

TUGAS AKHIR

SISTEM PENGISIAN OTOMATIS DENGAN VARIASI BERAT DAN WADAH BERBASIS *PROGRAMMABLE* *LOGIC CONTROLLER (PLC)*

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro

Program Studi Teknik Elektro

Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Sanata Dharma



Disusun oleh :

LAURENSIA CINDI P. WINATA

NIM : 185114026

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SANATA DHARMA
YOGYAKARTA
2022**

FINAL PROJECT

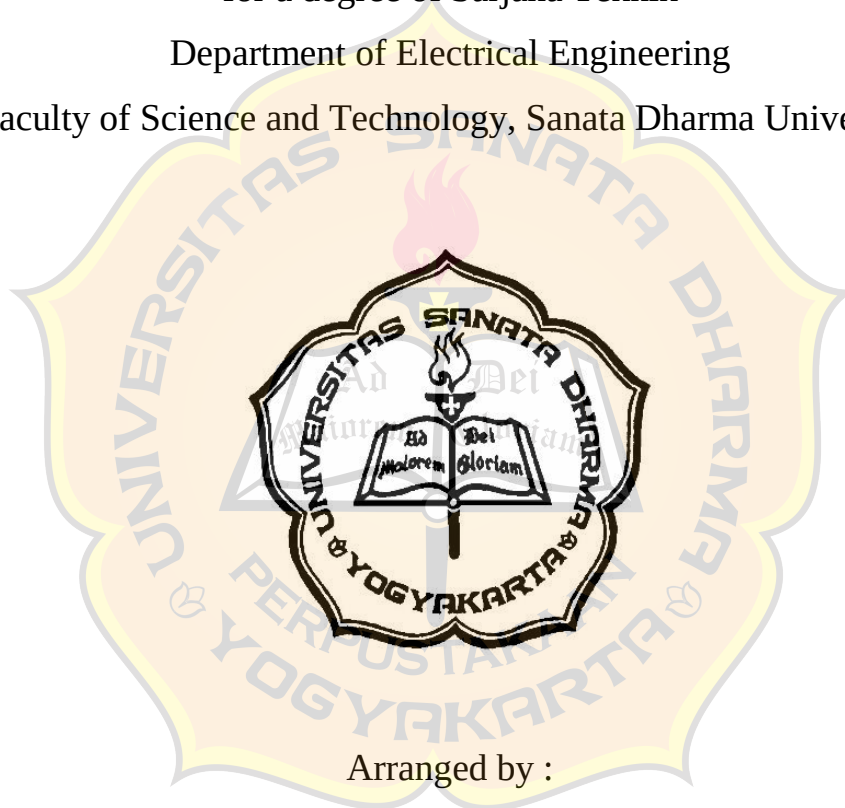
**PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC)
BASED AUTOMATIC FILLING SYSTEM WITH
WEIGHT AND CONTAINER VARIATIONS**

In a partial fulfilment of the requirements

for a degree of Sarjana Teknik

Department of Electrical Engineering

Faculty of Science and Technology, Sanata Dharma University



Arranged by :

LAURENSIA CINDI P. WINATA

NIM : 185114026

**DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
FACULTY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
SANATA DHARMA UNIVERSITY
YOGYAKARTA
2022**

LEMBAR PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR

**SISTEM PENGISIAN OTOMATIS DENGAN VARIASI
BERAT DAN WADAH BERBASIS *PROGRAMMABLE
LOGIC CONTROLLER (PLC)*
(PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC) BASED
AUTOMATIC FILLING SYSTEM WITH WEIGHT AND
CONTAINER VARIATIONS)**



Pembimbing

Ir. Djoko Untoro Suwarno, S.Si., M.T

Tanggal : 03 Oktober 2022

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

SISTEM PENGISIAN OTOMATIS DENGAN VARIASI BERAT DAN WADAH BERBASIS *PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER* (PLC) (PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC) BASED AUTOMATIC FILLING SYSTEM WITH WEIGHT AND CONTAINER VARIATIONS)

Oleh:

LAURENSIA CINDI P. WINATA

NIM : 185114026

Telah dipertahankan di depan tim penguji

Pada tanggal : 11 Oktober 2022

Dan dinyatakan memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji:

Nama Lengkap

Tanda Tangan

Ketua : Dr. Ir. B. Wuri Harini

Sekretaris : Ir. Djoko Untoro Suwarno, S.Si., M.T

Anggota : Ir. Th Prima Ari Setiyani, M.T

Yogyakarta, 21 Oktober 2022

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Sanata Dharma

Dekan,



Ir. Drs. Haris Sriwindono, M.Kom., Ph.D

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir ini tidak memuat karya atau bagian karya orang lain, kecuali yang telah disebutkan dalam kutipan dan daftar pustaka sebagaimana layaknya karya ilmiah.

Yogyakarta, 28 September 2022

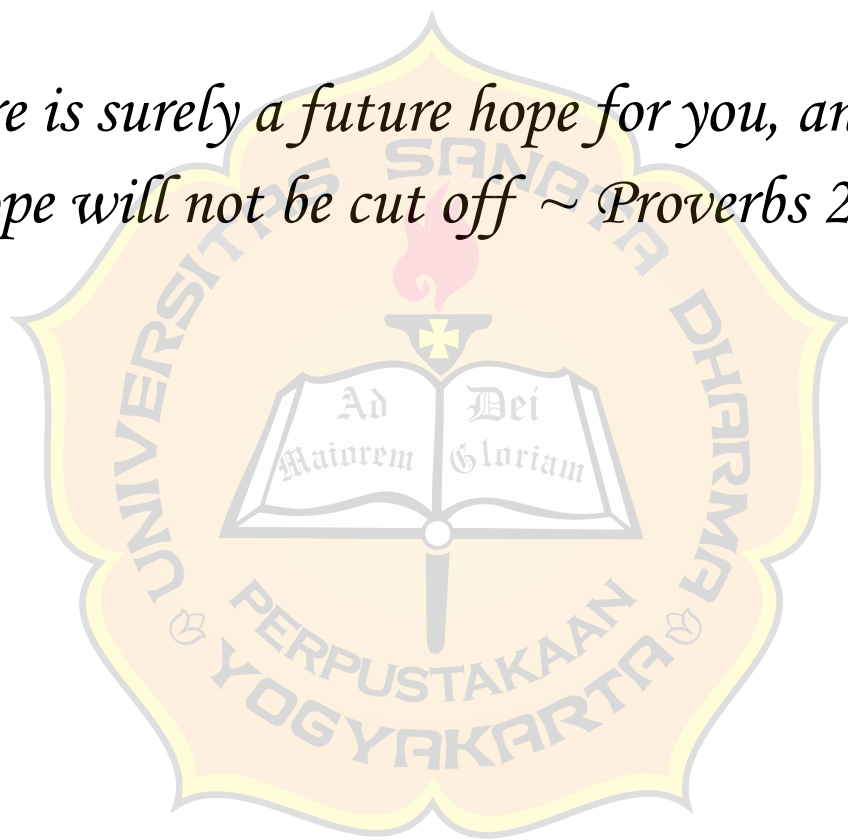


Laurensia Cind P. Winata



HALAMAN PERSEMBAHAN DAN MOTTO HIDUP

*There is surely a future hope for you, and your
hope will not be cut off ~ Proverbs 23:18*



Skripsi ini kupersembahkan untuk
Tuhan Yesus Kristus dan Bunda Maria,
Saya sendiri, kedua orang tua dan saudara/i ku,
orang-orang yang aku cintai.

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya mahasiswa Universitas Sanata Dharma :

Nama : LAURENSIA CINDI P. WINATA

Nomor Mahasiswa : 185114026

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya memberikan kepada Perpustakaan Universitas Sanata Dharma karya ilmiah saya yang berjudul :

SISTEM PENGISIAN OTOMATIS DENGAN VARIASI BERAT DAN WADAH BERBASIS *PROGRAMMABLE* *LOGIC CONTROLLER (PLC)*

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan demikian saya memberikan kepada Perpustakaan Universitas Sanata Dharma hak untuk menyimpan, mengalihkan dalam bentuk media lainnya, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data, mendistribusikan secara terbatas, dan mempublikasikannya di Internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu minta ijin dari saya maupun memberikan royalti kepada saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Yogyakarta, 28 September 2022



(LAURENSIA CINDI P. WINATA)

INTISARI

Peralatan-peralatan yang dahulu bekerja secara manual sekarang sudah mulai banyak dikembangkan secara otomatis seperti proses pengisian khususnya pada dunia industri. Pengisian dan penimbangan otomatis ini berfungsi untuk mempermudah manusia dalam melakukan aktivitasnya agar menjadi lebih cepat, efisien dan lebih praktis. Maka dibuatlah sistem pengisian otomatis dengan variasi berat dan wadah agar dapat mempermudah dan membantu manusia dalam proses pengisian agar tidak perlu melakukan koreksi jika barang yang diisi belum sesuai dengan massa yang diinginkan.

Sistem pengisian ini dikontrol dengan menggunakan PLC schneider TM221CE40R. Sistem menggunakan sensor *load cell* sebagai pendeteksi berat objek dan Modul HX711 sebagai modul penguat sinyalnya. Setelah diolah oleh modul HX711 sinyal digital kemudian dikirim ke Arduino uno untuk diolah lagi kemudian dikirim ke PLC. Motor DC sebagai penggerak konveyor yang akan membawa wadah kosong kemudian diisi dengan objek yang sesuai dengan berat massa yang *diinput* oleh operator, setelah proses pengisian telah selesai terdapat palang pendorong yang akan digerakkan oleh motor DC yang akan mendorong wadah dari tempat pengisian.

Sistem pengisian otomatis dengan variasi berat dan wadah dapat berjalan dengan baik. Sistem mampu mendeteksi ukuran wadah dan melakukan pengisian material sesuai dengan berat yang diinginkan operator dengan tingkat keberhasilan 99.3%. Sistem ini menggunakan tiga buah varian wadah dan enam varian berat dengan ketentuan wadah berukuran S akan diisi dengan berat 100 gr & 200 gr, wadah ukuran M diisi dengan berat 300 gr & 400 gr dan wadah dengan ukuran L diisi dengan berat 500 gr & 600 gr. Rata-rata *error* dari pengisian 100 gr adalah 1.8%, 200 gr adalah 0.8%, 300 gr adalah 0.49% 400 gr adalah 0.52%, 500 gr adalah 0.38% dan 600 gr adalah 0.31%.

kata kunci : PLC TM221CE40R, *Loadcell*, HX711, Pengisian, dan sensor *proximity* kapasitif.

ABSTRACT

Equipment that used to work manually has now begun to be developed automatically such as the filling process, especially in the industrial world. This automatic filling and weighing serves to make it easier for humans to carry out their activities to become faster, more efficient and more practical. So an automatic filling system with variations in weight and container was created in order to facilitate and help humans in the filling process so that there is no need to make corrections if the filled goods are not in accordance with the desired mass.

This filling system is controlled using a PLC schneider TM221CE40R. The system uses a load cell sensor as an object weight detector and the HX711 Module as its signal amplifier module. After being processed by the HX711 module, the digital signal is then sent to the Arduino uno for processing again and then sent to the PLC. DC motor as a conveyor drive that will carry an empty container is then filled with an object that matches the weight of the mass *inputted* by the operator, after the filling process has been completed there is a pusher bar that will be driven by a DC motor that will push the container from the filling place.

The automatic filling system with weight variations and containers can run well. The system is able to detect the size of the container and carry out the filling of the material according to the weight desired by the operator with a success rate of 99.3%. This system uses three container variants and six weight variants with the provision that the S-sized container will be filled with a weight of 100 gr & 200 gr, a size M container filled with a weight of 300 gr & 400 gr and a container with an L size filled with a weight of 500 gr & 600 gr. The average error of filling 100 gr is 1.8%, 200 gr is 0.9%, 300 gr is 0.49% 400 gr is 0.52%, 500 gr is 0.38% and 600 gr is 0.31%.

Keywords : PLC TM221CE40R, Loadcell, HX711, Charging, and capacitive proximity sensor.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala pertolongan, berkat dan karunia-Nya sehingga Tugas Akhir berjudul “SISTEM PENGISIAN OTOMATIS DENGAN VARIASI BERAT DAN WADAH BERBASIS *PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER* (PLC)” dapat terselesaikan dengan baik.

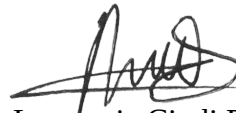
Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat bagi mahasiswa jurusan Teknik Elektro untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Universitas Sanata Dharma Yogyakarta. Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik atas bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan rahmatNya sehingga skripsi ini dapat dibuat dan diselesaikan dengan baik.
2. Bapak, ibu dan adik-adikku tercinta yang selalu memberikan doa, motivasi, dan dukungan dari awal hingga akhir pengerjaan tugas akhir.
3. Bapak Ir. Martanto, M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma.
4. Bapak Ir. Djoko Untoro Suwartono, S.Si., M.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing dengan penuh kesabaran, memberikan masukan dan saran yang terbaik selama pengerjaan tugas akhir.
5. Ibu Dr. Ir. Bernadeta Wuri Harini, S.T., M.T., I.P.M., dan Ir. Theresia Prima Ari Setiyani, M.T., selaku Dosen Penguji ujian tugas akhir yang telah bersedia menguji dan memberikan masukan selama pengerjaan tugas akhir.
6. Seluruh Dosen dan Laboran Teknik Elektro yang telah memberikan bantuan selama perkuliahan.
7. Maria Putri Yubela sebagai partner dalam pengerjaan tugas akhir dan sekaligus sahabat yang baik dan sabar dari awal perkuliahan.
8. Teman-teman kontrakan, Plat- R, k2kamsy, teman-teman Teknik Elektro 2018, dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu, mendukung dan peduli.
9. Teman-teman seperjuangan Lab TA yang saling membantu dan memberi dukungan satu sama lain. Khususnya buat Albert, Dhea, dan Alvin yang sudah membantu, berbagi dalam suka dan duka selama proses penyelesaian tugas akhir.

10. Diri sendiri karena sudah berjuang, tetap melangkah maju dengan segala rintangan yang dihadapi dan mampu menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis menerima kritik maupun saran yang membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini di masa mendatang. Akhir kata semoga tugas akhir ini dapat dimanfaatkan sebagaimana mestinya. Terima kasih.

Yogyakarta, 28 September 2022



Laurensia Cindi P. Winata



DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	i
FINAL PROJECT	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA	v
HALAMAN PERSEMBAHAN DAN MOTTO HIDUP	vi
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vii
INTISARI	viii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xx
BAB I	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Tujuan dan manfaat penelitian	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Metode Penelitian	3
BAB II	6
2.1 Programmable Logic Controller (PLC)[4]	6
2.1.1 Diagram <i>ladder</i> [6]	6
2.1.2 Fungsi-Fungsi Logika Dasar	8
2.1.3 PLC <i>Schneider</i> TM221[7]	10

2.2	Sensor Berat (<i>Load cell</i>)[9].....	12
2.2.1	Prinsip Kerja Sensor <i>Load Cell</i>	13
2.3	Modul Penguat HX711 [10]	14
2.4	Sensor <i>Proximity</i> kapasitif [11]	15
2.5	Sensor Photodioda [12].....	16
2.6	Konveyor [13].....	18
2.6.1	Sabuk (Belt Conveyor)	18
2.7	Motor DC [14]	19
2.8	Arduino UNO [15].....	20
2.9	Relay [16]	22
2.9.1	Prinsip Kerja <i>Relay</i>	23
2.10	<i>Limit switch</i> [11]	23
BAB III		25
3.1	Diagram Blok Perancangan PLC	26
3.2	Perancangan Perangkat Keras Mekanis	27
3.2.1	Perancangan Bak Penampung Objek.....	27
3.2.2	Perancangan Konveyor.....	28
3.2.3	Perancangan Wadah	29
3.2.4	Perancangan Palang Pendorong Wadah	29
3.3	Perancangan Perangkat Keras Elektronik	30
3.3.1	Push Button	30
3.3.2	Rangkaian Module Sensor Load Cell	30
3.3.3	Data Range Load Cell.....	31
3.3.4	Rangkaian Sensor <i>Proximity</i>	31
3.3.5	Rangkaian Laser dan Photodioda	32
3.3.6	Rangkaian <i>Limit switch</i>	33
3.3.7	Motor DC Palang Pendorong	33

3.3.8	Motor DC Konveyor.....	34
3.3.9	Motor DC <i>Stopper</i>	34
3.4	Perancangan Programmable Logic Controller (PLC).....	35
3.5	Perancangan Diagram Alir.....	36
3.5.1	Perancangan Diagram Alir Utama.....	36
3.5.2	Perancangan Diagram Alir Proses Pengisian ke dalam Wadah	36
3.5.3	Perancangan Diagram Alir Proses Penimbangan Dengan <i>Load Cell</i>	37
3.5.4	Perancangan Diagram Alir Proses Pemindahan Wadah ke Tempat Penyimpanan	39
BAB IV		40
4.1	Perubahan Perancangan	40
4.1.1	Perubahan Perancangan Konveyor dan Tempat Pengisian	40
4.1.2	Perubahan Rangkaian PLC ke Motor Konveyor	41
4.2	Implementasi Hardware dari Sistem Pengisian Otomatis Dengan Variasi Berat dan Wadah	41
4.2.1	Hasil Implementasi Konveyor.....	42
4.2.2	Hasil Implementasi Bak Penampung Kacang Hijau	42
4.2.3	Hasil Implementasi Tempat Proses Pengisian dan <i>Loadcell</i>	43
4.2.4	Palang Pendorong dan Penggerak Palang	44
4.2.5	Relay Pembalik Arah putaran Motor.....	45
4.2.6	Modul Relay pemancing sinyal <i>input</i> photodiode ke PLC.....	46
4.3	Hasil Pengamatan Sistem.....	46
4.3.1	Program Arduino	47
4.3.2	Hasil Pengamatan pada Arduino	48
4.3.3	Data Hasil Perbandingan <i>Load Cell</i> dengan Hasil Timbangan Digital pada Masukan 100 Gr.....	50

4.3.4	Data Hasil Perbandingan <i>Load Cell</i> dengan Hasil Timbangan Digital pada Masukan 200 Gr	51
4.3.5	Data Hasil Perbandingan <i>Load Cell</i> dengan Hasil Timbangan Digital pada Masukan 300 Gr	52
4.3.6	Data Hasil Perbandingan <i>Load Cell</i> dengan Hasil Timbangan Digital pada Masukan 400 Gr	53
4.3.7	Data Hasil Perbandingan <i>Load Cell</i> dengan Hasil Timbangan Digital pada Masukan 500 Gr	54
4.3.8	Data Hasil Perbandingan <i>Load Cell</i> dengan Hasil Timbangan Digital pada Masukan 600 Gr	55
4.3.9	Data Proses Pengisian berat 100 gr	57
4.3.10	Data Proses Pengisian berat 200 gr	58
4.3.11	Data Proses Pengisian berat 300 gr	59
4.3.12	Data Proses Pengisian berat 400 gr	60
4.3.13	Data Proses Pengisian berat 500 gr	61
4.3.14	Data Proses Pengisian berat 600 gr	62
4.3.15	Data Waktu Pengisian Setiap Berat	63
4.3.16	Data Pengamatan <i>Input</i> Dan <i>Output</i>	64
4.3.17	Hasil Pengamatan Sub Sistem	65
4.4	Implementasi Software	66
4.4.1	Diagram Ladder Tombol <i>Start</i> dan <i>Stop</i>	66
4.4.2	Diagram Ladder Sensor Proximity Kapasitif	66
4.4.3	Diagram Ladder Pengendali Konveyor	67
4.4.4	Diagram Ladder <i>Stopper</i>	67
4.4.5	Diagram Ladder Pilihan berat dan <i>Input</i> Analog PLC	68
4.4.6	Diagram Ladder Palang Pendorong	69
4.4.7	Diagram Ladder Penggerak Palang	70
BAB V		72

