mengatur arah udara yang terkompresi masuk dan keluar dari aktuator. Katup pengatur arah dapat dilihat pada gambar 2.6 (Prasetio & Pradana, 2013).



Gambar 2. 6 Katup pengatur arah pneumatik

Sumber : Prasetio & Pradana (2013).

2.2.5 *Microcontroller*

Microcontroller sejatinya adalah komputer yang berukuran kecil yang bertempat di dalam satu IC berisi memori, CPU, *timer*, *port I/O*, ADC, saluran komunikasi *serial* dan *paralel*. Terdapat beberapa perbedaan dari *mikrocontroller* dan komputer, salah satunya adalah komputer memiliki beragam fungsi akan tetapi untuk *mikrocontroller* memiliki satu atau beberapa tugas yang sangat spesifik. Selain itu perbandingan ROM dan RAM pada komputer dan *mikrocontroller* jauh berbeda. Untuk ROM pada komputer jauh lebih kecil dari pada RAMnya, kemudian

untuk ROM pada *mikrokontroller* jauh lebih besar dari pada RAM yang digunakan. Melalui penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa *mikrokontroller* adalah IC yang memuat seluruh rangkain sistem menjadi satu kesatuan yang lengkap.

2.2.6 Arduino

Arduino adalah pengendali mikro *single board* yang bersifat *open source*, diturunkan dari *Wiring platform*, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Bahasa yang dipakai dalam Arduino bukan assembler yang relatif sulit, tetapi bahasa C yang disederhanakan dengan bantuan pustaka-pustaka (*libraries*) Arduino (Arie, 2014). Arduino juga menyederhanakan proses bekerja dengan mikrokontroler, sekaligus menawarkan berbagai macam kelebihan antara lain:

1. Sederhana dan mudah pemrogramannya yaitu bahwa lingkungan pemrograman di Arduino mudah digunakan untuk pemula, dan cukup fleksibel bagi mereka yang sudah tingkat lanjut. Untuk guru/dosen, Arduino berbasis pada lingkungan pemrograman *Processing*, sehingga jika mahasiswa atau murid-murid terbiasa menggunakan *Processing* tentu saja akan mudah menggunakan Arduino.
2. Perangkat lunak bersifat *Open Source* yaitu tersedia bagi para *programmer* berpengalaman untuk pengembangan lebih lanjut. Bahasanya bisa dikembangkan lebih lanjut melalui pustaka-pustaka C++ yang berbasis pada Bahasa C untuk AVR.

Dengan menggunakan arduino banyak projek dan alat-alat yang bisa dikembangkan dan juga modul-modul pendukung arduino untuk menjalankan suatu sistem, contoh : sensor, LCD, *relay*, dan lain sebagainya yang dibuat oleh pihak lain yang dapat disambungkan melalui arduino. Arduino memiliki sifat *open source* karena dikatakan sebagai sebuah *platform* dari *physical computing*. Arduino adalah kombinasi dari *hardware*, bahasa pemrograman dan IDE (*Integrated Development Environment*) yang canggih. IDE adalah sebuah *software* yang sangat berperan untuk menulis program, menjadi kode biner dan mengunggah kedalam *memory microcontroller*.



Gambar 2. 7 Arduino Uno R3

Sumber : Arie (2014).

2.2.7 LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD merupakan salah satu modul pendukung arduino yang memiliki fungsi sebagai media tampilan yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD dapat digunakan untuk menampilkan gambar yang telah di program sebelumnya karena terdapat banyak sekali titik cahaya (piksel) yang terdiri dari satu buah kristal cair sebagai titik cahaya. Sumber cahaya LCD adalah lampu neon berwarna putih di bagian belakang susunan kristal cair. Tampilan pada LCD terbentuk dari titik cahaya yang jumlahnya puluhan ribu bahkan jutaan. Arus listrik yang melewati kutub kristal cair akan berubah karena pengaruh polarisasi medan magnetik yang timbul dan oleh karenanya akan hanya membiarkan beberapa warna diteruskan sedangkan warna lainnya tersaring (Munandar, 2012).

Fungsi dari LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah untuk menampilkan karakter angka, huruf ataupun simbol dengan lebih baik dan dengan konsumsi arus yang rendah. Selain itu bagian sistem prosesor LCD dalam bentuk modul dengan mikrokontroler yang diletakan dibagian belakang LCD berfungsi untuk mengatur tampilan LCD dan juga dapat mengatur komunikasi antara LCD dengan *mikrokontroller* yang menggunakan modul LCD tersebut.

2.2.8 Relay

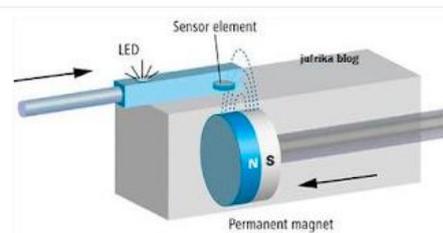
Relay umumnya memiliki fungsi menyambungkan atau memutuskan tegangan secara mekanik dari suatu rangkaian elektronik satu ke rangkaian elektronik lainnya.

Relay umumnya tergabung dari beberapa komponen yaitu kumparan, 2 kontak elektronik NO dan NC, pegas. *Relay* akan menimbulkan medan magnet apabila dialiri arus listrik. *Relay* memiliki prinsip kerja yang dipengaruhi oleh medan magnet, mekanismenya pada saat kumparan diberikan tegangan kerja, maka akan timbul medan magnet pada kumparan karena adanya arus yang mengalir pada lilitan kawat. Setelah itu saklar dari NC ke NO akan tertarik oleh kumparan elektromagnet.

2.2.9 Sensor Reed Switch

Reed switch secara umum merupakan sensor elektrik yang dioperasikan dengan memanfaatkan medan magnet sebagai pengubah kondisinya. Atau secara ringkas disebut sensor magnet karena akan aktif jika terkena lempengan magnet (Jufrika, 2020).

Reed switch tersusun atas lempengan metal yang terhubung dilingkupi tabung gelas, sehingga ketika tercipta medan magnet antara dua buah lempengan, lempengan tersebut tarik-menarik sehingga arus listrik dapat mengalir. Ketika medan magnet hilang lempengan kembali ke posisi semula dan jalur gerak arus kembali terputus. *Reed Switch* dapat dilihat pada gambar 2.8.



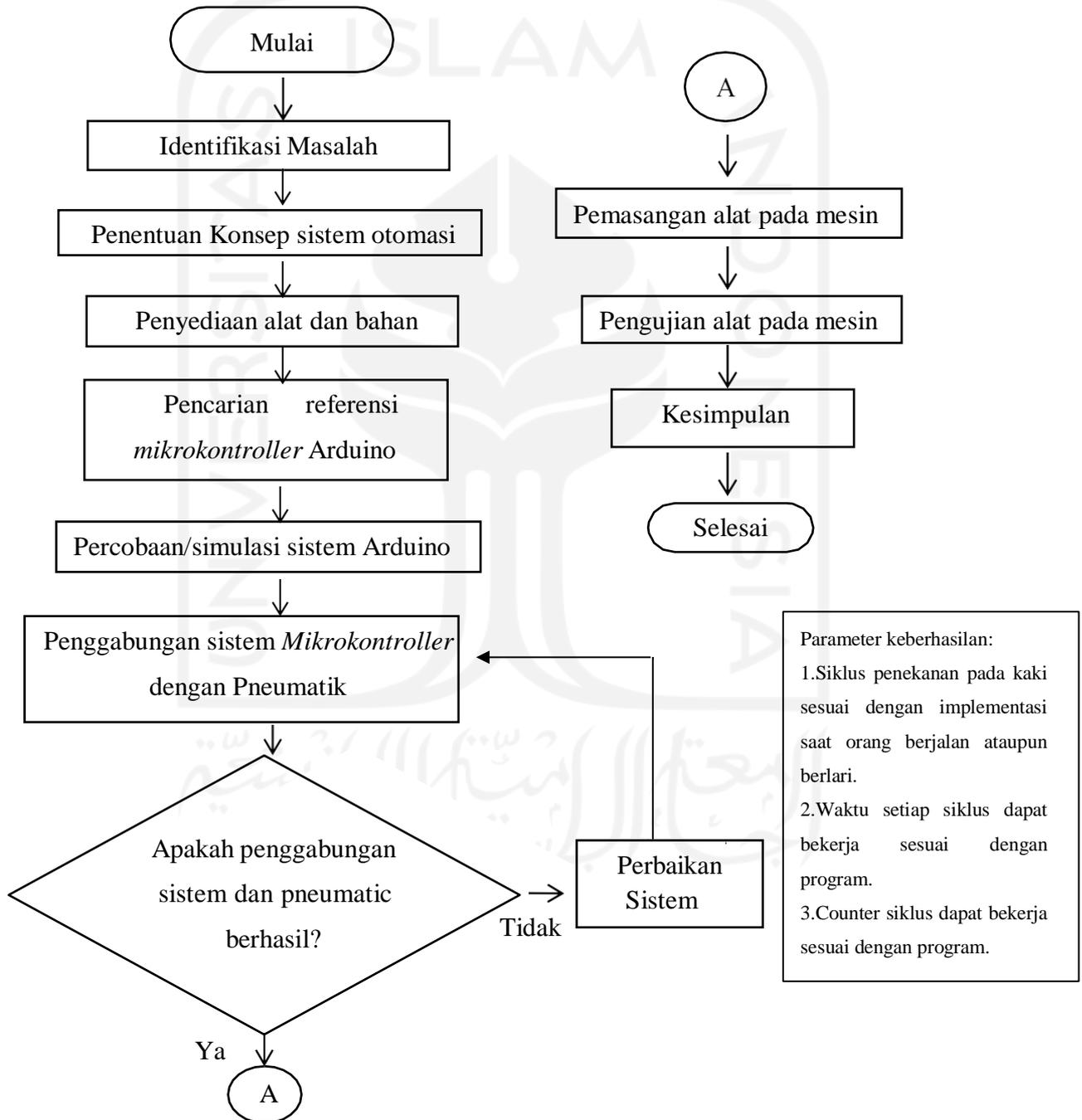
Gambar 2. 8 Sensor *Reed Switch*

Sumber : Jufrika (2010).

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Berikut ini adalah tahapan perancangan sistem menggunakan diagram alir yang ditunjukkan pada gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Alur Penelitian

3.2 Kriteria sistem kendali

Konsep sistem yang digunakan dalam perancangan ini memiliki kriteria alternatif pemilihan agar hasil perancangan sesuai dengan kriteria yang diinginkan. Adapun kriteria tersebut yaitu :

1. Menyesuaikan sudut tekan dan titik penekanan berdasarkan ISO 10328.
2. Sistem aktuator memiliki sifat mudah dikendalikan yaitu dalam fleksibilitas pemberian beban dan waktu pada sistem kendali.
3. Sistem kendali yang mudah di fabrikasi dengan memenuhi kriteria alat uji.
 - a. Dapat mengatur jumlah dan timing tekanan dari aktuator.
 - b. Hasil dari jumlah tekanan bersifat informatif.

3.3 Alternatif kriteria sistem

Metode morfologi adalah metode dengan memanfaatkan struktur fungsi untuk menemukan solusi permasalahan. Metode morfologi dapat menemukan permasalahan lalu menghasilkan beberapa alternatif konsep produk dengan metode sistematis yang sederhana. Metode morfologi ini terbagi menjadi dua langkah:

1. Mencari sebanyak mungkin alternatif solusi dari beberapa fungsi, dan sub-fungsi yang ada.
2. Untuk dapat mendefinisikan solusi dan alternatif produk, maka harus menggabungkan masing masing solusi dan setiap kombinasi tersebut diuraikan dari setiap fungsi dan sub-fungsi.

3.3.1 Alternatif sistem aktuator

1. Pneumatik silinder

Penggunaan pneumatik dijadikan alternatif sistem aktuator karena memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan dalam proses mekanismenya yaitu:

- a. Kelebihan :
 - Udara dengan tekanan tinggi merupakan media yang cepat, sehingga pneumatik menjadi media pendukung untuk penggunaan gaya dengan kecepatan tinggi.
 - Sumber gaya yang berbentuk udara dapat dijangkau dan diperoleh dimana saja dan sifatnya tak terbatas

- Udara yang keluar dapat diatur dengan mudah sehingga dalam penggunaan saat pengujian menjadi lebih fleksibel.
- Perangkat pemasangan untuk aliran lebih mudah, penggunaan selang dapat menjangkau jarak yang cukup jauh.
- Pencadangan udara cukup sederhana, karena udara bertekanan dapat disimpan dalam kompressor.
- Udara terkompresi tidak sensitif terhadap suhu di luar tabung, sehingga udara dapat tahan akan perubahan suhu.
- Udara merupakan sumber energi yang ramah lingkungan.
- Pneumatik juga dapat meminimalisir korsleting arus listrik.
- Tidak mudah terbakar.

b. Kekurangan

Penggunaan pneumatik dapat menyebabkan kebocoran udara. Hal itu disebabkan karena sifat udara dengan tekanan tinggi selalu mengisi setiap ruang kosong yang ada di sekitarnya. Jika hal itu terjadi maka akan terjadi kesulitan mempertahankan tekanan udara yang stabil. Maka dari itu, diperlukan seal untuk mempertahankan udara agar tidak bocor. Peralatan kedap udara diperlukan pada sistem pneumatik untuk mengurangi udara bocor sehingga dapat meminimalisir kerugian energi udara.

2. Hidrolik

Sistem hidrolik adalah suatu sistem mesin yang memanfaatkan zat cair (umumnya oli) sebagai tenaga penggerak. Hidrolik dijadikan dalam pemilihan alternatif sistem aktuator karena memiliki sifat mekanis aktif dan tidak.

a. Kelebihan :

- Setiap gerak hidrolik tidak tergantung dengan beban selama fluida tidak mengalami hambatan dan flow control valve bisa dipakai.
- Presisi dan fleksibel.
- Dapat memindahkan tenaga besar hanya dengan menggunakan komponen relatif kecil.
- Dapat bergerak bebas ketika mengangkat beban besar.

b. Kekurangan:

- Tidak dapat digunakan dalam kecepatan tinggi

3. Motor DC

Motor DC adalah motor listrik yang memerlukan suplai tegangan arus searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi gerak mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Motor DC dijadikan dalam pemilihan alternatif sistem aktuator karena memiliki sifat penggerak yang dapat diubah dari aktuator rotasi menjadi aktuator translasi.

a. Kelebihan :

- Sumber penggerak dapat mudah ditemukan karena hanya menggunakan listrik
- Lebih murah dalam pembiayaan komponen

b. Kekurangan:

- Dalam mengubah aktuator rotasi dan translasi terjadi pergesekan antara komponen sehingga cepat terjadi aus.
- Sulit untuk mengatur tekanan dan kecepatan yang diinginkan.

3.3.2 Alternatif sistem *microcontroller*

1. Arduino

Arduino adalah pengendali mikro *single board* yang bersifat *open source*, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang.

a. Kelebihan :

- Bahasa program yang digunakan relatif mudah
- Penggabungan antar komponen menjadi lebih mudah
- Dapat mudah mengatur *timing* dan jumlah aktuator

b. Kekurangan:

- Harus membuat rangkaian skematik elektrik untuk penggabungan antar komponen.
- Terkadang mengalami error dalam pengoperasiannya.

2. PLC

PLC adalah sebuah combines microprocessor yang berintergrasi dengan power supply, rangkaian input, rangkaian output dalam satu modul.

- a. Kelebihan :
 - Rangkaian input, output dan power supply menjadi dalam satu modul.
- b. Kekurangan :
 - Aplikasi program PLC kurang baik untuk pengaplikasian proses statis

3.4 Pemilihan kriteria sistem

Pemilihan kriteria sistem dalam penelitian ini adalah untuk membuat alat uji *fatigue* berdasarkan kriteria sistem kendali serta pemilihan sistem dilakukan dari berbagai alternatif yang telah dibuat. Adapun pemilihan sistem aktuator menggunakan pneumatik silinder serta sistem *microcontroller* menggunakan Arduino.

3.5 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan untuk membuat penelitian ini terdiri dari beberapa alat elektrik yang akan saling berhubungan satu sama lain sehingga akan membuat suatu rangkaian elektrik yang bersifat otomatis.

3.5.1 Alat

Berikut ini adalah alat-alat yang digunakan dalam penelitian ditunjukkan pada tabel 3.1 alat dan fungsinya.

Tabel 3. 1 Alat dan fungsinya

No.	Alat	Fungsi
1.	Laptop	Untuk menjalankan perangkat lunak dan membuat program.
2.	Software Arduino IDE	Untuk membuat program Arduino
3.	Solder	Untuk melelehkan besi dan menempelkan besi pada komponen elektrik.
4.	Mistar ukur	Untuk mengukur dimensi yang perlukan.
5.	Jangka sorong	Untuk mengukur diameter yang diperlukan.
6.	Obeng Set	Untuk membuka sekrup pada alat elektrik yang akan digunakan.

7.	Salotip Hitam	Untuk menyambungkan kabel jumper.
8.	Gunting	Untuk memotong kabel dan selang angin.
9.	Kunci Pas	Untuk membuka dan mengunci mur.
10.	Mesin <i>Laser Cutting</i>	Untuk Memotong akrilik.
11.	Kunci Set L	Untuk membuka dan mengunci mur L
12.	Multimeter	Untuk mendeteksi arus pada rangkaian kelistrikan.

3.5.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu terdiri dari beberapa komponen elektrik yang nantinya akan dihubungkan satu sama lain sehingga akan membuat suatu sistem elektrik. Berikut adalah tabel 3.2 Gambar bahan.