5.1	Kesimpulan	72
5.2	Saran	72
DAFTAR PUSTAKA.....		74
LAMPIRAN		76



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Perancangan blok diagram sistem pengisian otomatis dengan variasi berat dan wadah.....	4
Gambar 2.1. Simbol NO [6]	7
Gambar 2.2. Simbol NC [6]	7
Gambar 2.3. Ladder Diagram Logika AND [6]	8
Gambar 2.4. Ladder Diagram Logika OR [6]	8
Gambar 2.5. Ladder Diagram Logika NOT [6].....	9
Gambar 2.6. Ladder Diagram Logika NOR [6]	9
Gambar 2.7. Ladder Diagram Logika NAND [6]	9
Gambar 2.8. Ladder Diagram Logika XOR [6]	10
Gambar 2.9. Bagian PLC TM221CE40R.....	10
Gambar 2.10. Sensor Load Cell.....	12
Gambar 2.11 Rangkaian Jembatan Wheatstone	14
Gambar 2.12. Module HX711	15
Gambar 2.13. Bentuk Fisik Sensor Proximity kapasitif	16
Gambar 2.14. Simbol dan Bentuk Fisik Sensor Photodiode	17
Gambar 2.15. Jenis-Jenis Conveyor	18
Gambar 2.16. Konveyor Sabuk (Belt Conveyor)	19
Gambar 2.17. Prinsip Kerja Motor DC.....	20
Gambar 2.18. Bagian-Bagian Arduino.....	21
Gambar 2. 19 Prinsip Kerja Relay.....	23
Gambar 2. 20 Bentuk dan Simbol Limit switch	23
Gambar 3. 1. Ilustrasi Prototipe.....	25
Gambar 3. 2. Diagram Blok Sistem Pengisian Otomatis dengan Variasi Berat dan Wadah Berbasis Berbasis Programmable Logic Controller (PLC)	26
Gambar 3. 3. Rancangan bak penampungan	28
Gambar 3. 4. Rancangan konveyor	28
Gambar 3. 5. Dimensi Ukuran Wadah	29
Gambar 3. 6. Palang Pendorong	29
Gambar 3. 7. Rangkaian Push Button	30
Gambar 3. 8. Rangkaian Load cell, HX711, Arduino dan PLC	30

Gambar 3. 9. Rangkaian Sensor Proximity	31
Gambar 3. 10. Rangkaian Laser	32
Gambar 3. 11. Rangkaian Photodiode	33
Gambar 3. 12. Rangkaian Limit switch	33
Gambar 3. 13. Rangkaian Motor DC Palang Pendorong	34
Gambar 3. 14. Rangkaian Motor DC Konveyor.....	34
Gambar 3. 15. Motor DC Stopper	35
Gambar 3. 16 Diagram Alir Sistem Secara Umum	36
Gambar 3. 17. Diagram Alir Proses Pengisian ke Dalam Wadah	37
Gambar 3. 18. Diagram Alir PLC pada Proses Penimbangan Load Cell.....	38
Gambar 3. 19 Diagram Alir Arduino UNO	38
Gambar 3. 20. Diagram Alir Proses Pemindahan Wadah ke Tempat Penyimpanan	39
Gambar 4. 1 Perubahan Posisi Konveyor dan Tempat Pengisian	40
Gambar 4. 2 Perubahan Rangkaian PLC ke Motor Konveyor	41
Gambar 4. 3 Hasil Implementasi Hardware	41
Gambar 4. 4 Hasil Implementasi Konveyor	42
Gambar 4. 5 Implementasi Bak Penampung	43
Gambar 4. 6 Tempat Pengisian dan Letak Loadcell.....	43
Gambar 4. 7 Palang Pendorong	44
Gambar 4. 8 Penggerak Palang.....	45
Gambar 4. 9 Relay Pembalik Arah Putaran Motor.....	45
Gambar 4. 10 Modul Relay Pemancing Sinyal Photodiode	46
Gambar 4. 11 Program Arduino	47
Gambar 4. 12 Grafik Perbandingan dengan masukan 100 Gram	50
Gambar 4. 13 Grafik Perbandingan dengan masukan 200 Gram	51
Gambar 4. 14 Grafik Perbandingan dengan masukan 300 Gram	53
Gambar 4. 15 Grafik Perbandingan dengan masukan 400 Gram	54
Gambar 4. 16 Grafik Perbandingan dengan masukan 500 Gram	55
Gambar 4. 17 Grafik Perbandingan dengan masukan 600 Gram	56
Gambar 4. 18 Ladder Tombol Start dan Stop.....	66
Gambar 4. 19 Ladder Sensor Proximity Kapasitif	67
Gambar 4. 20 Ladder Pengendali Konveyor	67
Gambar 4. 21 Ladder Pengendali Stopper.....	68

Gambar 4. 22 Ladder Input Analog PLC	69
Gambar 4. 23 Ladder Palang Pendorong.....	70
Gambar 4. 24 Ladder Penggerak Palang	71



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Keterangan Bagian-Bagian pada Gambar 2.9	11
Tabel 2. 2 Karakteristik PLC tipe TM221CE40R [8]	11
Tabel 2. 3 Spesifikasi Load Cell.....	13
Tabel 2. 5 Spesifikasi Sensor Photodiode	17
Tabel 2. 6 Spesifikasi Board Arduino	20
Tabel 2. 7 Konfigurasi Pin Arduino Uno	21
Tabel 3.1. Piranti Input dan Output dan fungsinya.....	27
Tabel 3. 2 Tabel Range Tegangan	31
Tabel 3.3. Tabel Pengalamatan Piranti Input Programmable Logic Controller (PLC)	35
Tabel 3.4. Tabel Pengalamatan Piranti Output Programmable Logic Controller (PLC)	35
Tabel 4. 1 Hasil Pengamatan Tampilan Serial Monitor pada Arduino	48
Tabel 4. 2 Data Proses Pengisian Berat 100 Gram.....	57
Tabel 4. 3 Data Proses Pengisian Berat 200 Gram.....	58
Tabel 4. 4 Data Proses Pengisian Berat 300 Gram.....	59
Tabel 4. 5 Data Proses Pengisian Berat 400 Gram.....	60
Tabel 4. 6 Data Proses Pengisian Berat 500 Gram.....	61
Tabel 4. 7 Data Proses Pengisian Berat 600 Gram.....	62
Tabel 4. 8 Data Waktu Pengisian Setiap Berat.....	63
Tabel 4. 9 Data hasil pengamatan input dan output	64
Tabel 4. 10 Hasil Pengamatan Sub Sistem.....	65

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan ilmu teknologi dan informasi saat ini semakin pesat yang menyebabkan beberapa industri sudah menggunakan sistem otomasi untuk membantu dan mempermudah kinerja manusia dalam melakukan aktivitasnya [1]. Teknologi industri pada masa sekarang ini menyebabkan pergantian dari sistem produksi secara konvensional yang menggunakan tenaga manusia menjadi sistem otomasi yang dikerjakan oleh mesin. Salah satu pemanfaatan teknologi tersebut yakni dengan penggunaan alat-alat elektronika, dimana teknologi ini sendiri diciptakan dengan tujuan mempermudah manusia dalam melakukan aktivitasnya agar menjadi lebih cepat, efisien dan lebih praktis. Hal ini dapat kita lihat dalam bidang perdagangan yang pada umumnya masih melakukan proses penimbangan secara manual dengan cara memasukkan objek atau benda ke dalam satu wadah lalu kemudian ditimbang dan disesuaikan dengan berat yang diinginkan. Kegiatan tersebut masih kurang efektif dan masih membutuhkan sumber daya manusia sebagai pelaku utama.

Berdasarkan hal tersebut, maka penulis melakukan penelitian sistem pengisian otomatis menggunakan variasi berat dan wadah agar dapat mempermudah dan membantu manusia dalam proses pengisian agar tidak perlu melakukan koreksi jika barang yang diisi belum sesuai dengan massa yang diinginkan. Penambahan beberapa varian ukuran wadah sangat diperlukan untuk membantu agar proses pengisian bisa disesuaikan dengan ukuran dan berat yang beraneka sesuai dengan kebutuhan. Sistem ini diharapkan dapat mempermudah pengguna dalam mengisi dan menimbang massa objek sesuai dengan keinginan dengan menggunakan sistem yang sudah otomatis terprogram.

Penelitian ini dirancang dengan menggunakan PLC (*Programmable Logic Controller*) *schneider* TM221CE40R sebagai pengendali utamanya dan monitoring dengan HMI (*Human Machine Interface*). Sensor *proximity* yang berfungsi untuk mendeteksi ketersediaan objek pada penampung. *Rotary encoder* dan sensor photodiode laser untuk mendeteksi ukuran wadah. Sensor *load cell* sebagai pendeteksi berat objek. Modul HX711 untuk menguatkan sinyal keluaran dari sensor *load cell* dan mengonversi data analog menjadi digital. Arduino uno sebagai *input* ke plc yang memiliki fungsi sebagai komunikasi

untuk membaca keluaran sinyal digital dari modul HX711. Setelah menerima data dari arduino, PLC akan mengendalikan motor DC sebagai penggerak konveyor yang akan membawa wadah kosong kemudian diisi dengan objek yang sesuai dengan berat massa yang diinput dari HMI, setelah proses pengisian telah selesai terdapat palang pendorong yang akan digerakkan oleh motor DC yang akan mendorong wadah dari tempat pengisian. Dalam penelitian ini penulis fokus dalam membahas bagian kontrolernya yaitu PLC.

Sebelumnya sudah pernah ada penelitian yang serupa tentang pengisian, yakni “Rancang Bangun Sistem Pengepakan Tepung Secara Otomatis Menggunakan Programmable Logic Controller” [1], “Prototipe sistem pengisian butir (*Granule*) menggunakan sensor berat berbasis PLC (*Programmable Logic Controller*)” [2] dan Perancangan Sistem Pengisian Air Otomatis dengan *Conveyor* Menggunakan PLC” [3]. Pada penelitian-penelitian tersebut pengisian objek dilakukan hanya dengan menggunakan wadah/*box* atau kemasan yang memiliki ukuran yang sama. Wadah/*box* tersebut diisi tidak berdasarkan dengan berat objek. Berdasarkan hal tersebut penulis ingin mengembangkan dan mengkaji lebih dalam tentang PLC dengan menambahkan beberapa varian berat dan ukuran wadah yang berbeda yang diisi sesuai dengan ketentuan berat yang ingin diisikan serta dengan menggunakan *konveyor belt* untuk meletakkan wadah. PLC adalah kendali logika terprogram yang merupakan komputer elektronik yang mudah digunakan yang memiliki fungsi kendali pada level yang kompleks [4]. Pada penelitian ini HMI akan memberikan *input* untuk memulai proses pengisian, selama proses pengisian dilakukan HMI akan memantau semua proses yang dilakukan dan kemudian dikontrol oleh PLC setelah proses pengisian dengan variasi berat dan wadah telah selesai, hasil pengukuran berat objek juga akan ditampilkan pada HMI. Pada proses pengisian ini penulis menggunakan tiga buah varian wadah yang berukuran S, M & L dengan varian berat yang berukuran 100 gr, 200 gr, 300 gr, 400 gr, 500 gr dan 600 gr dengan ketentuan wadah berukuran S akan diisi dengan berat 100 gr & 200 gr, wadah ukuran M diisi dengan berat 300 gr & 400 gr dan wadah dengan ukuran L diisi dengan berat 500 gr & 600 gr.

1.2 Tujuan dan manfaat penelitian

Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk mengembangkan atau mengimplementasikan pengendali berat suatu objek yang diisikan ke dalam wadah secara otomatis .

Manfaat dari tugas akhir ini adalah untuk mempermudah pekerjaan operator dalam proses pengisian beberapa variasi berat dan wadah dengan menggunakan sistem yang otomatis terprogram.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini, yaitu :

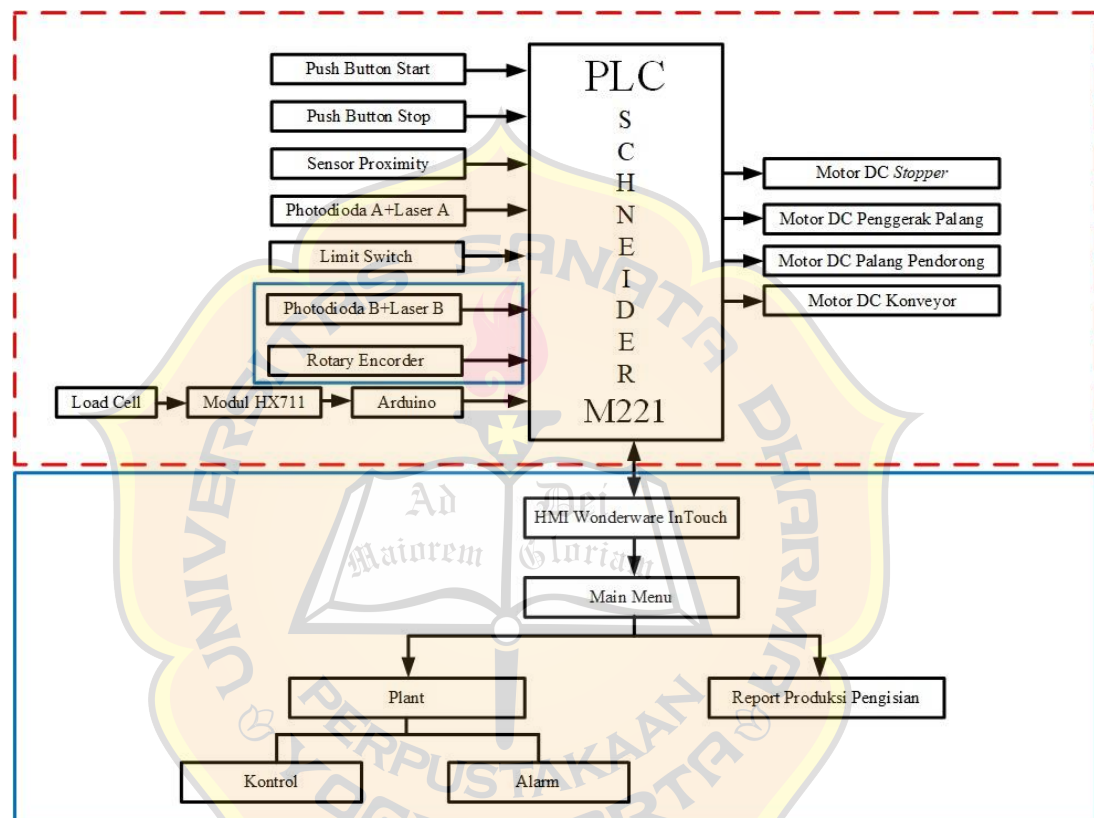
1. Menggunakan PLC *Schneider* M221 sebagai pengontrol.
2. Menggunakan sensor *Load cell* untuk menimbang objek.
3. Menggunakan *module* HX711 untuk menguatkan sinyal keluaran dari sensor *Load Cell* dan mengonversi data analog menjadi digital.
4. Menggunakan Arduino Uno untuk membaca *output* dari modul HX711.
5. Menggunakan satu buah konveyor.
6. Menggunakan 4 buah motor DC sebagai penggerak konveyor, *stopper*, palang pendorong dan penggerak palang.
7. Menggunakan sensor *proximity* untuk mendeteksi ketersediaan objek pada penampungan.
8. Menggunakan sensor photodioda dan Laser untuk menghentikan konveyor.
9. Variasi ukuran wadah S, M & L dengan variasi berat 100 gr, 200gr, 300 gr, 400 gr, 500 gr dan 600 gr.
10. Objek yang digunakan adalah kacang hijau.

1.4 Metode Penelitian

Untuk mencapai tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini penulis menggunakan metode –metode sebagai berikut :

1. Studi Literatur, dengan cara mencari referensi serta membaca dari buku, jurnal dan artikel lainnya yang berkaitan dengan permasalahan pada tugas akhir ini, seperti penjelasan tentang PLC *Schneider* TM221CE40R, Arduino Uno, sensor berat, *relay*, *limit switch*, motor DC, sensor *proximity*, sensor photodioda dan laser.
2. Eksperimen, yaitu dengan melakukan praktik langsung mengenai apa yang sudah dipelajari.

3. Perancangan *hardware* dan *software*, yaitu dengan mencari model yang optimal dari sistem yang akan dibuat dengan mempertimbangkan dari faktor-faktor permasalahan dan kebutuhan dari sistem yang telah ditentukan. Bagian-bagian *hardware* berupa konveyor, wadah penampungan, peletakkan motor dc, sensor *load cell*, sensor *proximity*. Perancangan *hardware* pada prototipe dapat dilihat pada Gambar 1.1, sedangkan Bagian *software* yang akan dirancang adalah program arduino dan program ladder pada PLC Schneider dengan SoMachine Basic.



Gambar 1.1. Perancangan blok diagram sistem pengisian otomatis dengan variasi berat dan wadah.

Terdapat satu bak penampung yang akan menampung objek dan sensor *proximity* yang berfungsi untuk mendeteksi ketersediaan objek dalam bak penampung serta *stopper* yang akan digerakkan oleh motor dc yang berfungsi untuk membuka dan menutup bak penampung. Prototipe menggunakan satu buah konveyor yang akan membawa wadah kosong ke tempat pengisian untuk diisi dan disesuaikan dengan berat yang ditentukan, ketika wadah telah berada di tempat pengisian setelah beberapa saat palang pendorong akan bergerak untuk memindahkan wadah dari tempat pengisian agar proses pengisian selanjutnya bisa dilaksanakan.

Pada diagram blok terdapat dua plant diagram yang berbeda yaitu bagian *Programmable Logic Controller* (PLC) dan bagian *Human Machine Interface* (HMI). Diagram blok terpecah mengartikan plant akan dikerjakan oleh dua orang. Pada diagram blok yang terdiri dari PLC Schneider M221 yang berada pada garis putus-putus berwarna merah akan dikerjakan oleh peneliti dengan judul "Sistem Pengisian Otomatis Dengan Variasi Berat Dan Wadah Berbasis Programmable Logic Controller (PLC)". Untuk diagram blok bagian HMI dengan garis utuh berwarna biru akan dikerjakan oleh Yubela.M.P. dengan judul "HMI Pada Sistem Pengisian Otomatis Dengan Variasi Berat dan Wadah".

4. Pengujian dan pengambilan data dilaksanakan dengan tujuan untuk mengetahui hasil kerja sebuah alat yang telah dibuat. Pengambilan data dilakukan dengan cara pengukuran tegangan sensor dan motor dc, menguji ketepatan hasil data objek dengan membandingkan objek yang ada dalam wadah dengan yang diinginkan, serta data hasil pengukuran *load cell*.
5. Analisis hasil percobaan, pada tahap ini dilakukan dengan menganalisis hasil percobaan dengan cara melihat persentase keberhasilan pada alat yang telah dibuat dan membandingkan keakuratan proses pada sistem dengan diagram ladder yang dibuat pada *software*. Indikator keberhasilan pada sistem yang telah dibuat dengan melihat keberhasilan sensor mendeteksi objek dan motor dc menggerakkan konveyor untuk melakukan pengisian yang sesuai dengan berat dan ukuran wadah yang diinginkan.

BAB II

DASAR TEORI

Bab ini akan menjelaskan tentang dasar teori dan penjelasan detail tentang bagian-bagian utama yang akan digunakan dalam pembuatan tugas akhir ini. Komponen yang digunakan yaitu: *Programmable Logic Controller (PLC)*, *Arduino Uno*, *Sensor Berat (Load cell)*, *module HX711*, *Sensor Proximity*, *Sensor Photodiode* dan *laser*, *relay*, *Limit switch*, konveyor sebagai perangkat penggerak dan *Motor DC*.

2.1 Programmable Logic Controller (PLC)[4]

PLC adalah komputer elektronik yang mudah digunakan (*user friendly*) yang memiliki fungsi kendali untuk berbagai tipe dan tingkat kesulitan yang berbagai ragam. Definisi Programmable Logic Controller menurut Capiel (1982) adalah "sistem elektronik yang beroperasi secara digital dan didisain untuk pemakaian di lingkungan industri, dimana sistem ini menggunakan memori yang dapat diprogram untuk penyimpanan secara internal instruksi-instruksi yang mengimplementasikan fungsi-fungsi spesifik seperti logika, urutan, pewaktuan, pencacahan dan operasi aritmatik untuk mengontrol mesin atau proses melalui modul-modul I/O digital maupun analog". Berdasarkan namanya konsep PLC adalah sebagai berikut:

1. **Programmable**, menunjukkan kemampuan dalam hal memori untuk menyimpan program yang telah dibuat yang dengan mudah diubah-ubah fungsi atau kegunaannya.
2. **Logic**, menunjukkan kemampuan dalam memproses *input* secara aritmatik dan logic (ALU), yakni melakukan operasi membandingkan, menjumlahkan, mengalikan, membagi, mengurangi, negasi, AND, OR, dan lain sebagainya.
3. **Controller**, menunjukkan kemampuan dalam mengontrol dan mengatur proses sehingga menghasilkan *output* yang diinginkan.

2.1.1 Diagram ladder [6]

Diagram *ladder* (diagram tangga) adalah metode pemrograman PLC yang sangat umum digunakan dengan berdasarkan pada penggunaan diagram-diagram tangga. Diagram-diagram tangga terdiri dari dua garis vertikal yang menunjukkan aliran daya. Komponen-

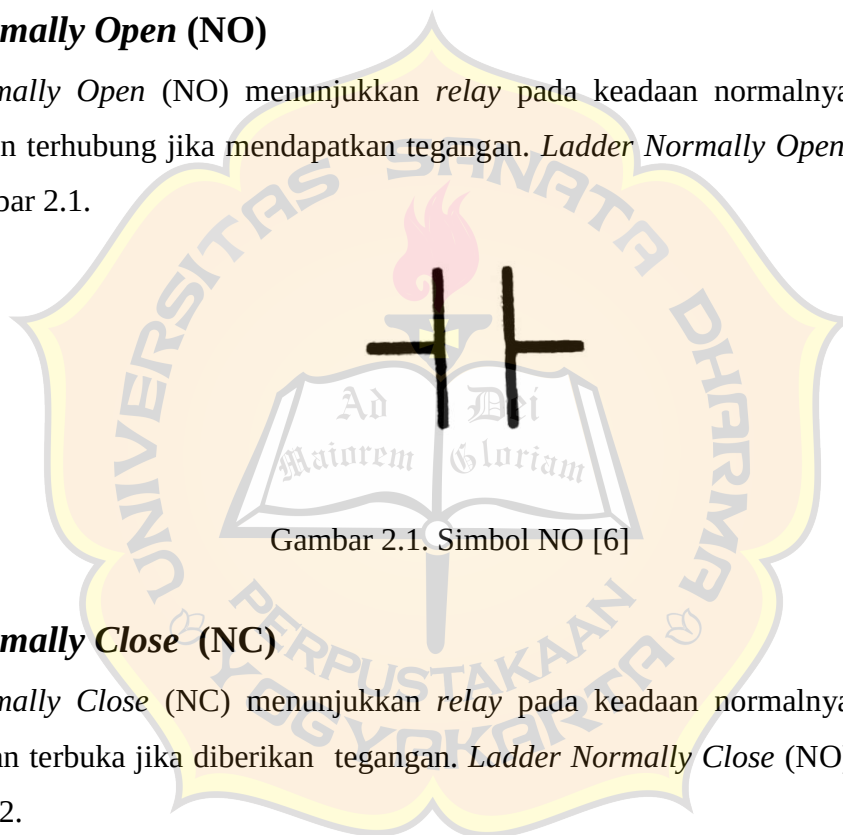
komponen rangkaian disambungkan dengan garis horizontal di antara kedua garis vertikal tersebut. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pemrograman PLC dengan menggunakan diagram *ladder*:

- a. Program dibaca dari kiri ke kanan dan dari atas ke bawah.
- b. Rung harus dimulai dengan sebuah *input* dan diakhiri dengan *output*.
- c. *Input (contact)* dan *output (coil)* ditampilkan dalam kondisi normal.
- d. Semua *input* dan *output* diidentifikasi dengan alamat.

Pada diagram *ladder* terdapat dua macam normal *contact* yaitu :

a. Normally Open (NO)

Normally Open (NO) menunjukkan *relay* pada keadaan normalnya dalam posisi terbuka dan terhubung jika mendapatkan tegangan. *Ladder Normally Open* (NO) terdapat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Simbol NO [6]

b. Normally Close (NC)

Normally Close (NC) menunjukkan *relay* pada keadaan normalnya dalam posisi tertutup dan terbuka jika diberikan tegangan. *Ladder Normally Close* (NO) terdapat pada Gambar 2.2.



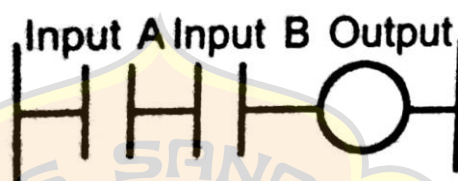
Gambar 2.2. Simbol NC [6]

2.1.2 Fungsi-Fungsi Logika Dasar

Dalam pemrograman diagram *ladder* terdapat instruksi-instruksi logika dasar yang digunakan. Instruksi-instruksi tersebut diantaranya sebagai berikut :

a. AND

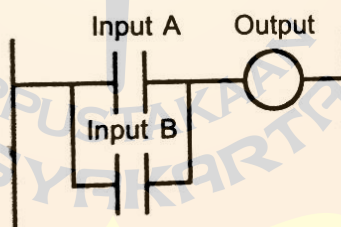
Logika AND merupakan kondisi dimana dua buah saklar *Normally Open* (NO) yang terhubung secara seri dan berada pada keadaan tertutup untuk menghasilkan keluaran. Bentuk *ladder* logika AND terdapat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. *Ladder Diagram* Logika AND [6]

b. OR

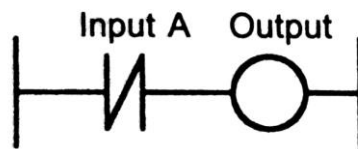
Logika OR merupakan kondisi dimana dua buah saklar *Normally Open* (NO) yang terhubung secara paralel akan menghasilkan keluaran cukup dengan salah satu saklar berada dalam kondisi tertutup. Bentuk *ladder* logika OR terdapat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. *Ladder Diagram* Logika OR [6]

c. NOT

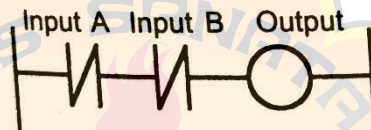
Logika NOT merupakan kondisi dimana sebuah saklar dalam kondisi normal akan menghasilkan keluaran (*output*) jika diberi masukan (*input*). Bentuk *ladder* logika NOT terdapat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Ladder Diagram Logika NOT [6]

d. NOR

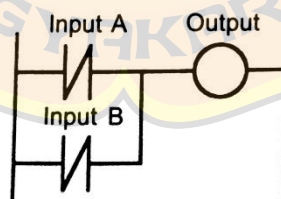
Logika NOR merupakan kondisi dimana dua buah saklar *Normally Close* (NC) yang terhubung akan menghasilkan keluaran jika salah satu atau kedua saklar tidak mendapatkan masukan (*input*). Bentuk *ladder* logika NOR terdapat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Ladder Diagram Logika NOR [6]

e. NAND

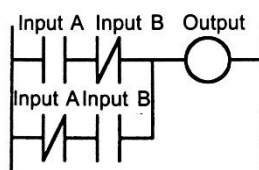
Logika NAND merupakan kondisi dimana dua buah saklar *Normally Close* (NC) terhubung secara seri yang akan menghasilkan keluaran 1 jika kedua saklar berada dalam kondisi 0. Bentuk *ladder* logika NAND terdapat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Ladder Diagram Logika NAND [6]

f. XOR

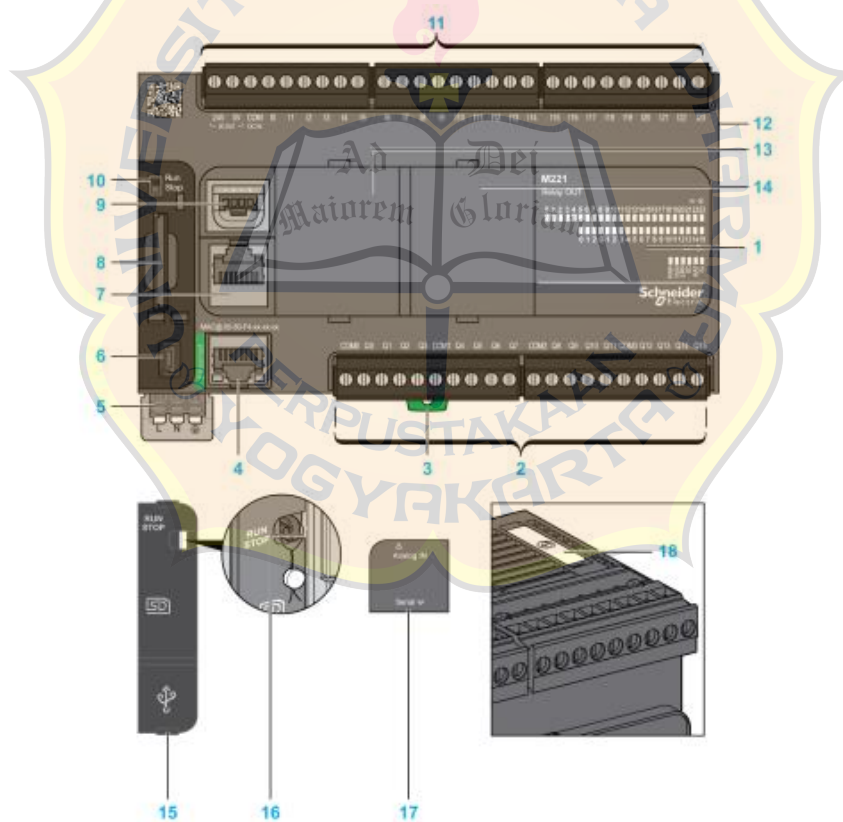
Logika XOR merupakan kondisi dimana empat buah kombinasi saklar *Normally Close* (NC) dan *Normally Open* (NO) terhubung secara seri dan paralel yang akan menghasilkan keluaran jika salah satu dari kedua masukan (*input*) bernilai 1. Bentuk *ladder* logika XOR terdapat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8. Ladder Diagram Logika XOR [6]

2.1.3 PLC *Schneider* TM221[7]

PLC TM221 merupakan produk dari *Schneider Electric*. Pada perancangan tugas akhir ini PLC yang digunakan yaitu PLC dengan tipe TM221CE40R. PLC TM221CE40R memiliki 40 port I/O yang terdiri dari 24 port input dan 16 port output, bagian-bagian dari PLC ini dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9. Bagian PLC TM221CE40R

Berikut ini keterangan bagian-bagian dari Gambar 2.9. Bagian PLC TM221CE40R yang terdapat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Keterangan Bagian-Bagian pada Gambar 2.9

No	Keterangan
1	Status LED
2	Blok terminal <i>output</i>
3	Klip pengunci ukuran 35 mm
4	Port <i>Ethernet</i> /konektor RJ45
5	Catu daya 110-240 VAC
6	Port mini USB
7	Port serial 1
8	<i>Slot SD Card</i>
9	Masukan 2 analog
10	Saklar <i>Run/Stop</i>
11	Blok terminal <i>input</i>
12	Konektor penambahan modul I/O
13	<i>Cartridge slot 1</i>
14	<i>Cartridge slot 2</i>
15	Tutup pelindung
16	<i>Locking hook</i>
17	Pelindung <i>input</i> analog
18	Penahan baterai

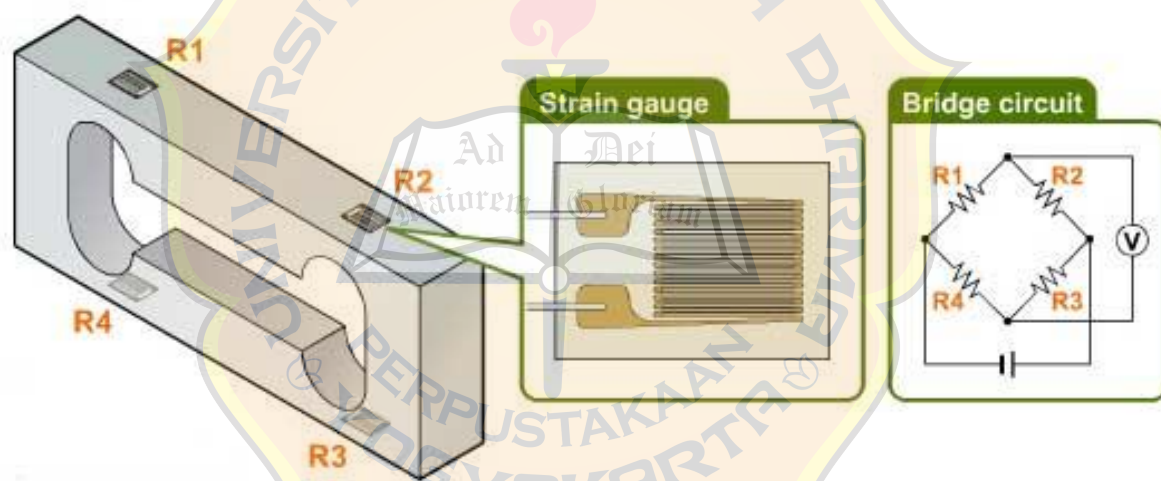
Berikut adalah karakteristik dari PLC yang bertipe TM221CE40R dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Karakteristik PLC tipe TM221CE40R [8]

<i>Range of product</i>	<i>Modicon M221</i>
<i>Product or component type</i>	<i>Logic controller</i>
<i>[Us] rated supply voltage</i>	<i>100...240 V AC</i>
<i>Discrete input number</i>	<i>24, discrete input conforming to IEC 61131-2 Type 1</i>
<i>Analogue input number</i>	<i>2 at 0...10 V</i>
<i>Discrete output type</i>	<i>Relay normally open</i>
<i>Discrete output number</i>	<i>16 relay</i>
<i>Discrete output voltage</i>	<i>5...125 V DC</i> <i>5...250 V AC</i>
<i>Discrete output current</i>	<i>2 A</i>
<i>Network frequency</i>	<i>50/60 Hz</i>
<i>Discrete input logic</i>	<i>Sink or source (positive/negative)</i>
<i>Discrete input voltage</i>	<i>24 V</i>
<i>Discrete input voltage type</i>	<i>DC</i>
<i>Voltage state 1 guaranteed</i>	<i>>= 15 V for input</i>
<i>oltage state 0 guaranteed</i>	<i><= 5 V for input</i>

2.2 Sensor Berat (*Load cell*)[9]

Load cell merupakan sensor berat, apabila *load cell* diberi beban pada inti besinya maka nilai resistansi di *strain gauge* akan berubah. Umumnya *load cell* terdiri dari 4 buah kabel, dimana dua kabel sebagai eksistensi dan dua kabel lainnya sebagai sinyal keluaran. *Load Cell* adalah alat elektromagnetik yang biasa disebut *transducer*, yaitu gaya yang bekerja berdasarkan prinsip deformasi sebuah material akibat adanya tegangan mekanis yang bekerja, kemudian merubah gaya mekanik menjadi listrik. Untuk menentukan tegangan mekanis didasarkan pada hasil penemuan Robert Hooke, bahwa hubungan antara tegangan mekanis dan deformasi yang diakibatkan disebut regangan. Regangan ini terjadi pada lapisan kulit dari material sehingga memungkinkan untuk diukur menggunakan sensor regangan atau Strain Gauge. Berikut gambar dari sensor *load cell* dapat dilihat dari Gambar 2.10.



Gambar 2.10. Sensor Load Cell

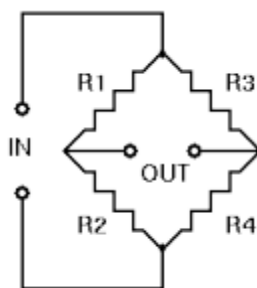
Sebuah *load cell* terdiri dari konduktor, strain gauge, dan jembatan wheatstone seperti pada Gambar 2.10. Strain gauge merupakan grid metal foil tipis yang dilekatkan pada permukaan dari *load cell*. Apabila *load cell* diberi beban, maka terjadi strain dan kemudian ditransmisikan ke foil grid. Tahanan foil grid berubah sebanding dengan strain induksi beban. Namun tegangan keluaran dari *load cell* sangat kecil, sehingga untuk mengetahui perubahan tegangan keluaran secara linier dibutuhkan rangkaian penguat instrumen yang dapat menguatkan tegangan keluaran yang sangat kecil hingga kurang dari satuan microvolt. Spesifikasi dari *load cell* dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Spesifikasi *Load Cell*.

Spesification	Description
Capacity:	1KG
Rated output(MV/V):	2.0±0.15
Accuracy class:	C2
Maximum number of laod cell verification intervals(N max)	2000
Minimum number of laod cell verification intervals(Vmin)	EMax/5000
Combined error(%RO)	<±0.030
Creep(%RO/30min)	0.03
Temperature effect on sensitivity(%RO/°C)	0.0016
Temperature effect on zero(%RO/°C)	0.003
Zero balance(%RO)	1.0
Input resistance(O)	402±6
Output resistance(O)	350±3
Insulation resistance(MO<50V>)	5000
Recommended excitation voltage(V)	5~15
Compensated temperature range(°C)	-10~+40
Operating temperature range(°C)	-35~+80
Safe overload(%RO)	150
Ultimate overload(%RO)	200
Load cell material	Aluminium
Connecting cable	ø4.2x350mm
Method of connecting wire	I/P - Red(+),Black(-) O/P - Green(+),White(-)

2.2.1 Prinsip Kerja Sensor *Load Cell*

Ketika bagian lain yang lebih *elastic* mendapat tekanan, maka pada sisi lain akan mengalami perubahan tegangan yang sesuai dengan yang dihasilkan oleh *strain gauge*, hal ini terjadi karena ada gaya yang seakan melawan pada sisi lainnya. Perubahan nilai resistansi yang diakibatkan oleh perubahan gaya diubah menjadi nilai tegangan oleh rangkaian pengukuran yang ada dan berat dari objek yang diukur dapat diketahui dengan mengukur besarnya nilai tegangan yang timbul. Sel beban (*load cell*) terdiri dari satu buah *strain gauge* atau lebih, yang ditempelkan pada batang atau cincin logam. Piranti ini dirancang untuk mengukur gaya tekanan mekanis, gaya pemampatan (kompresi), atau gaya punter yang bekerja pada sebuah objek. Ketika batang atau cincin logam piranti ini di bawah tekanan, tegangan yang timbul pada terminal – terminalnya yang dapat dijadikan rujukan untuk mengukur besarnya gaya. Prinsip kerja *load cell* berdasarkan rangkaian jembatan *wheatstone* dapat dilihat pada gambar 2.11.