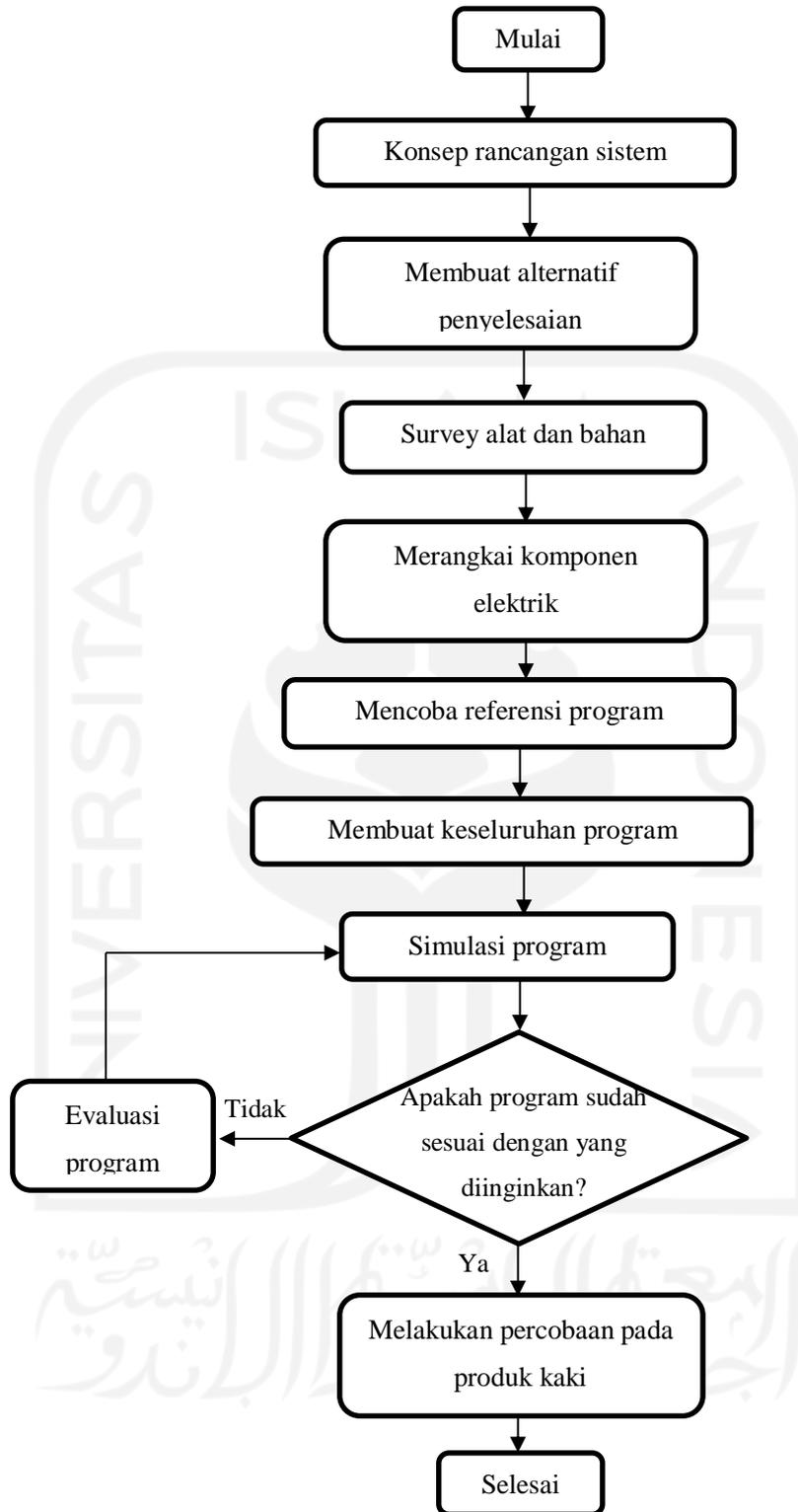
Tabel 3. 2 Bahan

No	Bahan	Fungsi
1.	<i>Microcontroller</i> Arduino UNO R3	Sebagai pengatur gerakan aktuator dan memproses hasil pembacaan sensor sesuai dengan program yang telah dibuat.
2.	Kompresor	Sebagai penghasil udara
3.	Katup 5/2 EP	Sebagai pengatur keluaran udara pada silinder ganda
4.	<i>Push Button</i>	Untuk memutus dan menghubungkan aliran daya pada rangkaian <i>microcontroller</i>
5.	Regulator	Sebagai pengatur tekanan udara dari kompresor
6.	Silinder Ganda	Sebagai aktuator pemberi tekanan pada telapak kaki palsu
7.	Lampu Indikator	Sebagai indikasi bahwa sistem dapat berjalan sesuai yang diinginkan
8.	Sensor <i>Reed Switch</i>	Untuk mendeteksi pergerakan silinder ganda

9.	<i>Switch On/Off</i>	Untuk memutus dan menghubungkan aliran daya pada rangkaian
10.	Selang Angin	Sebagai jalur keluaran udara
11.	<i>Relay</i>	Untuk mengatur keluaran tegangan listrik pada sistem
12.	<i>Stepdown</i>	Untuk menurunkan tegangan listrik
13.	<i>Power supply 24 v</i>	Untuk menurunkan tegangan listrik
14.	<i>Pin Header Male</i>	Sebagaiudukan kabel <i>jumper</i> untuk menghubungkan arduino ke komponen
15.	PCB Board	Sebagai papan untuk menyusun komponen elektrik.

3.6 Tahapan Perancangan Sistem Otomasi

Suatu perancangan tentunya kita harus menentukan terlebih dahulu konsep rancangan sistem yang akan dibuat, sehingga nantinya pada saat kita akan merancang sudah ada pandangan tentang apa saja yang perlu dilakukan supaya penelitian dapat berjalan dengan baik dan efektif. Berikut ini adalah diagram alir tahapan perancangan sistem otomasi yang ditunjukkan pada gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Tahapan rancangan sistem otomasi

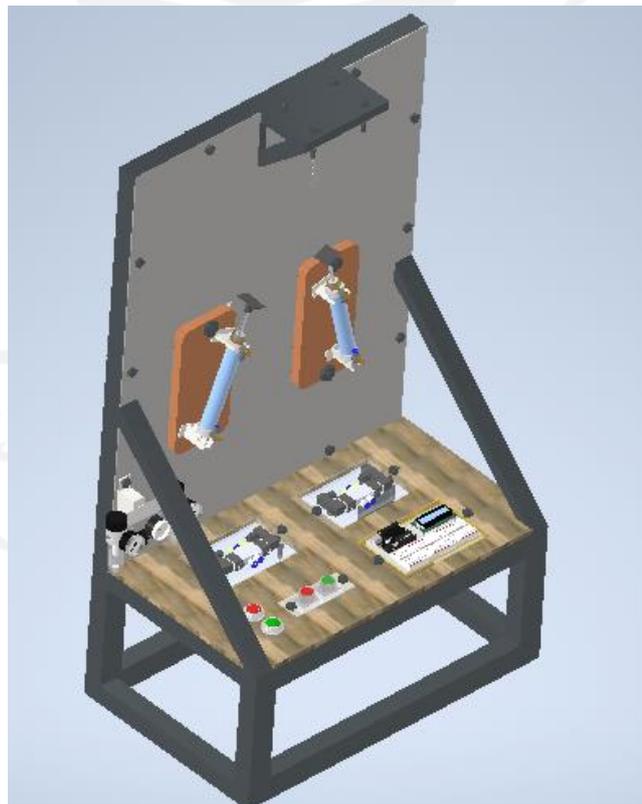
Perancangan sistem otomasi ini nantinya akan dibagi menjadi 2 bagian yaitu perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak. Untuk Perancangan perangkat keras disini adalah merangkai atau merakit komponen

elektrik menjadi suatu sistem otomasi yang saling berhubungan satu sama lain. Sedangkan perancangan perangkat lunak disini adalah melakukan percobaan serta membuat suatu program yang dapat menjalankan suatu sistem yang berfungsi sebagai perintah supaya komponen elektrik yang sudah terhubung dapat berjalan sesuai apa yang kita inginkan.

3.6.1 Perancangan *base* kelistrikan

Tahapan dalam perancangan disini yaitu mendesain dan membuat *base*/tempat komponen elektrik. Pertama yang harus dilakukan adalah membagi komponen *base* utama dengan komponen base kelistrikan. Tujuan pembagian ini agar pada saat memulai rancangan komponen base, kita dapat mengetahui fungsi dan kegunaan dari masing-masing komponen base.

Langkah selanjutnya adalah mencoba untuk membuat rangkaian *base* sebagai tempat komponen elektrik agar terstruktur. Perakitan rangkaian *base* yang akan dikerjakan sebagai berikut. Perakitan homebase dan base part akan diletakkan pada rangka yang telah dirancang seperti pada gambar 3.3



Gambar 3. 3 Desain Rancang bangun alat uji *fatigue*

1. Membuat desain *homebase*

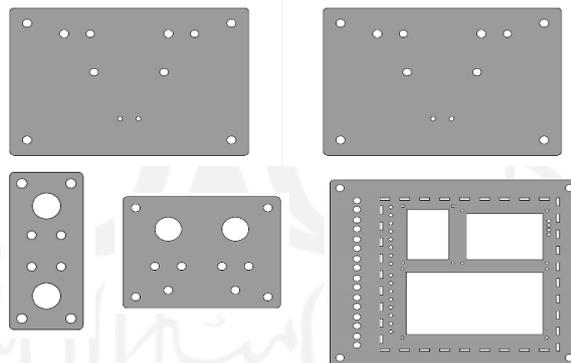
Base utama yang akan dijadikan sebagai tempat komponen elektrik otomasi. Material yang akan digunakan yaitu kayu. Material tersebut digunakan karena dapat meredam getaran yang dihasilkan saat pengujian fatigue berlangsung. Berikut adalah desain base utama elektrik yang ditunjukkan pada gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Desain *base* utama

2. Membuat desain *base part* elektrik

Base untuk masing-masing komponen elektrik. Pemilihan material yang akan digunakan yaitu akrilik. Material akrilik digunakan karena mudah untuk dibentuk serta lebih fleksibel saat dilakukan bongkar-pasang. Berikut adalah desain base part elektrik yang ditunjukkan pada gambar 3.5.