Gambar 2.11 Rangkaian Jembatan Wheatstone

Jika rangkaian jembatan *Wheatstone* diberi beban, maka nilai R pada rangkaian akan berubah, nilai $R1 = R4$ dan $R2 = R3$. Sehingga membuat sensor *loadcell* tidak dalam kondisi yang seimbang dan membuat beda potensial. Beda potensial inilah yang menjadi *outputnya*. Untuk menghitung nilai dari tegangan keluaran berdasarkan gambar pada 2.11, dapat menggunakan persamaan 2.1 sebagai berikut :

$$V_0 = (V_{in} \times (\frac{R2}{R1+R2})) - (V_{in} \times (\frac{R4}{R3+R4})) \quad (2.1)$$

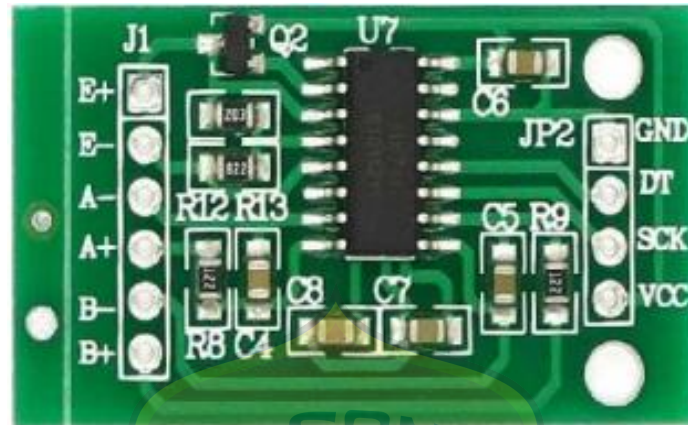
Berdasarkan teori, *loadcell* diberi beban maka nilai resistansi akan mengalami perubahan, nilai resistansi $R1$ dan $R3$ akan turun sedangkan nilai $R2$ dan $R4$ akan naik setimbang. ketika posisi seimbang maka $V_{out \text{ loadcell}} = 0$ volt, namun ketika nilai resistansi $R1$ dan $R3$ turun maka akan terjadi perubahan pada $V_{out \text{ loadcell}}$.

2.3 Modul Penguat HX711 [10]

HX711 adalah modul timbangan, yang memiliki prinsip kerja mengkonversi perubahan yang terukur dalam perubahan resistansi dan mengkonversikannya ke dalam besaran tegangan melalui rangkaian yang ada. Penguatan sinyal diperlukan agar keluaran dari sensor sensor yang sangat kecil memiliki batas yang dapat dibaca oleh mikrokontroler yaitu 0-5 V. *Module HX711* ditunjukkan pada Gambar 2.11 yang memiliki spesifikasi sebagai berikut ini :

1. *Differential input voltage*: $\pm 40\text{mV}$ (Full-scale *differential input voltage* $\pm 40\text{mV}$)
2. *Data accuracy*: 24 Bit (24 bit A/D converter chip)
3. *Refresh frequency*: 80 Hz

4. *Operating voltage*: 5V DC
5. *Operating current*: <10mA
6. *Size*: 38mm*21mm*10mm

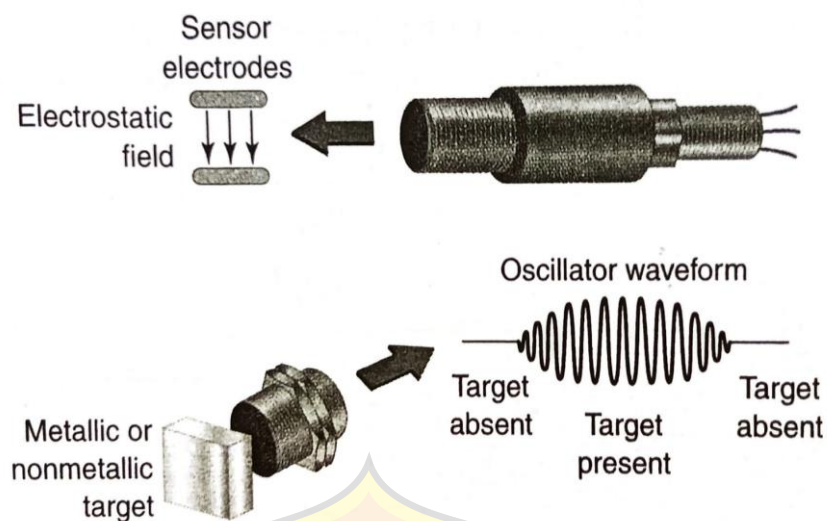


Gambar 2.12. *Module HX711*

2.4 Sensor *Proximity* kapasitif [11]

Sensor kapasitif memiliki tingkat sensitivitas yang sangat tinggi, resolusi tinggi (0,01 nm), *bandwith* yang lebar (1 ~ 100Khz), memiliki daya tahan dan stabilitas tinggi, penggunaannya tanpa kontak langsung dan memiliki struktur sederhana. Sensor kapasitif mirip dengan sensor jarak induktif. Perbedaan utama antara kedua jenis sensor ini adalah sensor kapasitif dapat menghasilkan medan elektrostatik bukannya medan elektromagnetik. Sensor kapasitif dapat mendeteksi objek logam maupun non logam seperti kertas, gelas, cairan dan kain.

Permukaan penginderaan sensor kapasitif dibentuk oleh dua elektroda logam berbentuk konsentris yang tidak dililitkan kapasitor. Ketika sebuah objek mendekati permukaan penginderaan itu masuk medan elektrostatik elektroda dan mengubah kapasitansi dalam rangkaian osilator. Akibatnya, osilator dalam rangkaian beresonansi. Perubahan kapasitansi dari kapasitor yang ditentukan oleh dielektrikum di antara dua pelat akan membuat sensor kapasitif mendeteksi objek logam dan nonlogam, serta dapat digunakan untuk mengaktifkan sebuah rangkaian saklar elektronik sehingga menghasilkan sebuah perangkat hidup/mati. Pada Gambar 2.13. ditunjukkan bentuk fisik dari sensor *proximity* kapasitif.



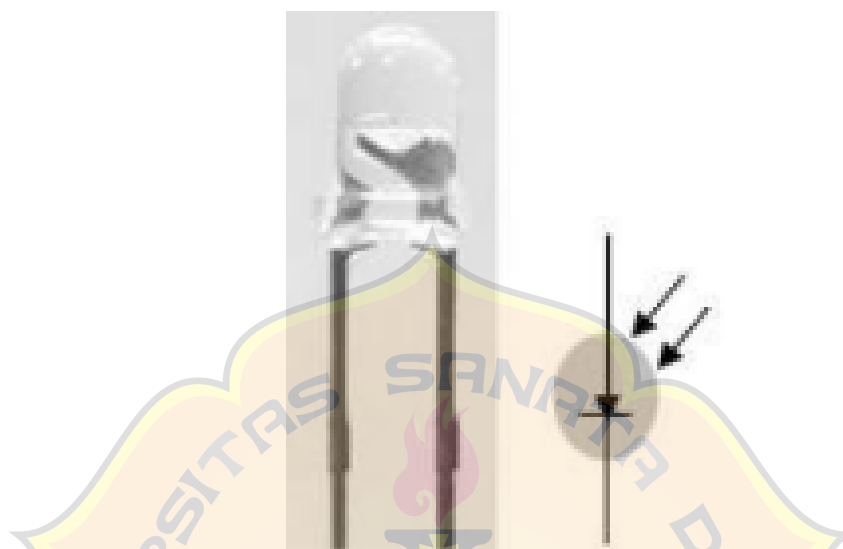
Gambar 2.13. Bentuk Fisik Sensor Proximity kapasitif

2.5 Sensor Photodioda [12]

Photodioda mempunyai karakteristik yang lebih baik dari pada phototransistor dalam merespon cahaya infra merah. Photodioda mempunyai 100 kali lebih cepat dari pada phototransistor. Sebuah photodioda biasanya dikemas dengan plastik transparan yang juga memiliki fungsi sebagai lensa *fresnel*. Lensa ini merupakan lensa cembung yang memiliki sifat mengumpulkan cahaya. Lensa tersebut juga merupakan filter cahaya, lebih dikenal sebagai *optical filter*, yang hanya melewatkan cahaya infra merah. Walaupun demikian cahaya yang nampak pun masih bisa mengganggu kerja dari dioda infra merah karena tidak semua cahaya nampak bisa di filter dengan baik. Adapun faktor lain yang juga dapat berpengaruh pada kemampuan penerima infra merah adalah *activate area* dan *respond time*.

Semakin besar area penerimaan suatu dioda infra merah maka semakin besar pula intensitas cahaya yang dikumpulkannya sehingga arus bocor yang diharapkan pada teknik *reversed bias* semakin besar. Selain itu semakin besar area penerimaan maka sudut penerimaannya yang semakin besar. Kelemahan area penerimaan yang semakin besar ini adalah noise yang dihasilkan juga semakin besar pula. Begitu juga dengan respon terhadap frekuensi, semakin besar area penerimaannya maka respon frekuensinya semakin turun dan sebaliknya jika area penerimaannya kecil maka respon terhadap sinyal frekuensi tinggi cukup baik. Photodioda digunakan sebagai penangkap gelombang cahaya yang dipancarkan

oleh infrared. Besarnya tegangan atau arus listrik yang dihasilkan oleh photodiode tergantung besar kecilnya radiasi yang dipancarkan oleh infrared. Adapun simbol dan bentuk dari sensor photodiode dapat dilihat pada Gambar 2.14 serta spesifikasi dari photodiode dapat dilihat pada Tabel 2.4.



Gambar 2.14. Simbol dan Bentuk Fisik Sensor Photodiode

Tabel 2. 4 Spesifikasi Sensor Photodiode

No	Spesifikasi Sensor Photodiode
1.	Memiliki 2 pin kaki yaitu pin kaki anoda dan pin kaki katoda.
2.	Bekerja pada saat <i>reverse bias</i>
3.	Memiliki maksimal <i>reverse voltage</i> 32 volt

Adapun rumus perhitungan untuk menghitung nilai dari V_{out} photodiode ataupun untuk menghitung nilai resistansi dari photodiode adalah sebagai berikut:

$$V_{out} = \frac{R_{Photodiode}}{R_{Photodiode} + R_2} \times V_{in} \quad (2.2)$$

Keterangan:

- V_{in} = Tegangan masukan pada rangkaian sensor photodiode.
 V_{out} = Tegangan keluaran pada rangkaian sensor photodiode.
 $R_{Photodiode}$ = Resistansi dari photodiode.
 R_2 = Resistansi resistor pada rangkaian sensor photodiode.

2.6 Konveyor [13]

Konveyor (*conveyor*) merupakan sistem mekanik yang berfungsi untuk mengangkat atau memindahkan material dari satu tempat ke tempat yang lain. Kebanyakan konveyor dipakai di industri untuk transportasi barang yang jumlahnya sangat banyak dan berkelanjutan. Konveyor banyak dipakai karena memiliki nilai ekonomis dibandingkan dengan alat transportasi lainnya dan membuat jalannya proses produksi lebih efisien. Adapun jenis-jenis konveyor yang sering digunakan pada industri antara lain (a) *roller conveyor*, (b) *belt conveyor* dan (c) *screw conveyor*.



Gambar 2.15. Jenis-Jenis Conveyor

2.6.1 Sabuk (Belt Conveyor)

Sabuk atau biasa disebut dengan *belt conveyor* merupakan komponen yang lebih mudah dan hemat. Komponen utama dari sabuk ini terdiri dari *belt*, roller, motor DC, rangka dan gigi/*pulley*. Konveyor sabuk merupakan salah satu *handling system* yang digunakan untuk memindahkan *hulk load* dan juga dipakai untuk memindahkan *unit load*. Syarat yang harus dipenuhi dari belt konveyor adalah sifat hidrokpis yang rendah atau tidak mudah lembab. *Belt* harus kuat untuk menahan beban yang ditentukan, beratnya ringan, *fleksibel* dan masa pemakaian yang panjang. *Belt* pada konveyor digunakan untuk meletakkan barang yang ada di atasnya sehingga lebar *belt* wajib untuk diperhatikan. Lebar dari *belt* dapat dipengaruhi oleh lebar dari barang yang diangkut. Selain itu, lapisan *belt* juga sangat menentukan kekuatan dari *belt* maka akan semakin kuat *belt* konveyor tersebut. *Belt Conveyor* dapat dilihat pada Gambar 2.16.

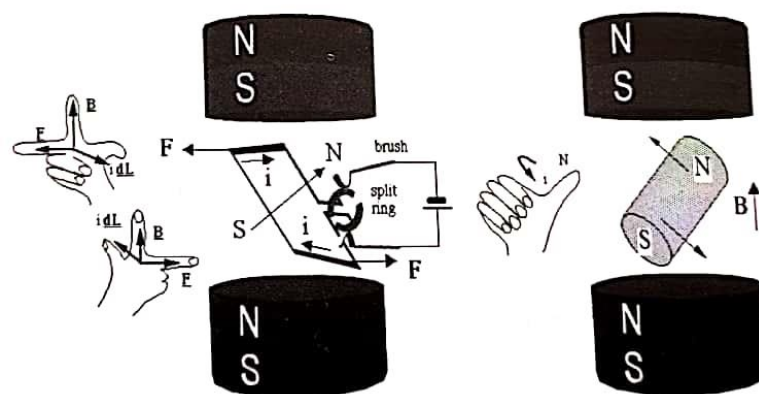


Gambar 2.16. Konveyor Sabuk (*Belt Conveyor*)

2.7 Motor DC [14]

Motor DC adalah peralatan elektromekanis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Pada umumnya motor DC terdiri dari atas bagian yang diam dan bagian yang bergerak. Bagian yang diam biasa disebut stator dan bagian yang bergerak disebut rotor. Stator adalah bagian yang tetap dan medan magnet dari koilnya. Rotor adalah bagian yang berputar atau armature berupa koil dimana arus listrik dapat mengalir..

Prinsip kerja motor DC adalah jika ada kumparan dilalui arus, maka pada kedua sisi kumparan akan bekerja gaya Lorentz. Aturan tangan kiri dapat digunakan untuk menentukan arah gaya Lorentz, di mana gaya gaya jatuh pada telapak tangan, jari-hari direntangkan menuju arah arus, maka ibu jari yang direntangkan menuju arah gaya. Kedua gaya yang timbul merupakan sebuah kopel. Kopel yang dibangkitkan pada kumparan sangat tidak teratur, karena kopel berayun antara nilai maksimum dan nol. Kumparan-kumparan tersebut dihubungkan dengan lamel tersendiri pada komutator, sehingga motor arus searah tidak berbedah dengan generator arus searah. Berikut merupakan gambar ilustrasi dari prinsip kerja motor DC.



Gambar 2.17. Prinsip Kerja Motor DC

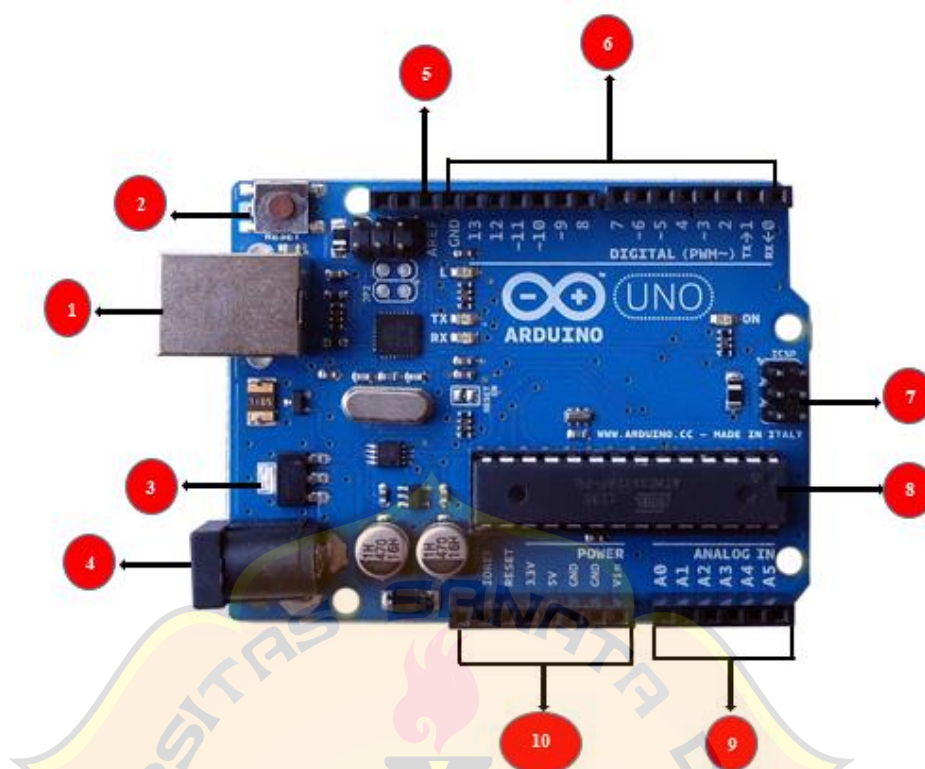
2.8 Arduino UNO [15]

Arduino uno merupakan sebuah rangkaian elektronik yang bersifat open source yang didalamnya terdapat komponen utama, yaitu sebuah chip mikrokontroler dengan jenis AVR. Mikrokontroler adalah sebuah chip atau IC (*Integrator Circuit*) yang bisa diprogram dengan menggunakan komputer. Arduino Uno adalah *board* mikrokontroler berbasis Atmega328 (datasheet) yang memiliki 14 pin *input* dari *output* dimana 6 pin tersebut dapat digunakan sebagai *output* PWM dan 6 pin *input* analog, 16 MHz osilator kristal, *jack power*, koneksi USB, tombol *reset* dan ICSP *header*. Untuk mendukung mikrokontroler agar bisa digunakan, cukup dengan menghubungkan *board* Arduino Uno ke komputer menggunakan kabel USB atau listrik dengan menggunakan *adaptor* AC-DC atau baterai untuk menjalankannya. Berikut spesifikasi *Board Arduino* terlihat pada tabel 2.5.

Tabel 2. 5 Spesifikasi Board Arduino

Mikrokontroler	Arduino UNO
Tegangan Kerja	5 V
Tegangan <i>Input</i>	7 – 12 V
Batas Tegangan <i>Input</i>	6 - 20 V
Pin Digital I/O	14 (dimana 6 pin <i>Output</i> PWM)
Pin Analog <i>Input</i>	6
Arus DC per I/O Pin	40 mA
Arus DC untuk Pin	3.3 V, 50 mA
SRAM	2 KB (ATmega328)
Flash Memory	32 (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock	16 MHz

Adapun bagian-bagian dari papan Arduino tipe USB dengan seri UNO dapat dilihat pada Gambar 2.18 dan Tabel 2.6



Gambar 2.18. Bagian-Bagian Arduino

Tabel 2. 6 Konfigurasi Pin Arduino Uno

No	Parameter	Keterangan
1	Tombol Reset	Tombol reset internal yang berfungsi untuk mereset modul Arduino
2	Power USB	Digunakan untuk memberikan catu daya ke <i>board</i> Arduino dengan menggunakan kabel USB dari komputer.
3	Voltage Regulator	Berfungsi untuk mengontrol tegangan yang diberikan ke papan Arduino dan menstabilkan tegangan DC yang digunakan oleh prosesor dan bagian-bagian lain.
4	Jack Adaptor	Masukan <i>power</i> eksternal apabila Arduino bekerja mandiri (tanpa komunikasi dengan komputer melalui kabel serial USB).
5	AREF	Singkatan dari Analog Reference yang digunakan untuk mengatur tegangan referensi eksternal (antara 0 dan 5 volt) sebagai batas atas untuk pin <i>input</i> analog <i>input</i> .

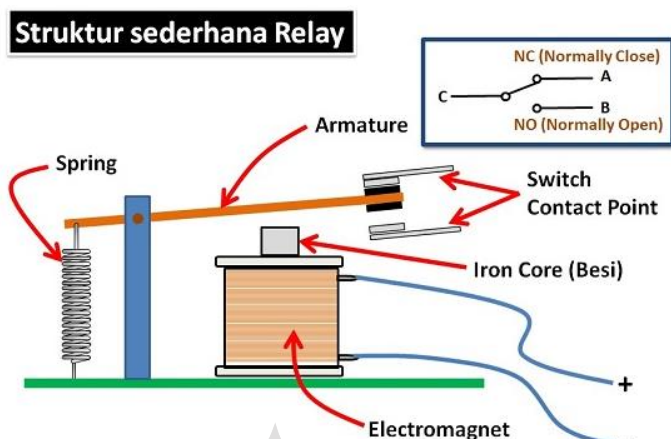
Tabel 2.7. (Lanjutan) Konfigurasi Pin Arduino Uno

No	Parameter	Keterangan
6	Digital I/O	Pin-pin ini dapat dikonfigurasi sebagai pin digital <i>input</i> untuk membaca nilai logika (0 atau 1) atau sebagai pin <i>output</i> untuk mengendalikan modul-modul seperti relay, LED, dan lain-lain.
7	ICSP pin	Singkatan dari In-Circuit Serial Programming yang memungkinkan pengguna untuk memprogram <i>microcontroller</i> secara langsung tanpa melalui <i>bootloader</i> . Namun, umumnya pengguna Arduino tidak melakukan ini sehingga ICSP jarang dipakai.
8	ATMega 328	IC mikrokontroler yang digunakan pada <i>Arduino Uno</i> . IC ATMega 328 memiliki <i>flash memory</i> 32 KB, 2 KB SRAM dan 1 KB EEPROM yang dapat ditulis dan dibaca dengan EEPROM <i>library</i> .
9	Pin Analog	Pin-pin yang dapat membaca tegangan dan sinyal yang dihasilkan oleh sensor analog dan mengubahnya menjadi nilai digital yang dapat dibaca oleh mikroprosesor.
10	Pin Power	• Vin = untuk memberi daya ke papan Arduino dari sumber daya eksternal. • GND = digunakan untuk menghubungkan ground rangkaian. • 5 V = sumber tegangan yang dihasilkan oleh regulator internal board Arduino dan memiliki arus maksimal 50 mA. • 3.3 V = sumber tegangan yang dihasilkan regulator internal board Arduino. • IOREF = Tegangan Referensi.

2.9 Relay [16]

Relay dikenal sebagai komponen yang dapat mengimplementasikan logika *switching*. Relay adalah Saklar (*Switch*) elektromekanis yang memberikan pergerakan mekanis saat mendapatkan energi listrik. Secara sederhana relay elektromekanis ini didefinisikan sebagai alat yang menggunakan gaya elektromekanik untuk menutup atau membuka kontak saklar yang digerakkan secara mekanis oleh daya/energi listrik sehingga arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan tegangan listrik yang lebih tinggi.

2.9.1 Prinsip Kerja Relay

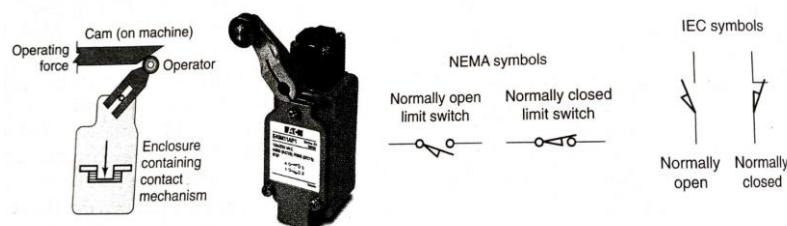


Gambar 2. 19 Prinsip Kerja Relay

Relay terdiri dari *coil* dan *contact*. Pada gambar 2.19 terdapat *coil* yang merupakan gulungan kawat yang mendapat arus listrik, sedangkan *contact* yang merupakan sejenis saklar yang pergerakannya tergantung dari ada tidaknya arus listrik di *coil*. *Contact* terdiri dari 2 jenis yaitu *Normally Open* (Kondisi awal sebelum diaktifkan *open*) dan *Normally Closed* (Kondisi awal sebelum diaktifkan *close*). Prinsip kerja dari *relay* yaitu ketika *coil* mendapat energi listrik maka akan timbul gaya elektromagnet yang akan menarik *armature* yang berpegas dan *contact* akan menutup.

2.10 Limit switch[11]

Limit switch merupakan jenis saklar yang dilengkapi dengan katup yang memiliki fungsi sebagai penekan tombol. prinsip kerja dari *limit switch* sama seperti saklar *Push button* yaitu saklar yang akan menghubungkan pada saat katupnya ditekan pada batas penekanan tertentu yang telah ditentukan dan akan memutus saat katup tidak ditekan. *Limit switch* memiliki 3 buah kaki yaitu *Normally Close (NC)*, *Normally Open (NO)* dan *common (COM)*. Gambar bentuk dan simbol dari limit switch dapat dilihat pada Gambar 2.20.



Gambar 2. 20 Bentuk dan Simbol *Limit switch*

Limit switch biasanya digunakan untuk :

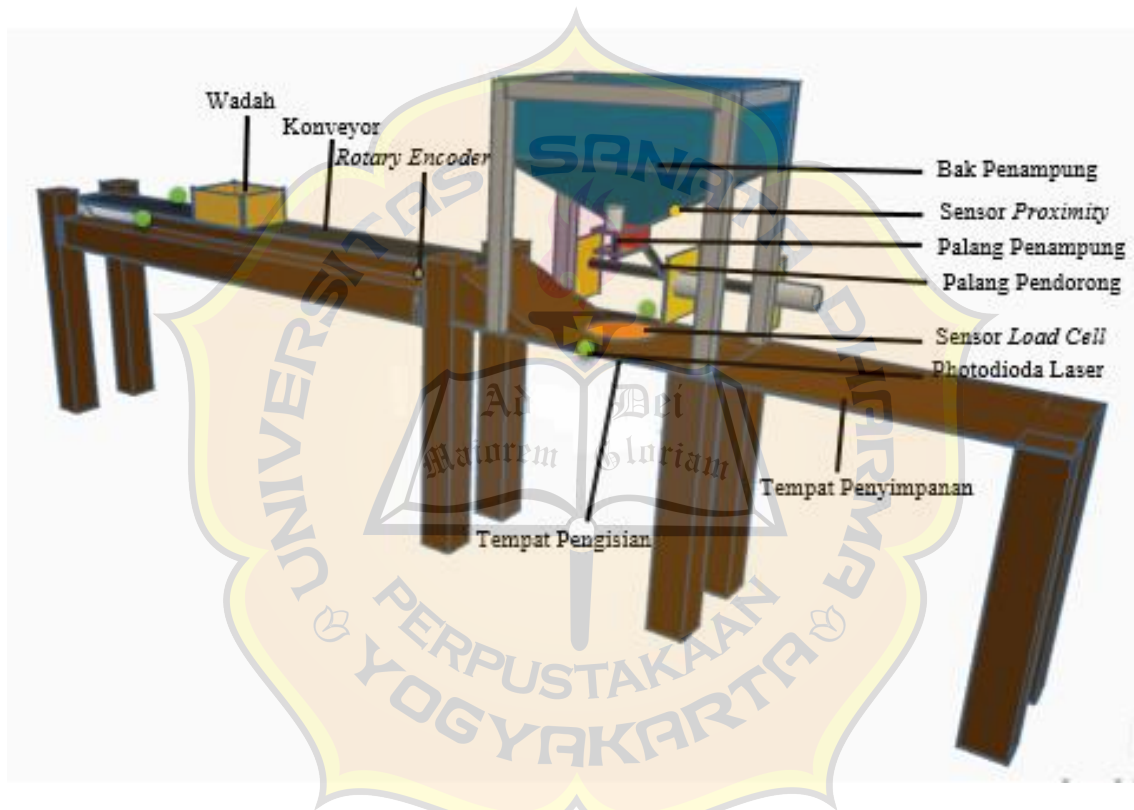
- a. Memutuskan dan menghubungkan rangkaian menggunakan objek atau benda lain.
- b. Menghidupkan daya yang besar dengan sarana yang kecil.
- c. Sebagai sensor posisi atau kondisi suatu objek.



BAB III

PERANCANGAN PENELITIAN

Bab ini akan menjelaskan tentang perancangan dan penelitian yang terdiri dari diagram blok sistem pada “Sistem Pengisian Otomatis dengan Variasi Berat Dan Wadah Berbasis *Programmable Logic Controller* (PLC)” serta dengan perancangan hardware. Secara umum alat ini dirancang sesuai dengan Gambar 3.1.



Gambar 3. 1. Ilustrasi Prototipe

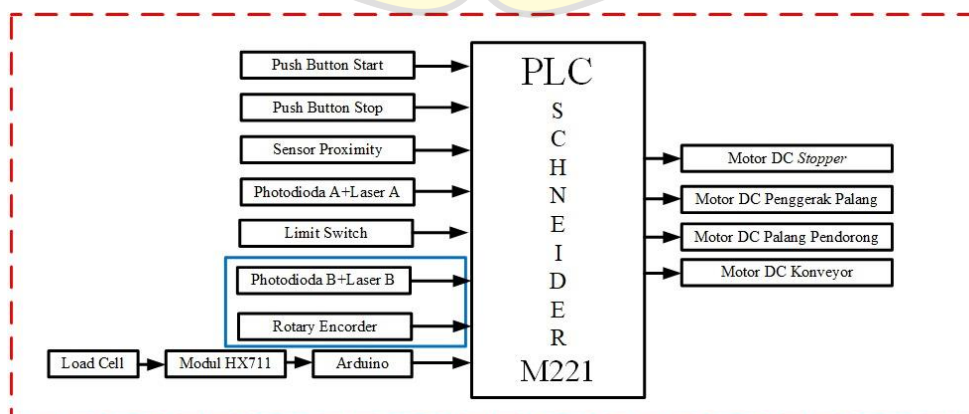
Pada penelitian ini operator akan memberikan *input* pada HMI untuk memulai proses pengisian, selama proses pengisian berlangsung HMI akan memantau semua proses yang dilakukan dan kemudian dikontrol oleh PLC. Setelah proses pengisian dengan variasi berat dan wadah telah selesai, hasil pengukuran berat objek juga akan ditampilkan pada HMI. Pada proses pengisian ini penulis menggunakan tiga buah varian wadah yang berukuran S, M & L dengan varian berat yang berukuran 100 gr, 200 gr, 300 gr, 400 gr, 500 gr dan 600 gr dengan ketentuan wadah berukuran S akan diisi dengan berat 100 gr & 200 gr, wadah

ukuran M diisi dengan berat 300 gr & 400 gr dan wadah dengan ukuran L diisi dengan berat 500 gr & 600 gr.

Terdapat satu bak penampung yang akan menampung objek dan sensor *proximity* yang berfungsi untuk mendeteksi ketersediaan objek dalam bak penampungan serta motor DC palang penampung yang berfungsi untuk membuka dan menutup *stopper* pada bak penampung. Proses pengisian dimulai dengan operator yang akan menekan tombol *start* untuk menjalankan alat dan konveyor akan aktif bergerak membawa wadah kosong yang akan dideteksi oleh *rotary encoder* dan sensor photodioda+laser B untuk diketahui ukurannya menuju tempat pengisian. Ketika wadah berada pada tempat pengisian maka sensor photodioda+laser A akan aktif untuk menghentikan konveyor. Motor dc palang penampung akan bergerak membuka *stopper* wadah penampung sehingga objek akan jatuh ke dalam wadah untuk dilakukan pengisian dan mulai menimbang sesuai dengan berat yang sudah diatur. Setelah proses pengisian selesai, palang pendorong akan bergerak memindahkan wadah dari tempat pengisian ke tempat penyimpanan kemudian konveyor akan kembali aktif sehingga proses pengisian selanjutnya bisa dilaksanakan sampai operator menekan tombol *stop* untuk menghentikan proses kerja alat.

3.1 Diagram Blok Perancangan PLC

Gambar 3.2 dan Tabel 3.1 merupakan diagram blok dan keterangan dari Sistem Pengisian Otomatis Dengan Variasi Berat Dan Wadah Berbasis Berbasis *Programmable Logic Controller* (PLC)". Blok diagram ini terdiri dari PLC M221 sebagai pengendali, Arduino UNO, *push button*, *limit switch*, sensor *proximity*, sensor *load cell*, modul HX711, *rotary encoder*, sensor photodioda laser, dan motor DC sebagai output.



Gambar 3. 2. Diagram Blok Sistem Pengisian Otomatis dengan Variasi Berat dan Wadah Berbasis Berbasis *Programmable Logic Controller* (PLC)

Tabel 3.1. Piranti *Input* dan *Output* dan fungsinya

No.	Piranti	Keterangan dan fungsinya
1	Sensor <i>Proximity</i>	Untuk mendeteksi ketersediaan objek dalam bak penampung.
2	Photodiode + Laser A	Untuk menghentikan konveyor.
3	Sensor <i>Load Cell</i>	Untuk menimbang berat objek.
4	Modul HX711	Untuk menguatkan sinyal keluaran dari sensor <i>load cell</i> dan mengonversi data analog menjadi digital.
5	Arduino UNO	Untuk membaca <i>output</i> dari modul HX711.
6	<i>Rotary Encoder</i>	Untuk mendeteksi ukuran wadah.
7	Photodiode + Laser B	Sebagai indikator untuk mendeteksi ukuran wadah.
8	Motor DC <i>stopper</i>	Untuk membuka dan menutup bak penampung.
9	Motor DC Penggerak Palang	Untuk menggerakkan palang pendorong
10	Motor DC Palang Pendorong	Sebagai penggerak palang untuk memindahkan wadah dari tempat pengisian.
11	Motor DC Konveyor	Sebagai penggerak konveyor.
12	<i>Limit switch</i> 1	Sebagai pembatas motor dc pada saat membuka dan menutup bak penampung.
13	<i>Limit switch</i> 2	Sebagai pembatas motor dc pada saat membuka dan menutup bak penampung.
14	<i>Limit switch</i> 3	Sebagai pembatas motor dc pada saat memindahkan wadah dari tempat pengisian.
15	<i>Limit switch</i> 4	Sebagai pembatas motor dc pada saat memindahkan wadah dari tempat pengisian.
16	<i>Limit switch</i> 5	Sebagai pembatas motor dc pada saat memindahkan wadah dari tempat pengisian.
17	<i>Limit switch</i> 6	Sebagai pembatas motor dc pada saat memindahkan wadah dari tempat pengisian.

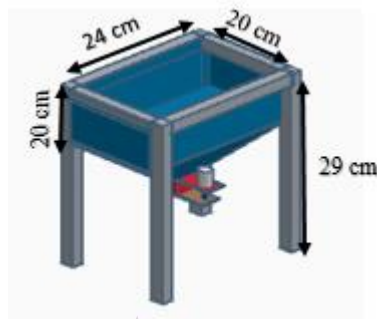
3.2 Perancangan Perangkat Keras Mekanis

Perancangan perangkat keras ini akan membahas mengenai bentuk dan dimensi pada alat yang akan dibuat, mulai dari rancangan dimensi bak penampungan, konveyor, dan palang untuk menggerakkan wadah dari tempat pengisian.

3.2.1 Perancangan Bak Penampung Objek

Bak penampung digunakan untuk menampung objek, dimana bak ini akan dilengkapi dengan sensor *proximity* yang berfungsi untuk mendeteksi objek yang ada di dalamnya. Perancangan pada bak penampung ini memiliki diameter atas 24 cm, lebar 20 cm dan panjang total 29 cm. Untuk pembuka dan penutup bak penampung yang merupakan jalur

untuk turunnya objek menggunakan *stopper* yang akan digerakkan oleh motor DC. Berikut rancangan bak penampungan dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3. 3. Rancangan bak penampungan

3.2.2 Perancangan Konveyor

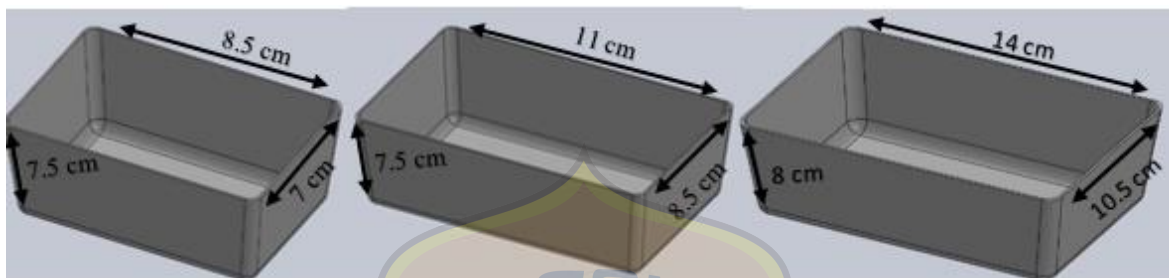
Pada perancangan ini konveyor digunakan untuk membawa wadah kosong menuju tempat pengisian. Konveyor akan berhenti jika wadah telah sampai pada tempat pengisian, ketika konveyor telah berhenti maka proses pengisian objek berlangsung. Setelah proses pengisian selesai maka palang akan bergerak memindahkan wadah dari tempat pengisian ke tempat penyimpanan yang akan digerakkan oleh motor DC dan kemudian konveyor akan aktif kembali. Perancangan konveyor memiliki panjang 1 m, tinggi 45 cm dan lebar 15 cm. Konveyor ini akan digerakkan oleh motor DC yang akan dikendalikan oleh PLC TM221 sebagai kontrolernya. Berikut perancangan konveyor dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4. Rancangan konveyor

3.2.3 Perancangan Wadah

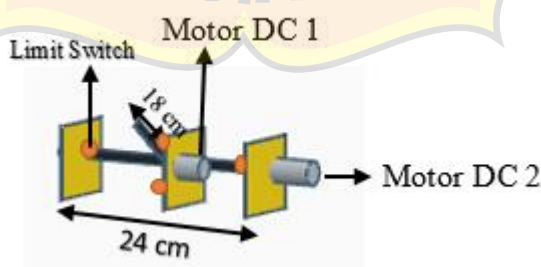
Pada sistem ini menggunakan 3 buah wadah yang berukuran S, M & L. ukuran S memiliki panjang 8.5 cm, lebar 7 cm dan tinggi 7.5 cm. Ukuran M memiliki panjang 11 cm, lebar 8.5 cm dan tinggi 7.5 cm. Ukuran L memiliki panjang 14 cm, lebar 10.5 cm dan tinggi 8 cm. Perancangan wadah pada tugas akhir ini dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3. 5. Dimensi Ukuran Wadah

3.2.4 Perancangan Palang Pendorong Wadah

Pada sistem ini terdapat 1 buah palang untuk memindahkan wadah dari tempat pengisian. Palang ini terdiri dari 2 motor DC yang saling bekerja sama. Motor DC 1 berfungsi untuk memutar baut yang akan menggerakkan mur secara maju dan mundur, sedangkan 2 *limit switch* berfungsi sebagai pembatas ketika mur bergerak maju dan mundur. Mur terhubung dengan motor DC 2 yang berkerja untuk menaikan dan menurunkan palang dan 2 *limit switch* sebagai pembatas ketika palang bergerak naik dan turun. Mur memiliki panjang 24 cm, sedangkan palang penggerak memiliki panjang 18 cm.