Gambar 3. 5 Desain *base part* elektrik

3. Membuat *homebase* dan *base part* elektrik

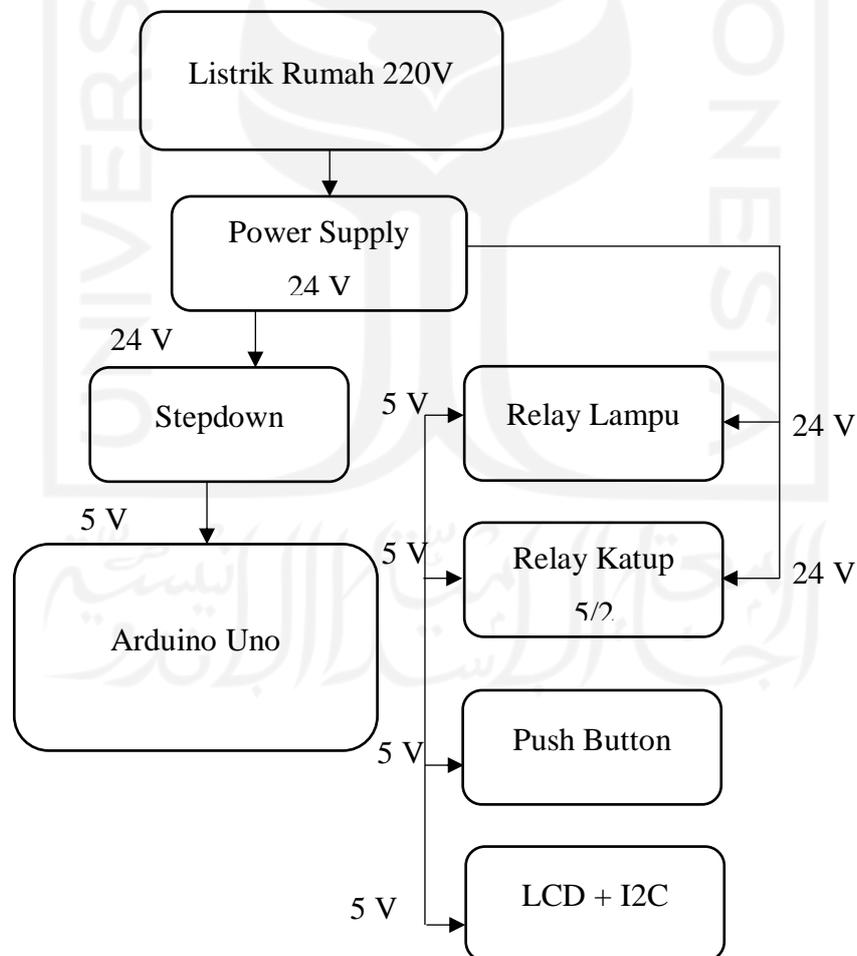
Pembuatan *base* tersebut menggunakan desain yang telah dibuat sebelumnya serta masing-masing pembuatannya menggunakan material yang sesuai dengan konsep.

4. Selanjutnya, Perakitan masing-masing komponen elektrik.

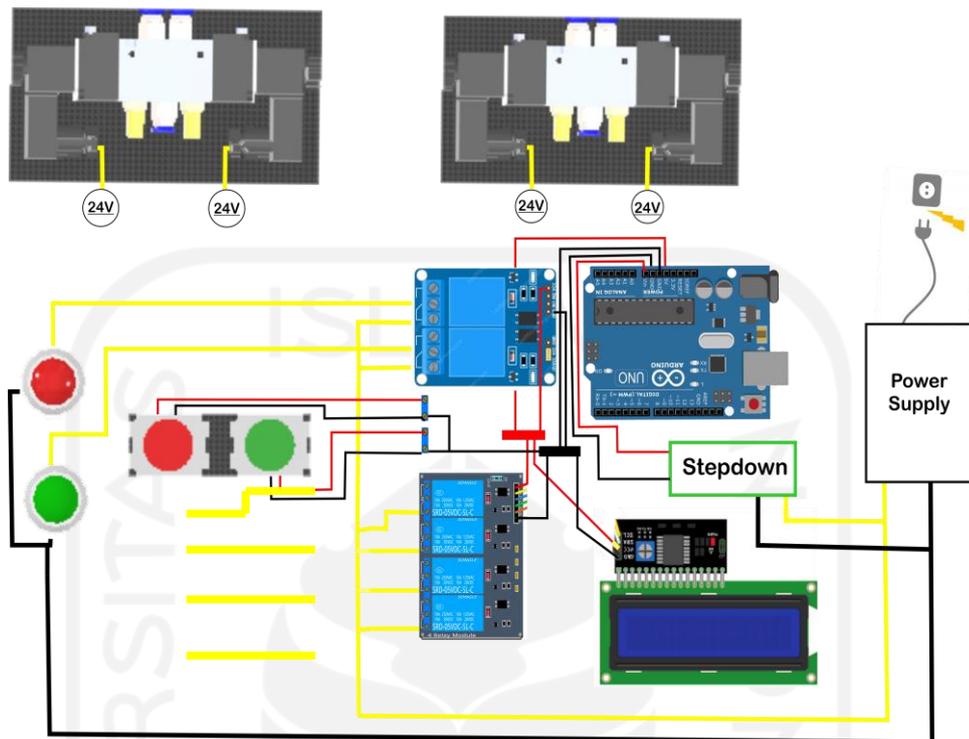
3.6.2 Perancangan Perangkat Komponen Elektrik

Tahapan dalam perancangan disini yaitu merakit serta menghubungkan komponen elektrik satu dengan yang lainnya. Pertama yang harus dilakukan adalah membagi komponen elektrik otomasi yang akan dikerjakan terlebih dahulu dengan tujuan agar pada saat akan memulai merancang komponen elektrik, kita dapat mengetahui rangkaian yang harus dikerjakan terlebih dahulu dan sistemnya pun akan terstruktur dengan sempurna. Selanjutnya adalah mencoba untuk membuat rangkaian komponen elektrik yang akan dihubungkan dengan arduino dan merakit rangkaian tersebut menjadi satu kesatuan sehingga sistem dapat bekerja secara optimal. Perakitan komponen elektrik yang akan dikerjakan sebagai berikut.

1. Langkah awal yaitu membuat skematik sistem kelistrikan dari listrik AC 220 Volt hingga ke sistem yang ditunjukkan pada gambar 3.4 dan 3.5.



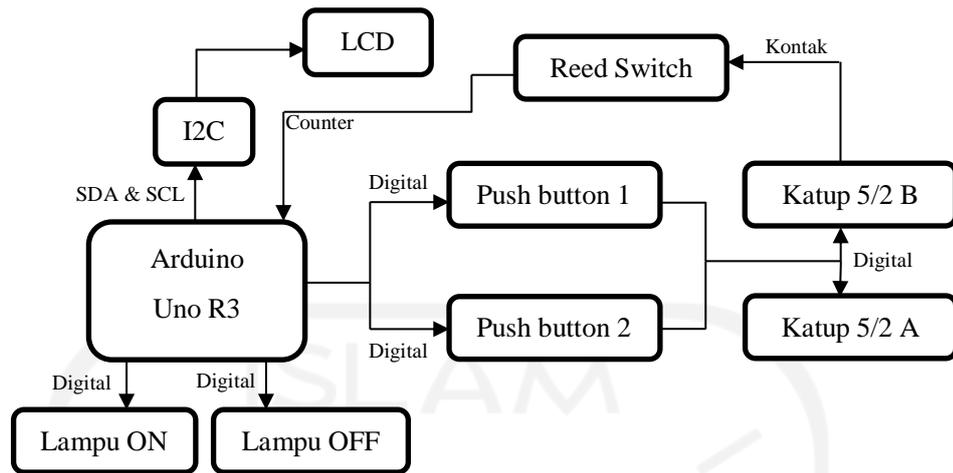
Gambar 3. 6 Diagram alir tegangan elektrik



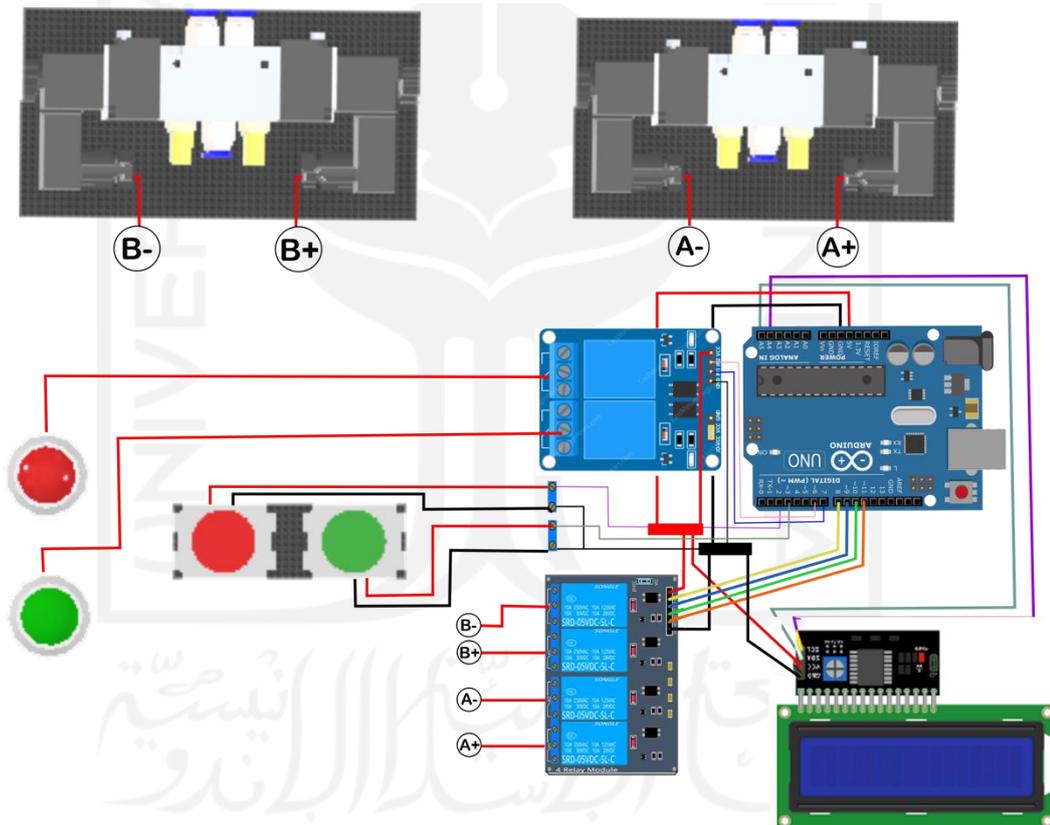
Gambar 3. 7 Rangkaian tegangan elektrik

2. Selanjutnya, membuat rangkaian sistem Arduino yang akan dihubungkan ke masing-masing *output* yang terdiri dari :
 - a. 2 buah pushbutton
 - b. 2 buah LED
 - c. 2 buah katup 5/2
 - d. 2 buah silinder pneumatic
 - e. 1 buah LCD
 - f. 1 buah sensor *ReedSwitch*

Rangkaian sistem komponen kelistrikan hingga ke Arduino yang ditunjukkan pada gambar 3.8 dan 3.9.



Gambar 3. 8 Diagram alir komponen elektrikal



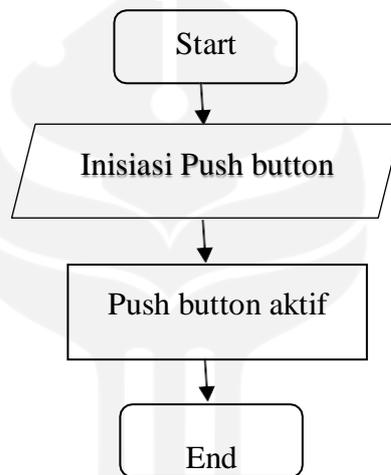
Gambar 3. 9 Rangkaian komponen elektrikal

3.6.3 Perancangan Perangkat Lunak/Program

Perancangan perangkat lunak disini yaitu dengan menggunakan *software* Arduino IDE. *Software* ini berfungsi untuk membuat suatu program yang nanti akan memprogram Arduino. Program akan ditransfer dari laptop ke Arduino

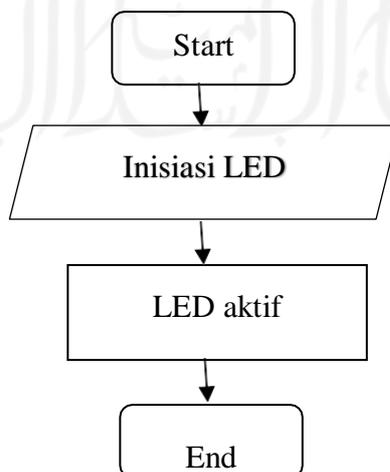
menggunakan *connector*. Dalam berbagai jenis Arduino, pada perancangan ini menggunakan jenis Arduino Uno R3. Langkah awal dalam pembuatan program yaitu melakukan pencarian referensi program yang sesuai dengan komponen elektrik satu persatu yang nantinya akan dijadikan acuan untuk membuat suatu program baru sesuai yang diinginkan, Selanjutnya adalah mencoba untuk memasukan program kedalam sistem Arduino dan menghubungkannya ke komponen elektrik yang sudah kita rangkai pada perancangan perangkat keras sebelumnya. Berikut ini adalah beberapa program percobaan yang sudah telah dibuat dan disesuaikan dengan komponen elektrik yang digunakan.

1. Langkah awal yaitu membuat program yang menghubungkan antara Arduino dan push button yang ditunjukkan pada gambar 3.10



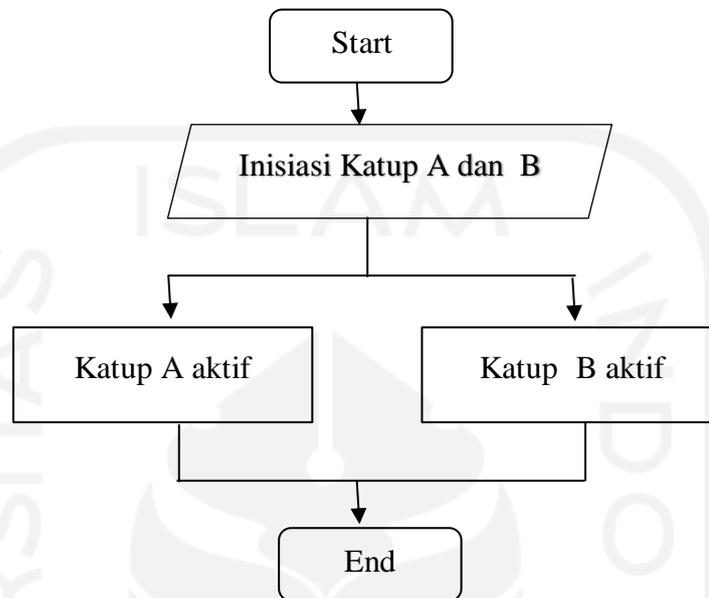
Gambar 3. 10 Diagram alir push button

2. Selanjutnya, membuat program yang menghubungkan antara arduino dengan sistem LED yang ditunjukkan pada gambar 3.11



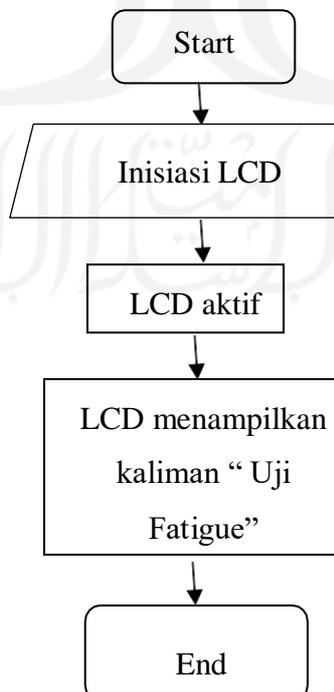
Gambar 3. 11 Diagram alir LED

3. Kemudian, membuat sistem program utama yaitu program arduino yang mengatur sistem uji fatigue tersebut. Sistem arduino akan dihubungkan pada katup5/2 sehingga pergerakan dari silinder dapat diatur sesuai kebutuhan yang ditunjukkan pada gambar 3.12



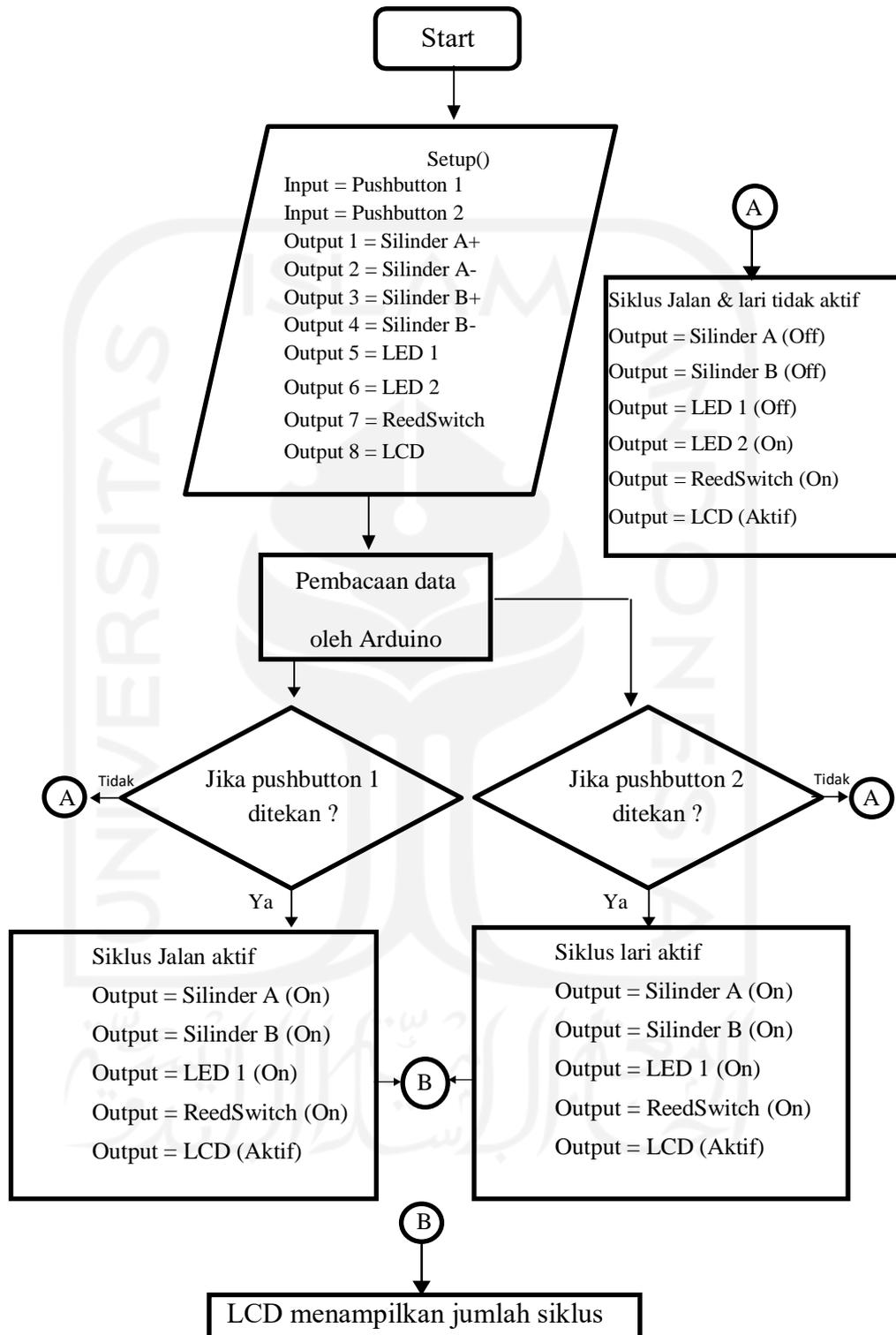
Gambar 3. 12 Diagram alir katup

4. Untuk menunjukkan sebuah hasil proses pengujian tersebut. Sistem arduino akan dihubungkan pada LCD yang dimana output berupa tampilan siklus *counter* akan terlihat pada tampilan LCD yang ditunjukkan pada gambar 3.10



Gambar 3. 13 Diagram alir LCD

Setelah semua komponen berhasil dihubungkan selanjutnya membuat diagram alir sistem menyeluruh. Gambar Berikut Diagram alir sistem kendali



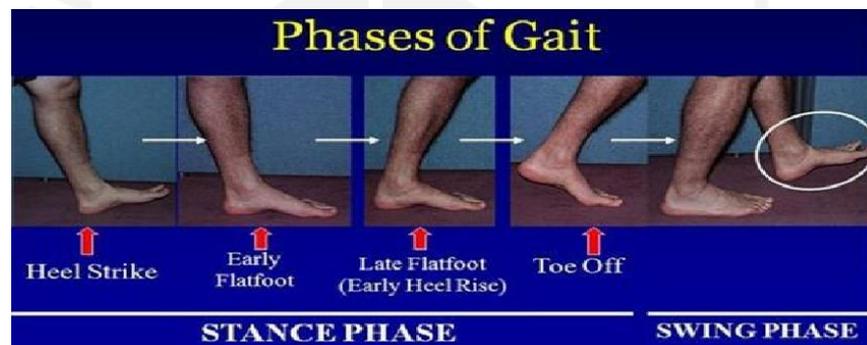
Gambar 3. 14 Diagram alir program keseluruhan

3.7 komponen data uji

1. Perhitungan waktu silinder

Dalam pengujian yang akan dilakukan, tentunya terdapat data yang sudah ditentukan sebagai syarat melakukan pengujian. Data tersebut digunakan sebagai batasan yang akan berguna untuk membuat hasil pengujian memiliki nilai variasi.