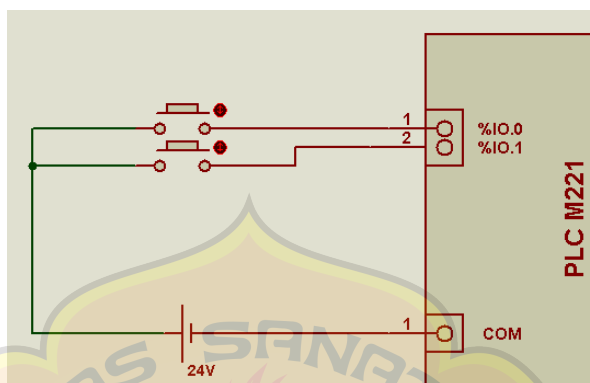


Gambar 3. 6. Palang Pendorong

3.3 Perancangan Perangkat Keras Elektronik

3.3.1 Push Button

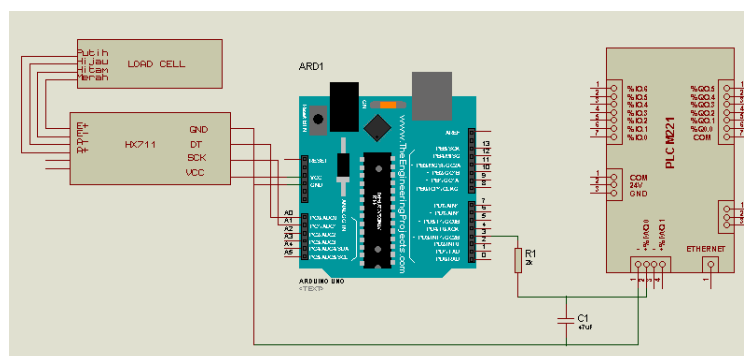
Perancangan rangkaian elektronik *push button* ini memiliki fungsi sebagai ON/OFF pada prototipe sebagai *output* dari *push button* yang terpasang pada PLC sebagai *input*. Berikut rangkaian kendali *push button* dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3. 7. Rangkaian *Push Button*

3.3.2 Rangkaian Module Sensor Load Cell

Sistem ini menggunakan sensor load cell yang akan menerima data berupa perubahan resistansi kemudian dikonversi menjadi besaran tegangan melalui modul HX711. Setelah dikonversi menjadi besaran tegangan, sinyal keluaran dari sensor akan diolah oleh Arduino Uno sebagai mikrokontroler yang kemudian dikirimkan ke PLC dalam bentuk tegangan analog. Untuk wiring komunikasi antara Arduino dan PLC M221 menggunakan rangkaian *low pass filter* dengan resistor 2K ohm dan kapasitor 47 μ F. Rangkaian ini digunakan untuk menstabilkan tegangan yang keluar dari arduino dan mengirimkannya pada PLC. Rangkaian dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3. 8. Rangkaian *Load cell*, HX711, Arduino dan PLC

3.3.3 Data Range Load Cell

Pada tabel 3.2 telah dilakukan percobaan awal menggunakan *loadcell* yang memiliki limit penimbangan sebesar 1 kg dan diperoleh range tegangan yang dihasilkan pada saat penimbangan.

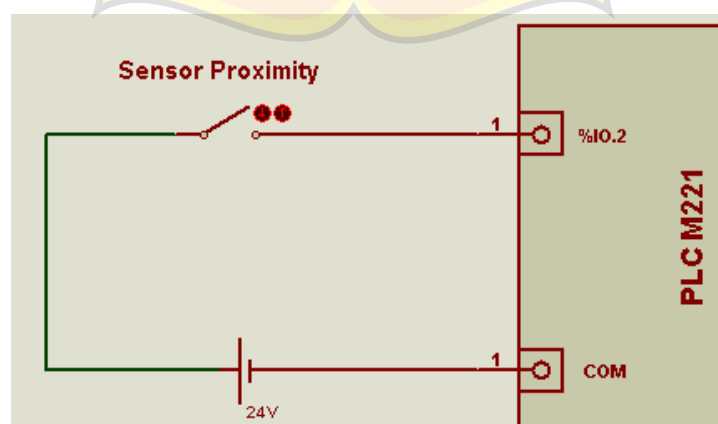
Tabel 3. 2 Tabel Range Tegangan

Beban (gr)	Tegangan <i>Loadcell</i> (mV)
100	0.2
200	0.4
300	0.6
400	0.8
500	1
600	1.2

Berdasarkan tabel 3.2, tegangan keluaran yang dihasilkan adalah 0.2mV untuk setiap perubahan beban sebesar 100 gr. Sehingga pada hasil percobaan dengan menggunakan range 100gr – 600 gr menunjukkan bahwa load cell bekerja dengan baik dengan tingkat presisi mencapai 100%.

3.3.4 Rangkaian Sensor Proximity

Pada rancangan ini sensor proximity berfungsi sebagai *input* pada PLC. Sensor *proximity* digunakan untuk mendeteksi ketersediaan objek dalam bak penampung. Ketika sensor proximity mendeteksi objek dalam bak penampung maka sensor akan memberikan logika *High* pada PLC berupa tegangan 24V. Sedangkan, ketika sensor *proximity* mendeteksi tidak ada objek pada bak penampungan maka sensor *proximity* akan memberikan logika *Low* pada PLC berupa tegangan 0V. Rangkaian sensor proximity dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3. 9. Rangkaian Sensor Proximity

3.3.5 Rangkaian Laser dan Photodiode

Pada perancangan rangkaian elektronis ini berfungsi untuk mengendalikan kondisi *input* photodiode yang akan masuk ke PLC. *Input* photodiode sangat dipengaruhi oleh ada atau tidaknya objek yang menghalangi sinar *infrared* dari *receiver* ke *transmitter*. Ketika benda terdeteksi oleh photodiode maka konveyor akan berhenti. Pada rangkaian ini rekomendasi tegangan kerjanya sekitar 3V – 5V dan arus maksimum sebesar 40 mA. Untuk mencari nilai resistor yang dibutuhkan dapat menggunakan persamaan 2.2 sebagai berikut:

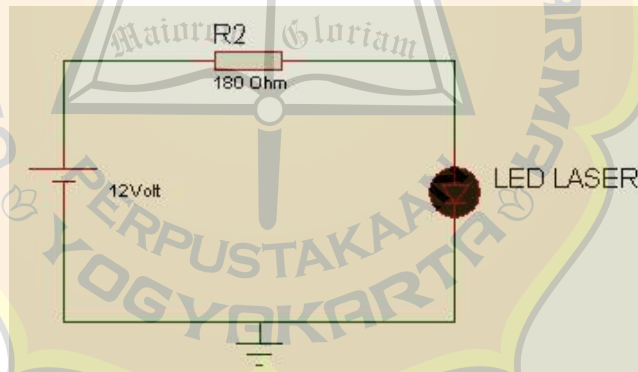
$$V_{out} = \frac{R_{Photodiode}}{R_{Photodiode} + R_2} \times V_{in}$$

$$R_{Photodiode} = \frac{V}{I} = \frac{5}{0.04 A} = 125\Omega$$

$$5V = \frac{125\Omega}{125\Omega + R_2} \times 12V$$

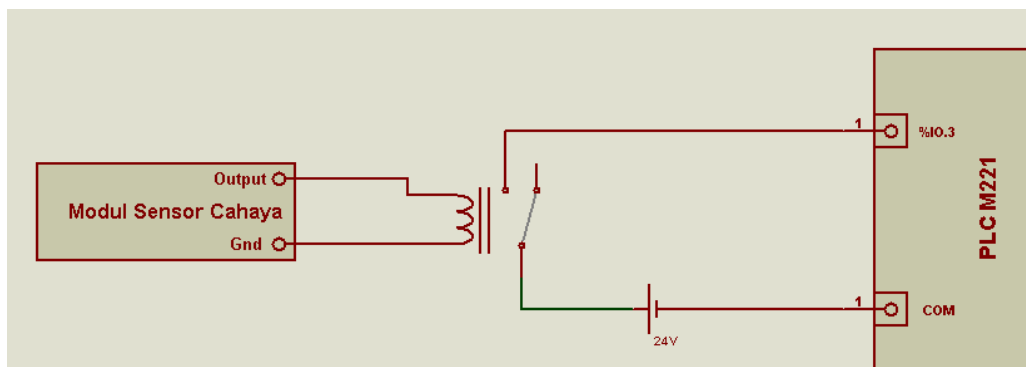
$$R_2 = 175 \Omega \text{ dibulatkan menjadi } 180\Omega$$

Pada sistem ini menggunakan 2 buah laser yang merupakan penyalur sinyal cahaya pada photodiode. Satu buah laser akan diletakkan pada tempat pengisian dan satu laser lainnya akan diletakkan pada konveyor. Rangkaian laser dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3. 10. Rangkaian Laser

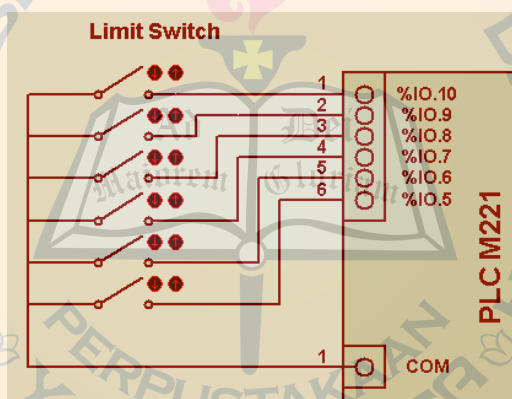
Pada sistem ini menggunakan 2 buah photodiode yang berfungsi sebagai penerima sinyal yang dipancarkan oleh laser. Satu photodiode mempunyai fungsi untuk mendeteksi ada atau tidaknya wadah sedangkan satu photodiode lainnya berfungsi sebagai indikator mulai mendeteksi ukuran wadah. Rangkaian photodiode dapat dilihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3. 11. Rangkaian Photodiode

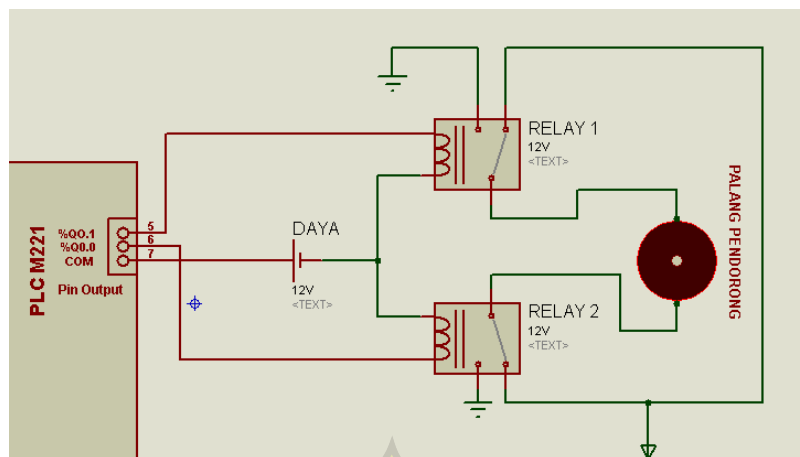
3.3.6 Rangkaian *Limit switch*

Pada rangkaian ini *limit switch* berfungsi sebagai *input* dari PLC. Pada sistem ini *Limit switch* yang digunakan berjumlah 6 buah yang berfungsi sebagai batasan arah putaran motor. Rangkaian dapat dilihat pada Gambar 3.12.

Gambar 3. 12. Rangkaian *Limit switch*

3.3.7 Motor DC Palang Pendorong

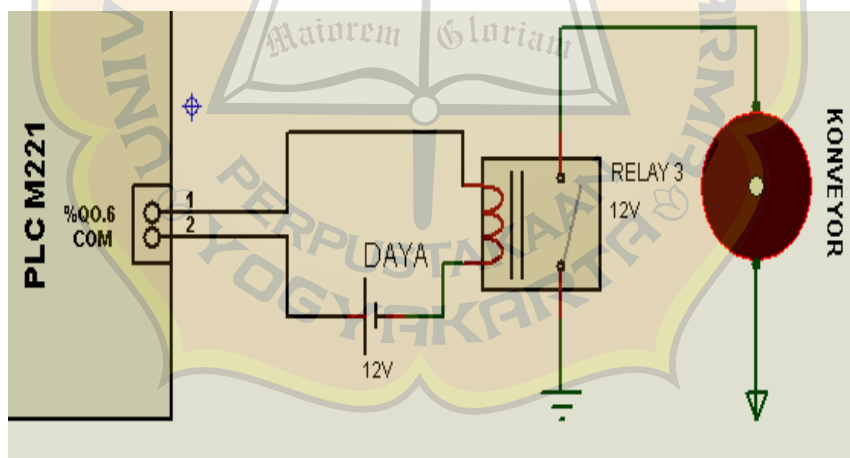
Pada rancangan ini motor DC berfungsi sebagai palang pendorong wadah dari tempat pengisian, setelah wadah berada di tempat pengisian beberapa saat setelah itu palang pendorong akan bergerak untuk mendorong wadah ke tempat penyimpanan dengan cara mengubah arah putaran motor menjadi CW (*ClockWise*) atau CCW (*Counter ClockWise*). Rangkaian dapat dilihat pada Gambar 3.13.



Gambar 3. 13. Rangkaian Motor DC Palang Pendorong

3.3.8 Motor DC Konveyor

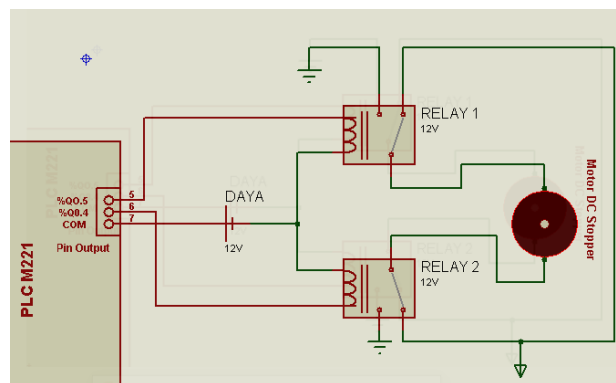
Pada rancangan ini motor DC berfungsi sebagai penggerak konveyor untuk membawa wadah kosong ke tempat pengisian. Untuk menggerakkan konveyor diberikan daya sebesar 12V. Rangkaian konveyor motor DC dapat dilihat pada Gambar 3.14.



Gambar 3. 14. Rangkaian Motor DC Konveyor

3.3.9 Motor DC Stopper

Pada rancangan ini motor DC berfungsi sebagai penggerak *stopper* yang akan membuka dan menutup bak penampung. Ketika proses pengisian sedang berlangsung motor *stopper* akan membuka dan akan kembali menutup ketika proses pengisian telah selesai. Berikut rangkaian motor DC *stopper* dapat dilihat pada Gambar 3.15.



Gambar 3. 15. Motor DC Stopper

3.4 Perancangan Programmable Logic Controller (PLC)

Sistem PLC yang digunakan sebagai pusat kontrol adalah PLC Schneider TM221 yang memiliki 40 port dengan *input* sejumlah 24 dan *output* sejumlah 16 port. Sistem ini akan menggunakan 12 *input* dan 7 *output* yang telah diatur pada Tabel 3.3 dan Tabel 3.3.

Tabel 3.3. Tabel Pengalamatan Piranti *Input Programmable Logic Controller* (PLC)

Alamat <i>Input</i>	Alat / Komponen yang digunakan	Alamat Memori
%I0.1	Tombol <i>Start</i>	%M1
%I0.2	Tombol <i>Stop</i>	%M2
%I0.3	Sensor <i>proximity</i>	%M3
%I0.4	Photodiode + Laser A	%M4
%IW0.0	Sensor <i>load cell</i>	%MW0
%I0.5	<i>Limit switch</i> 1	%M5
%I0.6	<i>Limit switch</i> 2	%M6
%I0.7	<i>Limit switch</i> 3	%M7
%I0.8	<i>Limit switch</i> 4	%M8
%I0.9	<i>Limit switch</i> 5	%M9
%I0.10	<i>Limit switch</i> 6	%M10
%I0.11	Photodiode + Laser B	%M11

Tabel 3.4. Tabel Pengalamatan Piranti *Output Programmable Logic Controller* (PLC)

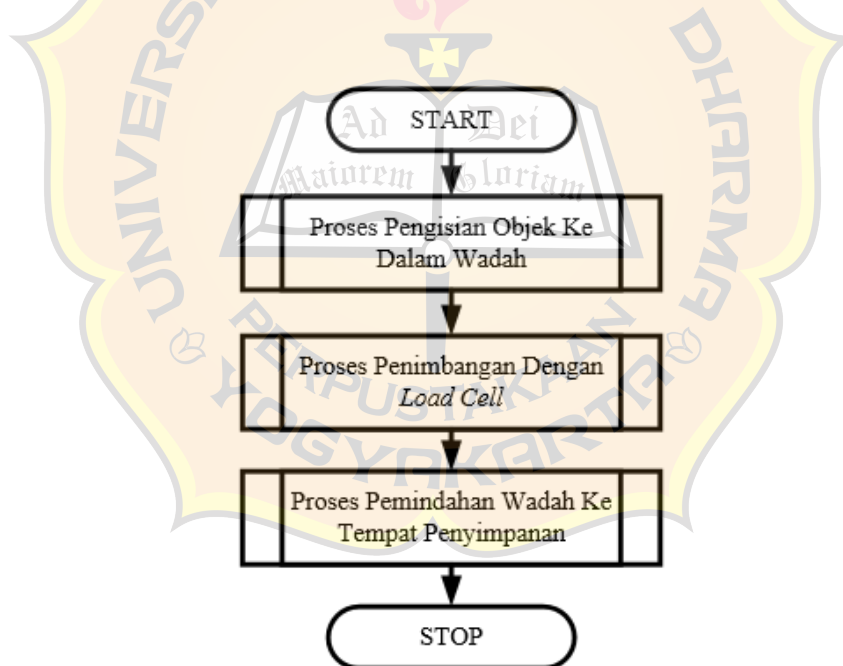
Alamat <i>Output</i>	Alat / Komponen yang digunakan	Alamat Memory
%Q0.0	Motor DC Palang Pendorong CW	%M12
%Q0.1	Motor DC Palang Pendorong CCW	%M13
%Q0.2	Motor DC Penggerak Palang CW	%M14
%Q0.3	Motor DC Penggerak Palang CCW	%M15
%Q0.4	Motor DC <i>Stopper</i> CW	%M16
%Q0.5	Motor DC <i>Stopper</i> CCW	%M17
%Q0.6	Motor DC Konveyor	%M18

3.5 Perancangan Diagram Alir

Diagram alir berfungsi untuk menyederhanakan suatu rangkaian proses agar proses rangkaian tersebut mudah untuk dilihat dan dipahami dengan berdasarkan urutan dari suatu proses. Pada perancangan diagram alir ini terdiri dari beberapa proses tentang rancangan-rancangan sistem secara keseluruhan, sistem pengisian berdasarkan berat serta sistem konveyor.

3.5.1 Perancangan Diagram Alir Utama

Pada perancangan diagram alir utama ini sistem akan bekerja ketika operator mulai memberikan *input* dari HMI yang telah dikerjakan oleh mahasiswa lain. Diagram alir pada perancangan ini terdiri dari proses pengisian objek ke dalam wadah, penimbangan dengan *load cell* dan pemindahan wadah ke tempat penyimpanan. Diagram alir utama dapat dilihat pada Gambar 3.16.