Variasi yang telah ditentukan yaitu pengujian saat kaki palsu digunakan untuk berjalan dan berlari. Akibat minimnya jurnal mengenai pengujian ini, untuk mendapatkan nilai waktu dari masing-masing variasi tersebut. Akan dilakukannya pengujian menggunakan metode stopwatch. Pengujian metode stopwatch ini akan menggunakan phases of gait sebagai penentuan titik waktu disetiap fase. Berikut adalah phases of gait saat orang melangkah yang ditunjukkan pada gambar 3.15.

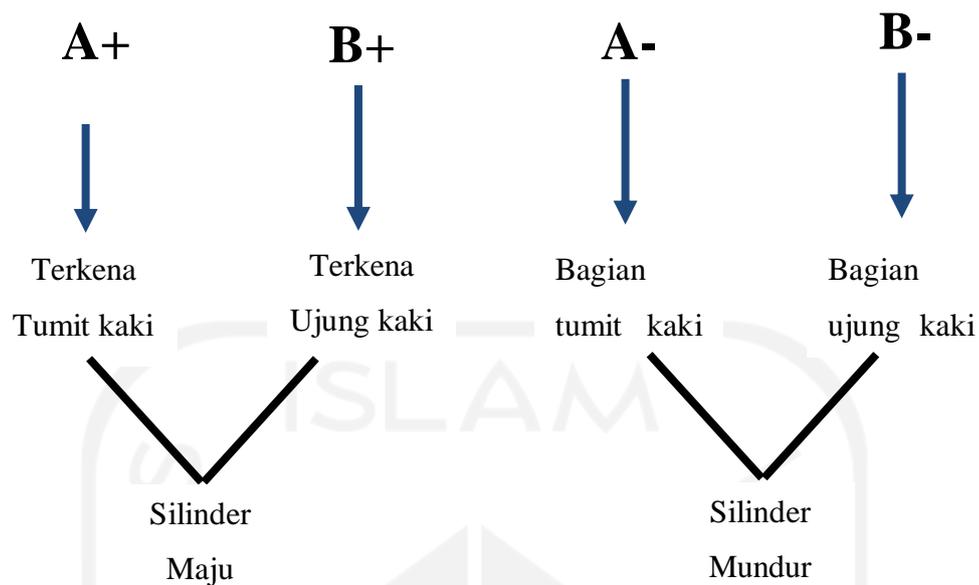


Gambar 3. 15 *Phases of Gait*

Sumber : Justin Greisberg, MD (2019).

Phase of Gait ini akan diimplementasikan pada kedua silinder alat uji yang dimana akan diberi sebuah inisiasi yaitu :

- Heel strike = A+
- Early Flatfoot = B+
- Toe Off = A-
- Swing Phase = B-



Gambar 3. 16 Implementasi silinder

Adapun, waktu siklus untuk setiap fase ketika pengujian jalan atau lari ditunjukkan pada tabel 3.3 Waktu siklus

Tabel 3. 3 Waktu siklus

Siklus	A+	B+	A-	B-
Pengujian Jalan	0,3 s	0,2 s	0,3 s	0,2 s
Pengujian Lari	0,15 s	0,1 s	0,15 s	0,1 s

2. Produk kaki palsu

Pengujian *fatigue* kaki palsu dalam penelitian ini menggunakan 3 produk kaki palsu yaitu 1 buah produk lokal dan dua buah produk impor. Dalam pengujian ini dilakukan pemberian kode nama pada masing-masing produk agar memudahkan dalam proses pendataan. Adapun kode produk tersebut menggunakan penamaan abjad yaitu dua produk impor akan diberi nama produk A dan B sedangkan 1 produk lokal akan diberi nama produk C.

3.8 Target Perancangan

Sistem komponen elektrik yang telah dilakukan uji coba, kemudian akan akan dihubungkan dan diatur pada arduino dengan beberapa rangkaian perintah pada program yang sudah dibuat. Perancangan sistem otomasi pada penelitian kali ini memiliki tujuan yaitu membuat suatu rangkain sistem otomasi berbasis arduino yang dapat mengatur proses timing dan counter pada alat uji *fatigue* secara otomatis. Oleh sebab itu untuk target perancangan sistem otomasi uji *fatigue* ini adalah membuat alat uji yang sesuai dengan standar ISO 10328 serta pada saat pengujian tersebut sistem dapat berjalan dengan baik sehingga hasil pengujian bisa didapatkan serta diharapkan alat uji memiliki ketahanan yang lama dalam penggunaannya.



BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penentuan Sistem Otomasi

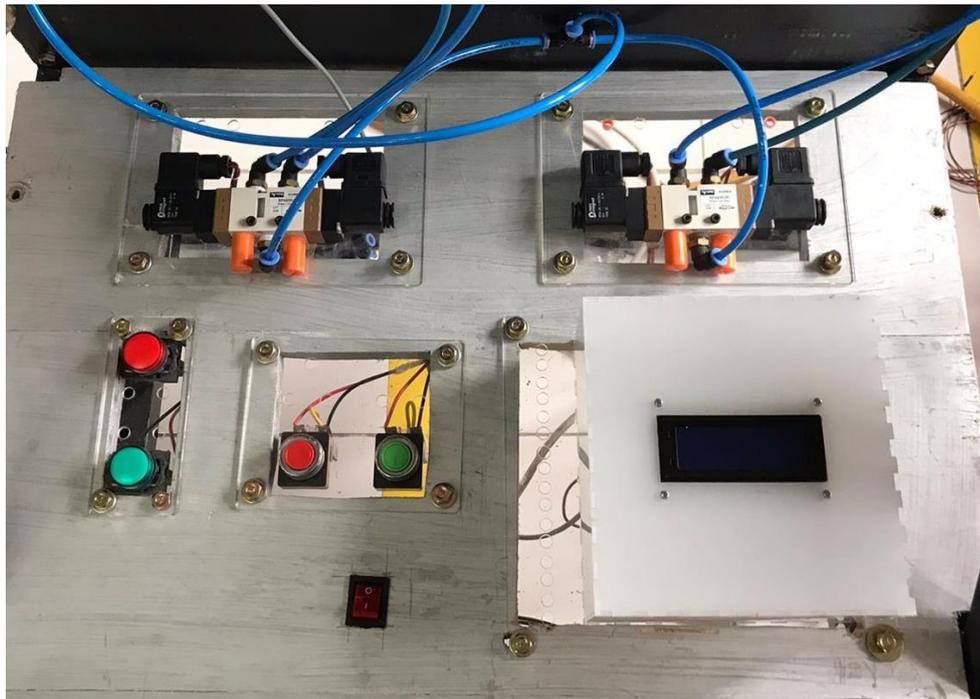
Dalam perancangan sistem otomasi pada alat uji fatigue menggunakan beberapa komponen elektrik berbasis Arduino dengan bantuan *software* Arduino IDE. Untuk proses perancangannya dimulai dari pemilihan alat dan bahan lalu dilanjutkan tahap perakitan komponen elektrik hingga pembuatan program arduino yang akan dijalankan. Semua ini melalui pertimbangan serta saran dari hasil *survey* sebelumnya, selain itu berdasarkan *survey* yang telah dilakukan untuk alat uji fatigue masih sangat jarang ditemukan di Indonesia. Dalam penelitian kali ini akan bertujuan untuk membuat suatu alat uji fatigue otomatis dengan menggunakan sistem berbasis arduino. Sebenarnya selain menggunakan sistem yang berbasis Arduino masih ada sistem yang lain yaitu sistem PLC, akan tetapi dengan pertimbangan proses dari sistem tersebut, maka telah ditentukan untuk menggunakan sistem berbasis arduino.

4.2 Pemasangan Komponen Elektrik pada Rangka

Berikut ini adalah beberapa tahapan pemasangan komponen elektrik pada rangka mesin uji fatigue ditunjukkan pada beberapa gambar dibawah ini.

4.2.1 Penggabungan homebase dan komponen elektrik

Pada perancangan homebase komponen elektrik, kami menggunakan kayu dan akrilik sebagai media yang digunakan dalam penyatuan sistem otomasi tersebut. Fungsi dari penggunaan kayu dan akrilik yaitu agar saat proses uji fatigue berlangsung getaran yang dihasilkan dapat diminimalisir sehingga komponen elektrik menjadi awet dan tahan lama. Penggabungan homebase dan komponen elektrik tersebut ditunjukkan pada gambar 4.1.