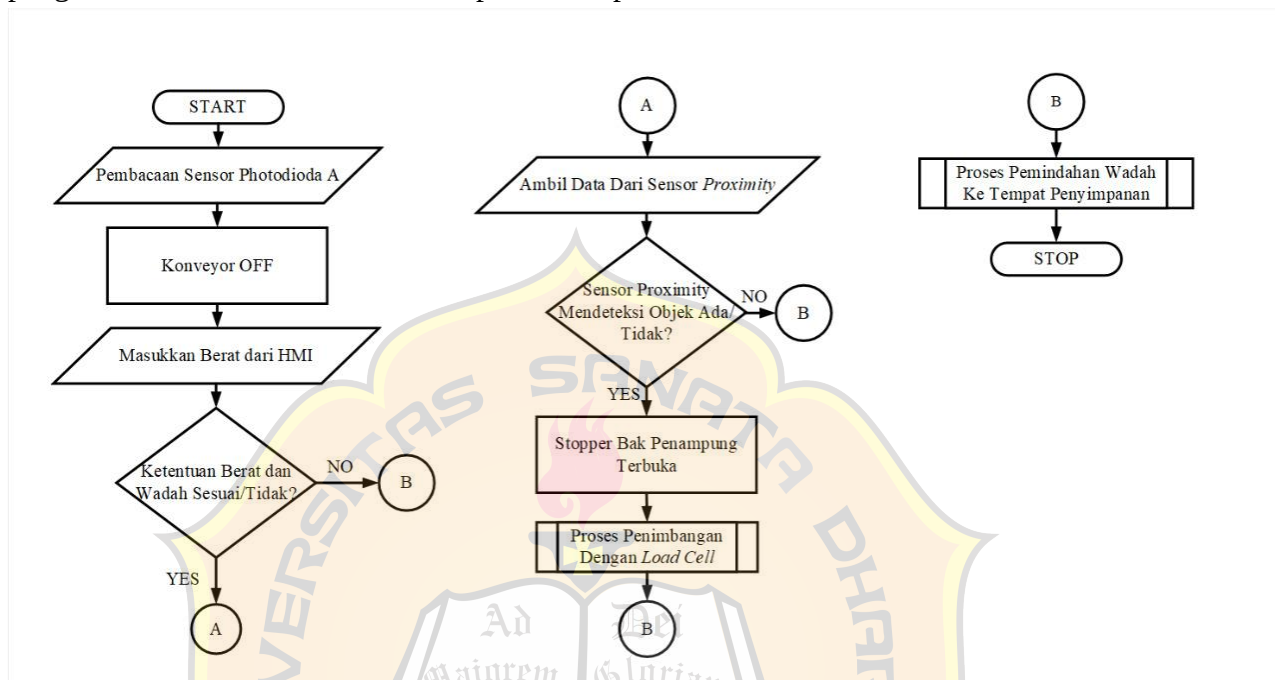


Gambar 3. 16 Diagram Alir Sistem Secara Umum

3.5.2 Perancangan Diagram Alir Proses Pengisian ke dalam Wadah

Pada proses ini setelah wadah berada pada tempat pengisian maka sensor photodiode akan menghentikan konveyor, jika wadah yang berada pada tempat pengisian sudah sesuai dengan ketentuan dari operator pada tampilan HMI maka *sensor proximity* akan mendeteksi

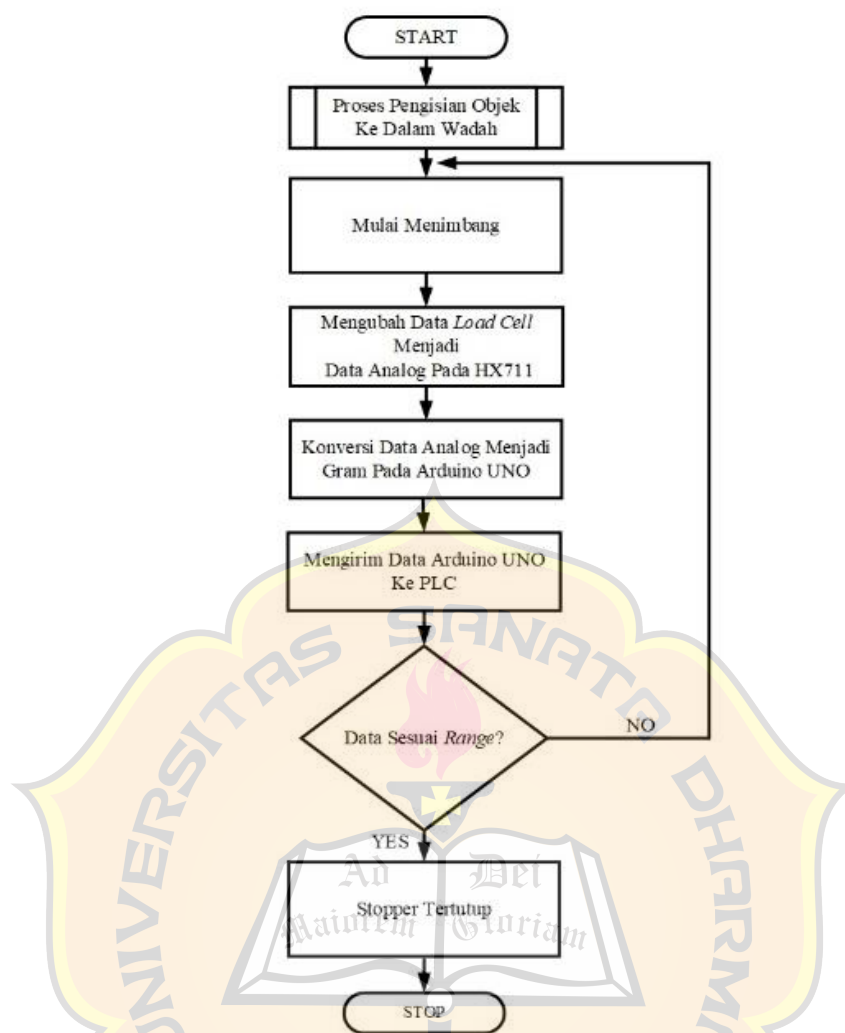
ketersediaan ada/tidaknya objek pada bak penampungan kemudian *stopper* akan terbuka dan mulai mengisi wadah sesuai dengan berat yang ditentukan operator pada tampilan HMI. Setelah proses pengisian telah selesai maka palang pendorong akan memindahkan wadah ke tempat penyimpanan agar proses pengisian selanjutnya bisa dilakukan. Diagram alir proses pengisian wadah ke dalam wadah dapat dilihat pada Gambar 3.17.



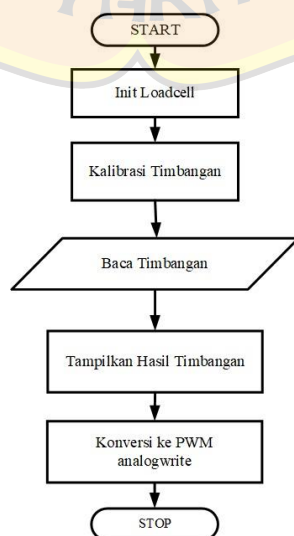
Gambar 3. 17. Diagram Alir Proses Pengisian ke Dalam Wadah

3.5.3 Perancangan Diagram Alir Proses Penimbangan Dengan *Load Cell*

Pada perancangan ini proses dimulai dari inisialisasi berat objek yang ditentukan oleh operator pada tampilan HMI. Pada proses pengisian objek ke dalam wadah jika *stopper* mulai membuka maka objek akan jatuh ke dalam wadah, kemudian *Load cell* akan mulai menimbang dan mengambil data berupa resistansi dari beban, kemudian data tersebut akan diubah menjadi data digital berupa perubahan nilai tegangan pada modul HX711. Setelah diubah menjadi data digital, kemudian akan dikonversi kembali ke dalam bentuk satuan gram dengan menggunakan Arduino UNO dan dikirimkan ke PLC dalam bentuk tegangan analog. Setelah berat objek sudah mencapai *range* yang sudah ditentukan maka *stopper* akan kembali tertutup. Diagram alir PLC pada proses penimbangan dengan *load cell* dapat dilihat pada Gambar 3.18 dan diagram alir arduino dapat dilihat pada Gambar 3.19.



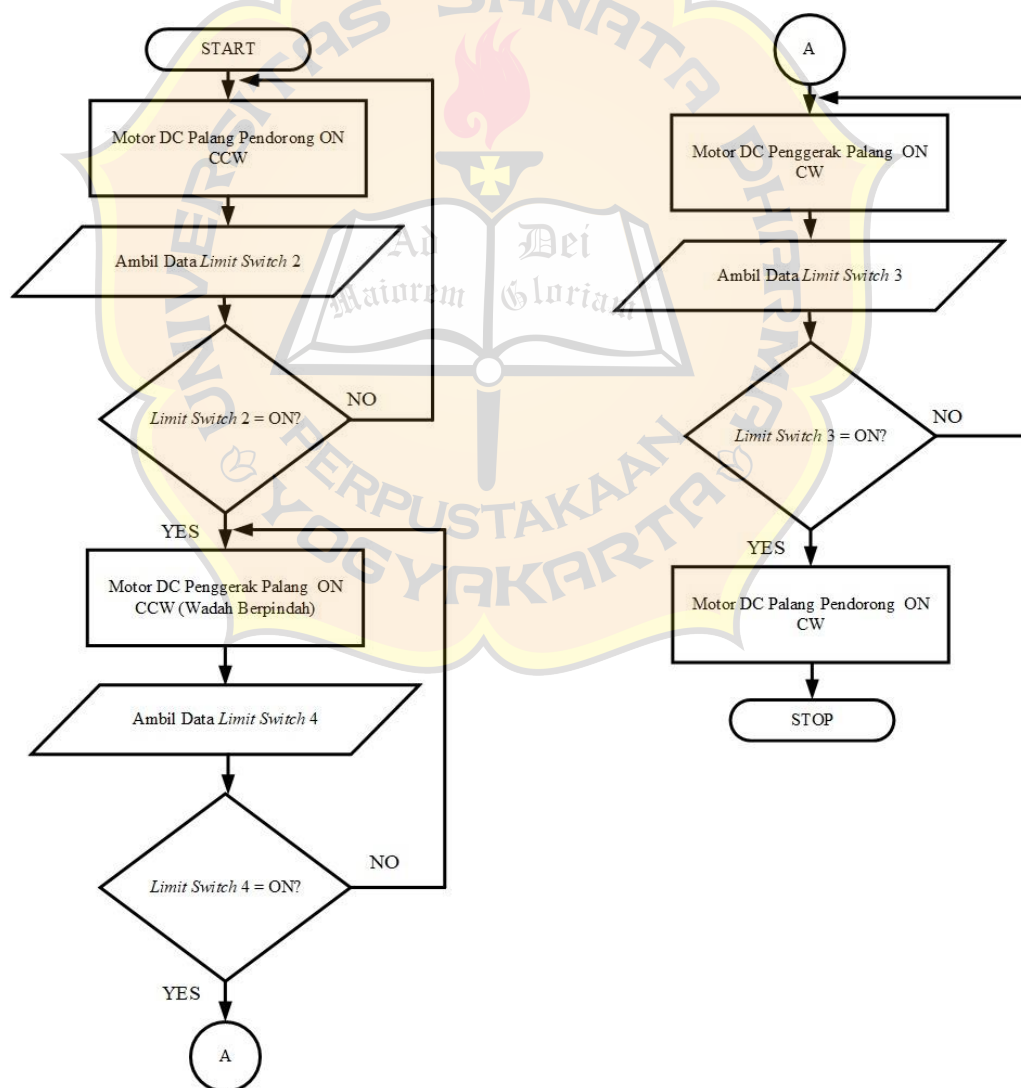
Gambar 3. 18. Diagram Alir PLC pada Proses Penimbangan Load Cell



Gambar 3. 19 Diagram Alir Arduino UNO

3.5.4 Perancangan Diagram Alir Proses Pemindahan Wadah ke Tempat Penyimpanan

Gambar 3.20 merupakan diagram alir proses pemindahan wadah ke tempat penyimpanan. Setelah wadah berada di tempat pengisian pada kondisi telah terisi, beberapa saat akan didorong secara otomatis oleh palang pendorong ke tempat penyimpanan. Posisi awal palang akan berdiri secara vertikal kemudian turun sebesar 90° berbentuk horizontal dengan sistem kerja motor dc 1 berputar CCW sampai palang menyentuh *limit switch* 2 bawah. Setelah menyentuh *limit switch* 2 maka motor akan berhenti berputar, kemudian motor dc 2 berputar CCW sampai mur menyentuh *limit switch* 4 kemudian berbalik arah putaran menjadi CW sampai menyentuh *limit switch* 3 kemudian motor dc 2 berhenti berputar lalu motor dc 1 bergerak CW sehingga kembali ke posisi awal.



Gambar 3. 20. Diagram Alir Proses Pemindahan Wadah ke Tempat Penyimpanan

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

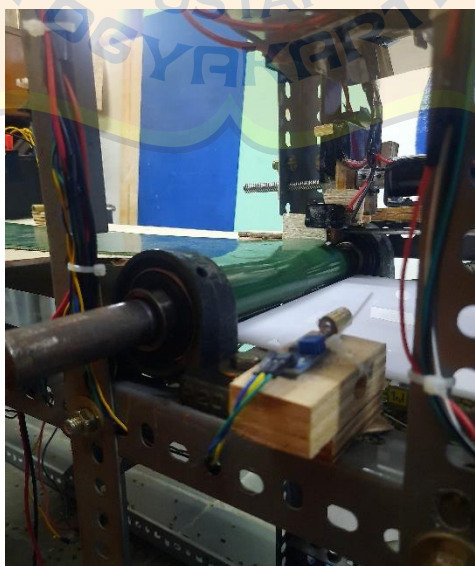
Bab ini menjelaskan tentang implementasi dan hasil perancangan dari sistem pengisian otomatis dengan variasi berat dan wadah berbasis *Programmable Logic Controller* (PLC). Penjelasan pada bab ini terdiri dari beberapa bagian, yaitu perubahan perancangan, implementasi *software*, implementasi *hardware*, dan hasil pengamatan.

4.1 Perubahan Perancangan

Bagian ini akan menjelaskan perubahan pada perancangan sistem yang terjadi selama proses pembuatan *software* dan *hardware* beserta dengan alasannya.

4.1.1 Perubahan Perancangan Konveyor dan Tempat Pengisian

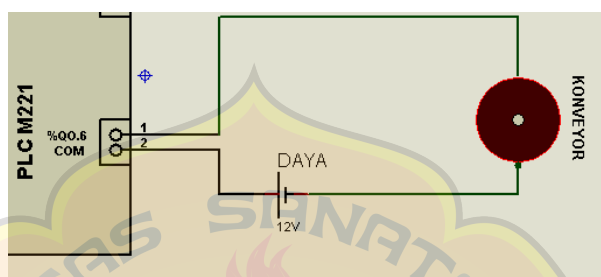
Posisi awal konveyor pada tempat pengisian dapat dilihat pada gambar 3.1 yaitu ujung konveyor tidak masuk kedalam bagian tempat pengisian, namun saat pengimplementasian *hardware* terjadi masalah sehingga dilakukan perubahan pada posisi ujung konveyor dan tempat pengisian seperti pada gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Perubahan Posisi Konveyor dan Tempat Pengisian

4.1.2 Perubahan Rangkaian PLC ke Motor Konveyor

Rangkaian dari PLC ke Motor yang ditunjukkan pada gambar 3.14 dapat dilihat bahwa pada rangkaian PLC ke Motor menggunakan relay. Namun, setelah melewati percobaan pada saat mengerjakan hardware, rangkaian dari PLC ke motor tidak memerlukan relay lagi karena PLC TM221CE40R sudah memiliki relay pada bagian dalam trainer. Perubahan rangkaian dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Perubahan Rangkaian PLC ke Motor Konveyor

4.2 Implementasi Hardware dari Sistem Pengisian Otomatis Dengan Variasi Berat dan Wadah

Pada bagian ini membahas hasil implementasi *hardware* untuk sistem pengisian dari perancangan yang telah dibuat sebelumnya. Bagian ini meliputi sensor *limit switch*, *load cell*, sensor *proximity* kapasitif, konveyor, penggerak palang, palang pendorong, *stopper*, penampungan objek, dan bagian sistem secara keseluruhan. Hasil implementasi hardware secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Hasil Implementasi Hardware

4.2.1 Hasil Implementasi Konveyor

Konveyor dibuat dengan ukuran panjang 65 cm, tinggi 45cm, dan lebar 14 cm. konveyor digerakkan oleh motor DC 12V 90rpm. Pada konveyor terdapat rotary encoder, sensor photodiode dan laser yang berguna untuk mendeteksi ukuran wadah.



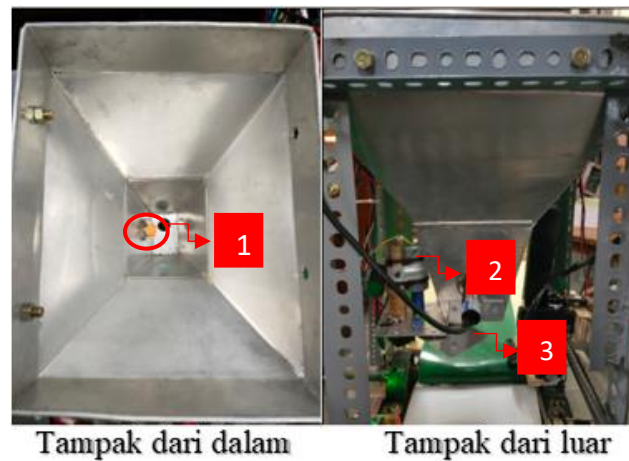
Gambar 4. 4 Hasil Implementasi Konveyor

Keterangan gambar 4.4.

1. Diode Laser
2. Photodiode B
3. Rotary encoder

4.2.2 Hasil Implementasi Bak Penampung Kacang Hijau

Pada implementasi bak penampung ini terdapat sensor *proximity* kapasitif yang berfungsi untuk mendeteksi ketersediaan wadah dalam bak penampung. *Stopper* yang berfungsi untuk membuka dan menutup bak penampung objek yang akan jatuh ke dalam wadah kosong dan diisi sesuai dengan berat yang diinginkan dari HMI. *stopper* akan membuka ketika proses pengisian berlangsung dan akan kembali menutup ketika proses pengisian telah selesai. *Stopper* digerakkan oleh motor dc 12v 18 rpm dan dilengkapi dengan 2 buah *limit switch* yang berfungsi untuk membatasi arah putaran motor dc.



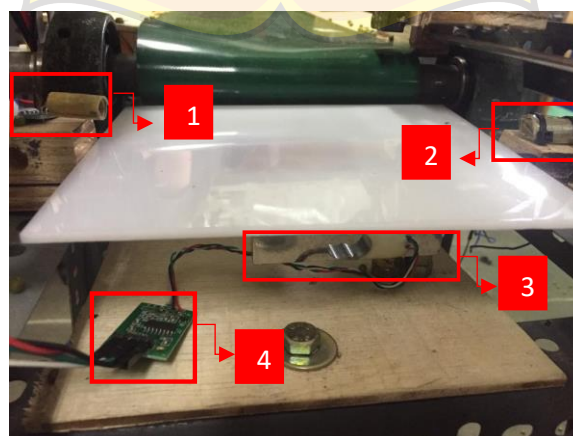
Gambar 4. 5 Implementasi Bak Penampung

Keterangan gambar 4.5.

1. Sensor *proximity* kapasitif
2. Motor dc *stopper*
3. Stopper

4.2.3 Hasil Implementasi Tempat Proses Pengisian dan *Loadcell*

Implementasi tempat proses pengisian ini terdapat *loadcell* dan modul HX711 yang berfungsi untuk menimbang berat objek yang dimasukkan ke dalam wadah kosong yang dibawa oleh konveyor. *Loadcell* yang digunakan pada alat ini mempunyai limit penimbangan sebesar 1kg. Di samping tempat pengisian ini juga terdapat sensor photodiode dan laser yang berfungsi untuk menghentikan konveyor selama proses pengisian berlangsung.