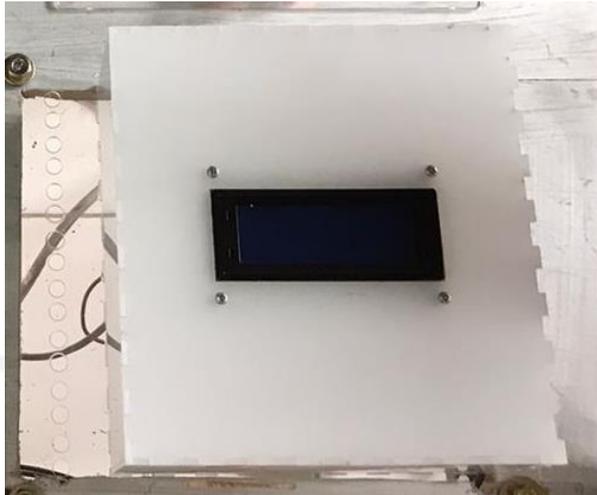


Gambar 4. 1 Sistem elektrik

4.2.2 Komponen Elektrik

Perancangan sistem otomasi menggunakan *microcontroller* Arduino UNO R3 sebagai sistem utama yang mengatur proses sistem elektrik yang akan bekerja. Sistem elektrik tersebut akan bekerja sesuai dengan program yang telah diunggah didalam Arduino UNO R3.

Komponen elektrik yang akan dihubungkan ke Arduino terlebih dahulu adalah sistem pergerakan silinder pneumatik, LCD, dan push button. Perancangan tersebut bertujuan sebagai proses utama dalam sistem otomasi tersebut. Push button diperuntukkan sebagai input dan silinder pneumatic sebagai output dalam sistem otomasi tersebut sedangkan LCD digunakan sebagai *display* untuk menunjukkan proses sistem otomasi yang ditunjukkan pada gambar 4.2.

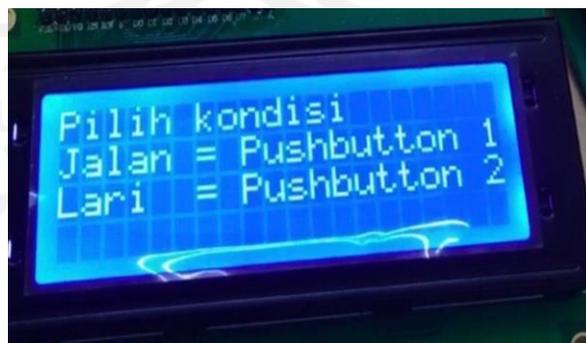


Gambar 4. 2 Sistem utama

4.3 Hasil perancangan sistem otomasi

Hasil percobaan perakitan komponen elektrik dan program yang akan digunakan tentunya sudah melalui proses percobaan sehingga sistem otomasi dapat bekerja sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Setelah itu, Langkah yang akan dikerjakan yaitu menghubungkan antar komponen elektrik kemudian akan dilakukan validasi terhadap program yang digunakan saat nanti proses pengujian berlangsung.

Ketika alat telah ditelaah dinyalakan, maka tampilan menu dengan beberapa parameter akan tertampil pada LCD. Parameter yang pertama adalah menu 'Pemilihan kondisi uji' yang dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Tampilan pilih kondisi

Terpilihnya salah satu kondisi, akan memerintahkan LCD untuk menampilkan proses kondisi pengujian yang diinginkan. Tampilan LCD ditampilkan seperti pada gambar 4.4



Gambar 4. 4 Proses kondisi pengujian

Setelah parameter siklus telah tercapai maka layar LCD akan menampilkan proses pengujian kondisi telah selesai. Tampilan LCD ditampilkan seperti pada gambar 4.5



Gambar 4. 5 Kondisi pengujian berhenti

Maka, selanjutnya tampilan LCD menampilkan “pengujian selesai” yang ditunjukkan pada gambar 4.6



Gambar 4. 6 Tampilan pengujian selesai

4.4 Parameter Siklus

Percobaan awal kaki palsu dilakukan untuk mengetahui apakah alat sudah mampu berjalan sebagaimana mestinya atau belum. Hasilnya, alat sudah mampu bekerja sebagaimana mestinya.

Adapun parameter yang telah ditentukan untuk pengujian pada produk kaki palsu yaitu berjumlah 72.000 Siklus. Untuk memenuhi jumlah pengujian tersebut maka total siklus dibagi menjadi 7 kali pengujian dengan masing-masing pengujiannya berkisar 10.000-12.000 siklus. Adapun saat pengujian berlangsung, siklus dapat dilakukan secara berkala atau *continuous*. Sehingga, ketika saat alat uji mengalami kendala atau hambatan, alat dapat dimatikan dengan mencatat hasil siklus terakhir yang terekam pada layar LCD.

Berikut ini adalah pembagian tabel pengujian terhadap 3 jenis kaki palsu yang berbeda, yaitu produk A, produk B, dan Produk C untuk memenuhi parameter siklus yang diinginkan yaitu berkisar 72.000 siklus yang ditunjukkan pada tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Siklus yang diinginkan

Produk	Siklus yang diinginkan							Total
	1	2	3	4	5	6	7	Siklus
Produk A	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	12.000	72.000
Produk B	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	12.000	72.000
Produk C	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	12.000	72.000

Keterangan:

Parameter siklus yang telah ditentukan	= 72.000 siklus
Waktu siklus Pengujian	= 1 siklus (0.5 detik)
1 kali pengujian	= 12.000 Siklus /1.7 jam
Total siklus pengujian pada 1 produk	= 6 kali x 10.000 Siklus = 60.000 Siklus
Khusus pengujian terakhir berjumlah	=12.000 Siklus

4.5 Analisis dan Pembahasan

4.5.1 Analisis data percobaan

Dari total 27 kali pengujian untuk memenuhi jumlah siklus yang diinginkan, jika dianalisis menjadi satu, ada beberapa kendala dan hambatan dalam pengujian tersebut. Adapun kendala dan penyebab yang terjadi merupakan dari segi hal elektrik dan mekanik sehingga untuk memenuhi jumlah siklus yang diinginkan pengujian produk harus di mulai kembali dengan menggunakan awalan siklus yang terakhir terekam pada LCD. Berikut rangkuman kendala dalam proses pengujian yang ditunjukkan pada tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Data percobaan

Pengujian ke-	Siklus		
	Produk A	Produk B	Produk C
1	10.000	10.000	10.000
2	10.000	3.500	10.000
3	10.000	6.500	1.300
4	10.000	10.000	500
5	2.445	10.000	8.200
6	1.200	10.000	10.000
7	6.355	10.000	10.000
8	500	12.000	10.000
9	9.500	-	12.000
10	12.000	-	-
Total Siklus	72.000	72.000	72.000

Keterangan warna:

Merah = Pengujian mengalami hambatan/kendala

Hijau = Melanjutkan siklus pada pengujian yang mengalami hambatan.

4.5.2 Pembahasan

Dari data yang terdapat pada tabel 4.2, sebagian besar pengujian *fatigue* dapat dilakukan oleh alat tersebut, akan tetapi terdapat beberapa kendala dalam pengujiannya, berikut ini merupakan detail hasil pengujian untuk setiap produk kaki tersebut.

1. Pada percobaan produk A untuk memenuhi jumlah 72.000 siklus maka harus dilakukan 10 kali percobaan, dikarenakan terdapat 3 kali kendala didalam percobaannya. Adapun kendala yang terjadi yaitu terdapat pada percobaan ke-5 dan ke-6, pada sistem elektrik terdapat bagian yang rusak yang terletak pada relay. Akibatnya, tegangan listrik tidak dapat dialirkan pada katup 5/2 yang berfungsi untuk menggerakkan pneumatik. Sehingga pada pengujian ke 7, siklus dimulai kembali dari hasil akhir saat hambatan pengujian terjadi. Serta, pada percobaan ke-8, terdapat hambatan pada penahan kaki karena baut dan mur tidak dikencangkan dengan kuat sehingga permukaan alas kaki tidak terkena beban tekanan dari pneumatik.
2. Pada percobaan produk B, untuk memenuhi jumlah 72.000 siklus maka harus dilakukan 8 kali percobaan, dikarenakan terdapat 1 kali kendala didalam percobaannya. Adapun kendala yang terjadi yaitu terdapat pada percobaan ke-2, Penahan kaki tidak dikencangkan dengan kuat sehingga permukaan alas kaki tidak terkena beban tekanan dari pneumatik. Sehingga pada pengujian ke 3, siklus dimulai kembali dari hasil akhir saat hambatan pengujian terjadi.
3. Pada percobaan produk C, untuk memenuhi jumlah 72.000 siklus maka harus dilakukan 9 kali percobaan, dikarenakan terdapat 2 kali kendala didalam percobaannya. Adapun kendala yang terjadi yaitu terdapat pada percobaan ke-3 dan ke-4, Selang pada penyambung kompresor terlepas sehingga aliran udara tidak dapat dialirkan pada regulator dan pneumatik.

4.5.3 Analisis Permasalahan

Dari permasalahan-permasalahan ketika melakukan percobaan di atas, berikut ini merupakan beberapa alternatif penyelesaian untuk mengatasi permasalahan tersebut :

1. Pada permasalahan yang terletak pada sambungan selang kompresor yang tidak kuat untuk menahan aliran udara. Dalam mengatasinya yaitu dilakukan perubahan sambungan klem pada selang.
2. Pada permasalahan berikutnya yaitu terletak pada penahan kaki saat melakukan pengujian. Dikarenakan, sistem pengencangan menggunakan metode mur dan baut, jika mur tidak terpasang dengan baik maka kaki akan mudah goyang dan akibatnya pneumatik tidak akan mengenai alas permukaan kaki tersebut. Untuk mengatasi hal tersebut, perlu dilakukan penambahan rancang bangun dibagian penahan kaki yang akan dihubungkan terhadap dinding alat sehingga saat melakukan pengujian kaki tidak akan mudah bergerak.
3. Pada permasalahan yang terjadi dipengujian produk A yaitu terletak pada sistem elektrik bagian relay. Dikarenakan, sistem relay tersebut mengalami kerusakan maka tidak adanya tegangan listrik yang dapat dialirkan pada katup 5/2 akibatnya pneumatik tidak mendapatkan *supply* udara dari kompresor. Adapun perubahan yang dilakukan yaitu mengganti relay rusak dengan yang baru sehingga sistem dapat berjalan normal Kembali.

4.5.4 Hasil Pengujian pada produk

Berikut ini adalah 3 jenis kaki palsu yang berbeda yaitu Produk A, Produk B, dan Produk C sebagai bahan pengujian *fatigue* kaki palsu yang ditunjukkan pada tabel 4.3.

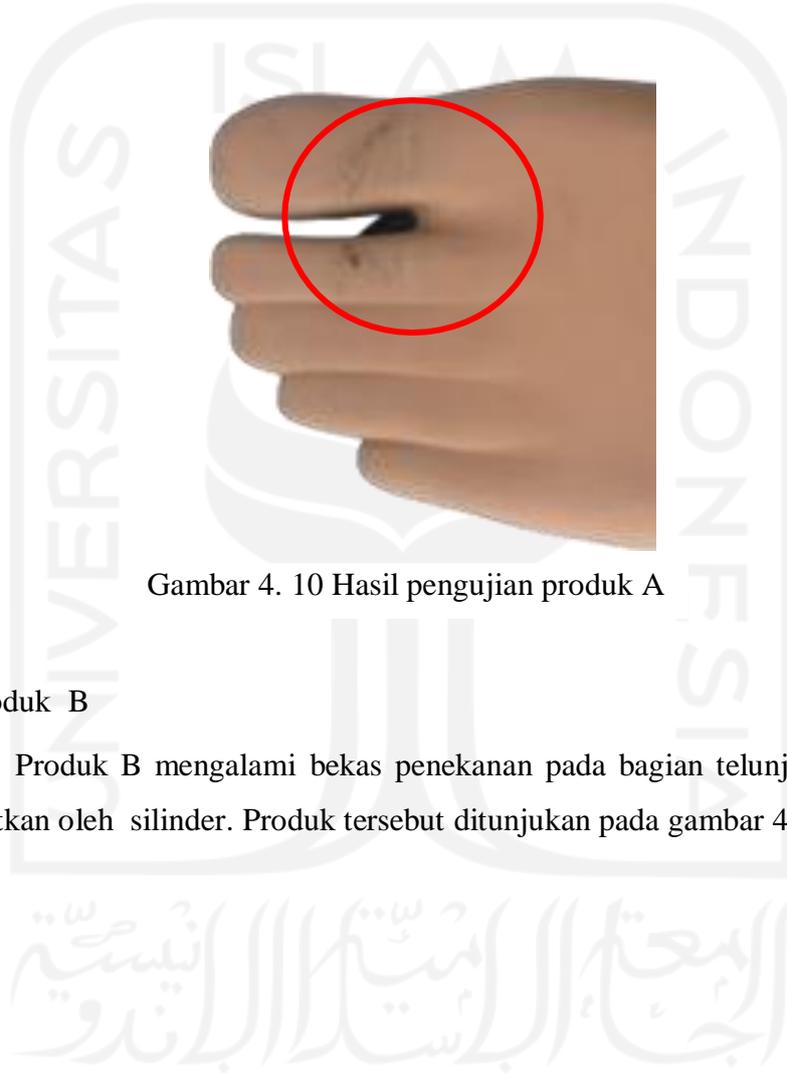
Tabel 4. 3 Pengujian Produk

Produk	Sebelum pengujian
<p>Produk A</p>	 <p>Gambar 4. 7 Produk A</p>
<p>Produk B</p>	 <p>Gambar 4. 8 Produk B</p>
<p>Produk C</p>	 <p>Gambar 4. 9 Produk C</p>

Dari data yang terdapat pada tabel 4.3, sebagian besar pengujian *fatigue* pada produk tidak mengalami perpatahan ataupun keretakan, akan tetapi terdapat beberapa bekas penekanan yang terjadi pada bahan uji produk akibat tekanan dari silinder.

1. Produk A

Produk A mengalami bekas penekanan pada bagian jempol dan jari telunjuk. Bekas penekanan ditunjukkan oleh lingkaran merah pada gambar 4.3.



Gambar 4. 10 Hasil pengujian produk A

2. Produk B

Produk B mengalami bekas penekanan pada bagian telunjuk kaki yang diakibatkan oleh silinder. Produk tersebut ditunjukkan pada gambar 4.4



Gambar 4. 11 Hasil pengujian produk B

3. Produk C

Produk C mengalami bekas penekanan yang cukup luas dibandingkan ke 2 produk lainnya. mengalami bekas penekanan pada bagian jempol dan jari telunjuk. Bekas penekanan ditunjukkan oleh lingkaran merah pada gambar 4.5.



Gambar 4. 12 Hasil pengujian produk C

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berikut adalah beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini diantaranya :

1. Alat uji fatigue kaki palsu yang telah dibuat menggunakan sistem otomasi berbasis Arduino sebagai pengatur sistem utama. Lalu, sistem tersebut dihubungkan dengan komponen elektrik lainnya sehingga menjadi suatu sistem otomasi yang dijalankan menggunakan suatu program sebagai perintah.
2. Perancangan komponen pada penelitian ini dibagi menjadi dua yaitu perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Perancangan Perangkat keras diawali dengan pembuatan homebase elektrik, perakitan komponen elektrik dan sistem utama. Lalu, perancangan perangkat lunak yaitu pembuatan program saat penggabungan antar komponen elektrik sehingga program dapat mensimulasikan pengujian sesuai yang diinginkan.
3. Alat uji fatigue kaki palsu menggunakan sistem yang memiliki dua proses pengujian yaitu pengujian jalan dan lari.
4. Hasil pengujian fatigue pada produk yaitu produk masih terlihat bagus dan tidak retak sehingga memerlukan pengujian lanjutan dengan menggunakan jumlah siklus yang lebih banyak.

5.2 Saran

Berikut adalah beberapa saran yang dapat diambil dari penelitian ini diantaranya :

1. Mengganti regulator dengan tabung penyimpanan air yang lebih besar.
2. Meningkatkan sistem otomasi sehingga fungsi dari alat uji *fatigue* menjadi lebih mudah digunakan .
3. Produk kaki palsu memiliki sebuah kemampuan material sehingga terjadi aus abrasi pada material saat dilakukannya pengujian *fatigue*. Sehingga, sebelum dilakukannya uji *fatigue* dibutuhkan pengujian aus untuk membandingkan kekuatan aus material dari masing-masing produk

DAFTAR PUSTAKA

- Akhmad (2009). “*Perancangan simulasi sistem pergerakan dengan pengontrolan pneumatik untuk mesin pengamplas kayu otomatis*”. Universitas Sriwijaya.
- Ariefeei (2014). “*Pengertian fungsi dan kegunaan Arduino*”.
<https://ariefeeiiggeennblog.wordpress.com/2014/02/07/pengertian-fungsi-dan-kegunaan-arduino/>. Diakses pada 10 Mei 2021 pukul 20.00.
- HendraYudisaputro(2016).“*Uji_Fatigue*”.<https://berbagienergi.com/2016/02/10/uji-fatigue/>. Diakses pada 5 mei 2021 Pukul 21.00
- Husanto & Thomas (2005). “*PLC(Programmable Logic Controller) FP sigma*”. Yogyakarta.
- ISO 10328 (2016). “*Prosthetics-Testing of ankle-foot devices and foot units-Requirements and test methods*”. *International Standard, Second edition. Licensed to Universitas Islam Indonesia/Donny Suryawan.*
- Jufrika (2020). “*Pengertian sensor reed switch dan penggunaannya*”.
<https://www.jufrika.com/2020/03/pengertian-reed-switch-sensor->. diakses pada 20juli 2021 pukul 16.00.
- Justin Greisberg, MD (2019), “*Biomechanics of walking*”. Foot Education.
<https://footeducation.com/biomechanics-of-walking-gait/> . Diakses pada 10 Mei 2021 Pukul 22.00
- Kementerian Kesehatan RI (2014). “*Data kondisi disabilitas di Indonesia*”.*Pusat Data Informasi* “. KEMENKES RI
- Muhsin J. Jweeg, Phd (2007).” *Design and Analysys of new prosthetic foot*”*Al khawarizmi journal* vol 3 no 1.
- Munandar, Aris. (2012). *Liquid Crystal Display (LCD)* , 9 April 2015
<http://www.leselektronika.com/2012/06/liguid-crystal-display-lcd-16-x-2.html>. Diakses pada 21 juli 2021 pukul 17.00
- Prasetio, P. J. D., & Pradana, R. (2013). “*Perancangan alat peraga mesin frais vertikal dengan sistem penggerak pneumatik*”. *Jurnal Teknik Mesin*, 2.
- Putranto dkk (2008).” *Teknik Otomatisasi Industri*”. Departemen Pendidikan Nasional. Jakarta.
- Santono, Martinus, & Sugiyono (2013). “*Pembuatan Otomasi pengaturan kereta*

api, pengereman, dan palang pintu pada rel kereta api mainan berbasis mikrokontroler". *Jurnal FEMW*,2,16-22.

Santono et al (2013). " *Pembuatan Otomasi pengaturan kereta api, pengereman, dan palang pintu pada rel kereta api mainan berbasis mikrokontroler*". *Jurnal FEMW*,1,1.

Sudaryono (2013). "*Pneumatik dan Hidrolik*". Jakarta: Direktorat Pendidikan Dasar dan Menengah

United Nations (2006). "*Declaration of The Rights of Disabled Person, Scott Brown*". Publication's Encyclopedia of Disability.

Unknown (2006). " *Apa itu Teknik otomasi*"
<http://studyotomasirobotika.blogspot.com/2015/05/apa-itu.html> . Diakses pada 5 mei 2021 pukul 17.00