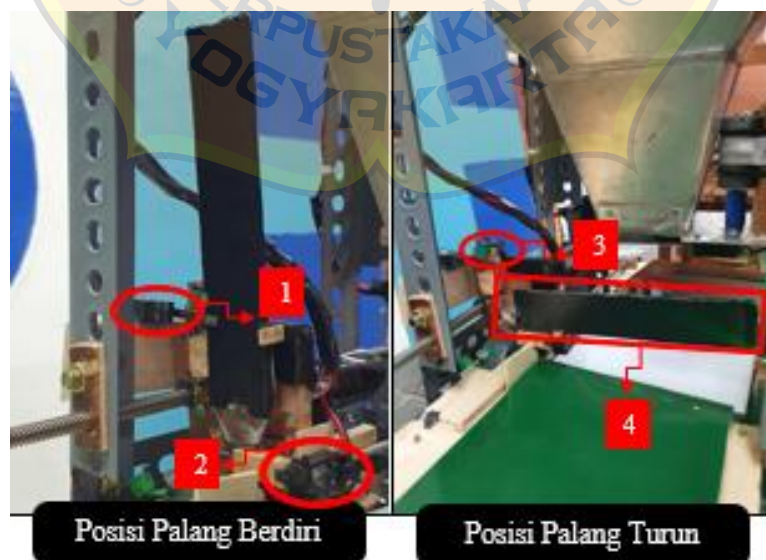
Gambar 4. 6 Tempat Pengisian dan Letak *Loadcell*

Keterangan gambar 4.6.

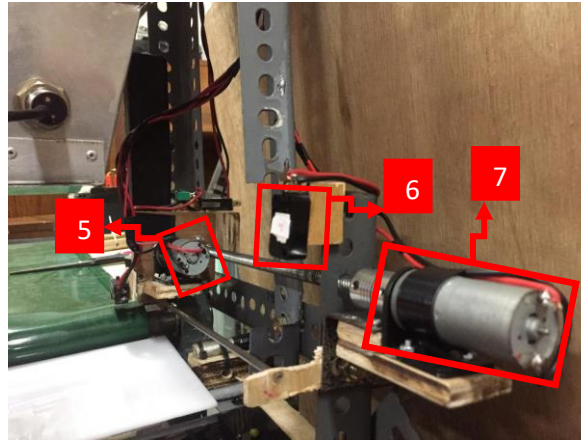
1. Photodiode A
2. Diode Laser
3. *Loadcell*
4. Modul HX711

4.2.4 Palang Pendorong dan Penggerak Palang

Palang pendorong berfungsi untuk membawa wadah yang telah terisi dari tempat pengisian menuju ke meja penyimpanan, pada palang pendorong dan penggerak palang digerakkan oleh 2 buah motor dc. Dimana motor dc 1 berfungsi untuk menggerakkan palang dengan sistem bergerak CW dan CCW dengan posisi awal palang berdiri kemudian turun 90° sedangkan motor dc 2 berfungsi untuk membawa atau mendorong wadah dari tempat pengisian menuju meja penyimpanan. Palang pendorong ini digerakkan oleh motor dc 1 dengan spesifikasi 12v 18 rpm dan motor dc 2 dengan spesifikasi 12 v 300 rpm. Pada setiap motor terdapat 2 buah *limit switch* yang berfungsi untuk membatasi arah putaran motor dc. *Limit switch* 1 dan 2 berfungsi untuk membatasi arah putaran motor palang pendorong bergerak CW dan CCW sedangkan *limit switch* 3 dan 4 berfungsi untuk membatasi arah putaran motor penggerak palang bergerak CW dan CCW.



Gambar 4. 7 Palang Pendorong



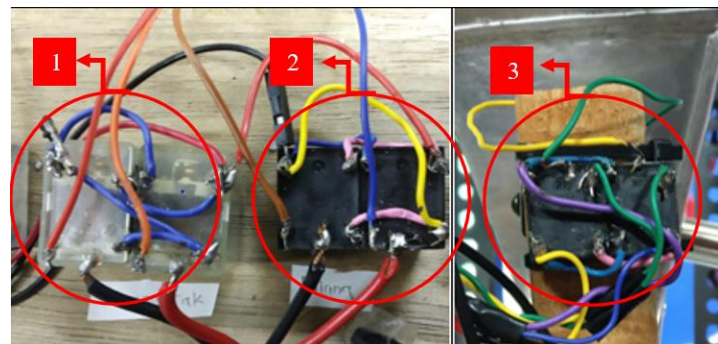
Gambar 4. 8 Penggerak Palang

Keterangan gambar 4.7 dan 4.8

1. *Limit switch 3*
2. *Limit switch 2*
3. *Limit switch 1*
4. Palang pendorong
5. Motor dc palang
6. *Limit switch 4*
7. Motor dc penggerak palang

4.2.5 Relay Pembalik Arah putaran Motor

Agar motor *stopper*, palang pendorong dan penggerak palang bergerak dua arah yaitu CW dan CCW maka dibutuhkan rangkaian relay untuk pembalik arah putaran motor. Pada gambar 4.9 terdapat 3 pasang relay untuk setiap pengendali arah putaran dari motor *stopper*, palang pendorong dan penggerak palang.



Gambar 4. 9 Relay Pembalik Arah Putaran Motor

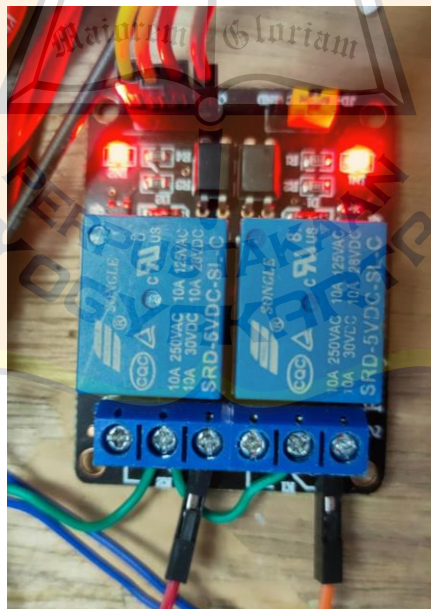
Keterangan gambar 4.9.

1. Relay pembalik arah putaran motor penggerak palang
2. Relay pembalik arah putaran motor palang pendorong
3. Relay pembalik arah putaran motor *stopper*

4.2.6 Modul Relay pemancing sinyal *input* photodiode ke PLC

Modul relay digunakan sebagai pemancing sinyal *input* agar PLC dapat menangkap sinyal dari sensor photodiode yang terhalang oleh benda. Modul relay yang digunakan yaitu modul relay 5 pin yang memiliki spesifikasi tegangan *input* sebesar 5V. Pemasangan sensor photodiode tanpa menggunakan relay mengakibatkan PLC tidak dapat merespon sinyal yang ditangkap dari sensor.

Modul sensor photodiode dan laser menggunakan tegangan *output* sebesar 5V. *input* pada relay dihubungkan dengan pin DO (*digital output*) pada sensor photodiode, lalu *output* pada relay dihubungkan dengan *input* pada PLC. Rangkaian modul sensor photodiode dapat dilihat pada gambar 4. 10.



Gambar 4. 10 Modul Relay Pemancing Sinyal Photodiode

4.3 Hasil Pengamatan Sistem

Pada bagian ini akan menjelaskan tentang hasil keseluruhan sistem yaitu sistem utama dan sub sistem. Hasil data yang diambil berdasarkan uji coba yang dilakukan pada sistem.

Sistem utama meliputi mekanisme keseluruhan sistem mulai dari proses awal hingga proses akhir.

4.3.1 Program Arduino

Pada bagian ini menjelaskan program arduino yang digunakan untuk mengetahui ukuran berat kacang hijau dengan menggunakan sensor *loadcell* dan modul hx711 sebagai modul penguat dari sensor *loadcell* kemudian diubah kesatuan gram dan selanjutnya diubah ke PWM yang akan dikirimkan ke PLC. Program pembacaan sensor dapat dilihat pada gambar 4.11



```
#include "HX711.h"
#define DOUT A1
#define CLK A0
HX711 scale;
float calibration_factor = -2380; //Hasil Kalibrasi
float units;
int PWM_out=3;
int benda;
void setup()
{
  pinMode(PWM_out, OUTPUT);
  Serial.begin(500000);
  scale.begin(DOUT, CLK);
  scale.set_scale();
  scale.tare();
  long zero_factor = scale.read_average();
  Serial.print("Zero factor: ");
  Serial.println(zero_factor);
}

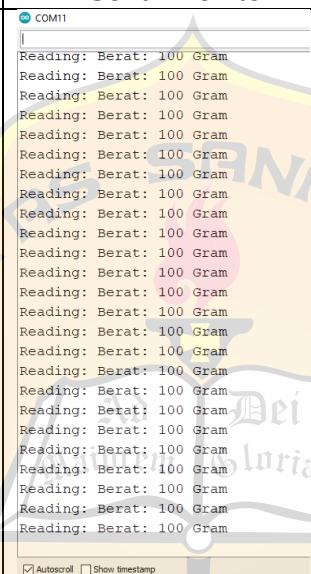
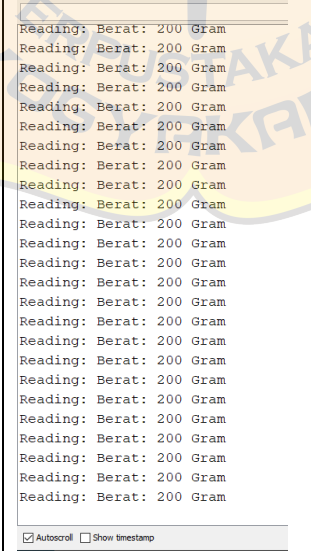
void loop()
{
  scale.set_scale(calibration_factor);
  Serial.print("Reading: ");
  units = scale.get_units(), 1;
  if (units < 0.1)
  {
    units = 0.0;
  }
  else
  {
    units = units * 2.1 ;
  }
  Serial.print("Berat: ");
  benda = floor(units);
  Serial.print(benda);
  Serial.print(" Gram");
  analogWrite(PWM_out,benda/4);
  Serial.println();
  delay(300);
}
```

Gambar 4. 11 Program Ardunio

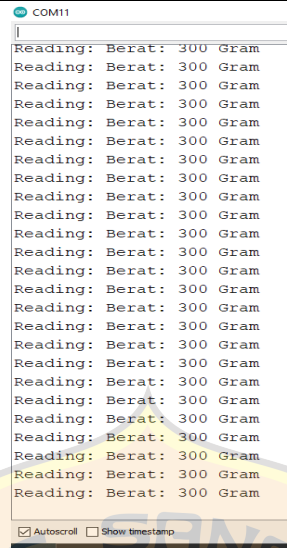
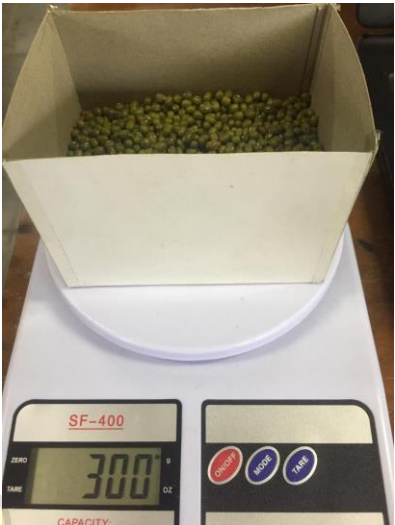
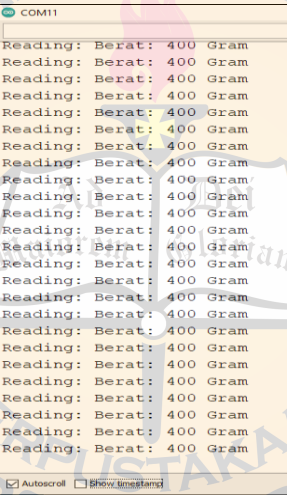
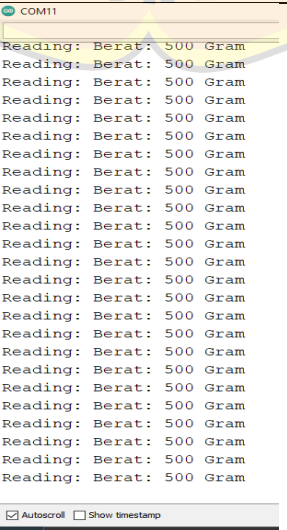
4.3.2 Hasil Pengamatan pada Arduino

Pada bagian ini akan menjelaskan tentang pengamatan data yang diambil dari sensor *load cell* yang dapat diamati melalui *serial monitor* pada arduino Uno. Hasil pengamatan data *load cell* pada Arduino Uno dapat dilihat pada tabel.4.1, pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa nilai berat yang tampil pada serial monitor diarduino Uno sama dengan nilai berat riil yang diukur menggunakan timbangan digital.

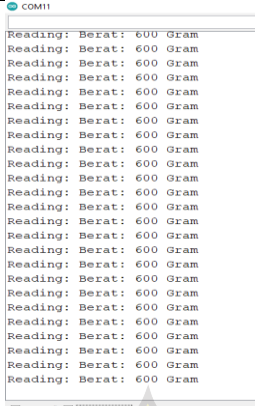
Tabel 4. 1 Hasil Pengamatan Tampilan Serial Monitor pada Arduino

No.	Keterangan	Serial monitor	Hasil timbangan digital
1.	Kondisi ketika pengisian wadah ukuran S dengan pengisian 100 gram.		
2.	Kondisi ketika pengisian wadah ukuran S dengan pengisian 200 gram.		

Tabel 4.1 (Lanjutan) Hasil Pengamatan Tampilan Serial Monitor pada Arduino

No.	Keterangan	Serial monitor	Hasil timbangan digital
3	Kondisi ketika pengisian wadah ukuran M dengan pengisian 300 gram.		
4	Kondisi ketika pengisian wadah ukuran M dengan pengisian 400 gram.		
5	Kondisi ketika pengisian wadah ukuran L dengan pengisian 500 gram.		

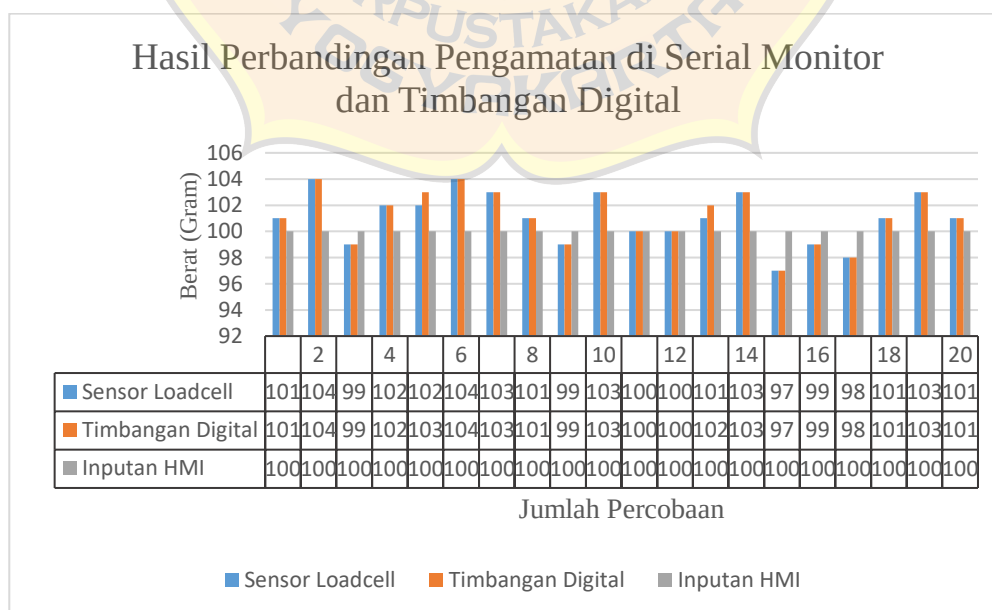
Tabel 4.1. (Lanjutan) Hasil Pengamatan Tampilan Serial Monitor pada Arduino

No.	Keterangan	Serial monitor	Hasil timbangan digital
6	Kondisi ketika pengisian wadah ukuran L dengan pengisian 600 gram.		

Dari tabel 4.1 percobaan pengamatan data *Loadcell* pada Arduino Uno terlihat bahwa sensor *loadcell* dapat membaca berat kacang hijau dan bisa menampilkan nilai berat yang tertimbang pada serial monitor

4.3.3 Data Hasil Perbandingan *Load Cell* dengan Hasil Timbangan Digital pada Masukan 100 Gr

Pada gambar 4.12 merupakan data hasil proses pengisian dengan masukan 100 gr dari HMI. Hasil nilai berat yang terbaca pada sensor *load cell* kemudian dibandingkan dengan hasil nilai berat riil yang diukur menggunakan timbangan digital.



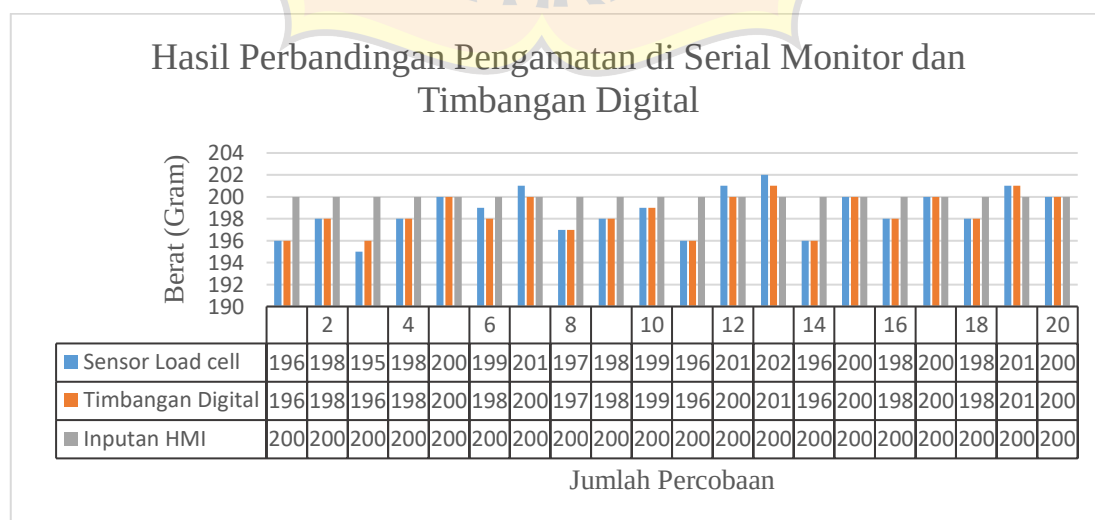
Gambar 4. 12 Grafik Perbandingan dengan masukan 100 Gram

Berdasarkan pengamatan setelah dilakukan 20 kali percobaan untuk pengisian dengan *input* 100 gr dari HMI, pengukuran *load cell* tidak selalu sama persis dengan pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan timbangan digital. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti posisi beban yang tidak tepat berada dibagian tengah dari akrilik yang dipasang diatas *load cell*. Pengukuran beban yang dilakukan selama percobaan menunjukkan bahwa terkadang hasil pengukuran ketika beban berada dipinggir akrilik akan berbeda dengan saat beban berada tepat ditengah. Namun, selisi antara pengukuran yang dilakukan menggunakan sensor *load cell* dengan pengukuran menggunakan timbangan digital sangat tipis. Rata-rata selisih antara nilai berat yang terbaca pada sensor *load cell* dan hasil nilai berat riil yang diukur dengan timbangan adalah 0.1 gram.

Berdasarkan lampiran 4, rata-rata selisih antara nilai berat yang terbaca pada sensor *load cell* dan hasil nilai berat riil yang diukur dengan timbangan digital diperoleh dengan menjumlahkan seluruh selisih gram dan membagikannya dengan jumlah percobaan yang telah dilakukan.

4.3.4 Data Hasil Perbandingan *Load Cell* dengan Hasil Timbangan Digital pada Masukan 200 Gr

Pada gambar 4.13 merupakan data hasil proses pengisian dengan masukan 200 gr dari HMI. Hasil nilai berat yang terbaca pada sensor *loadcell* kemudian dibandingkan dengan hasil nilai berat riil yang diukur menggunakan timbangan digital.



Gambar 4. 13 Grafik Perbandingan dengan masukan 200 Gram

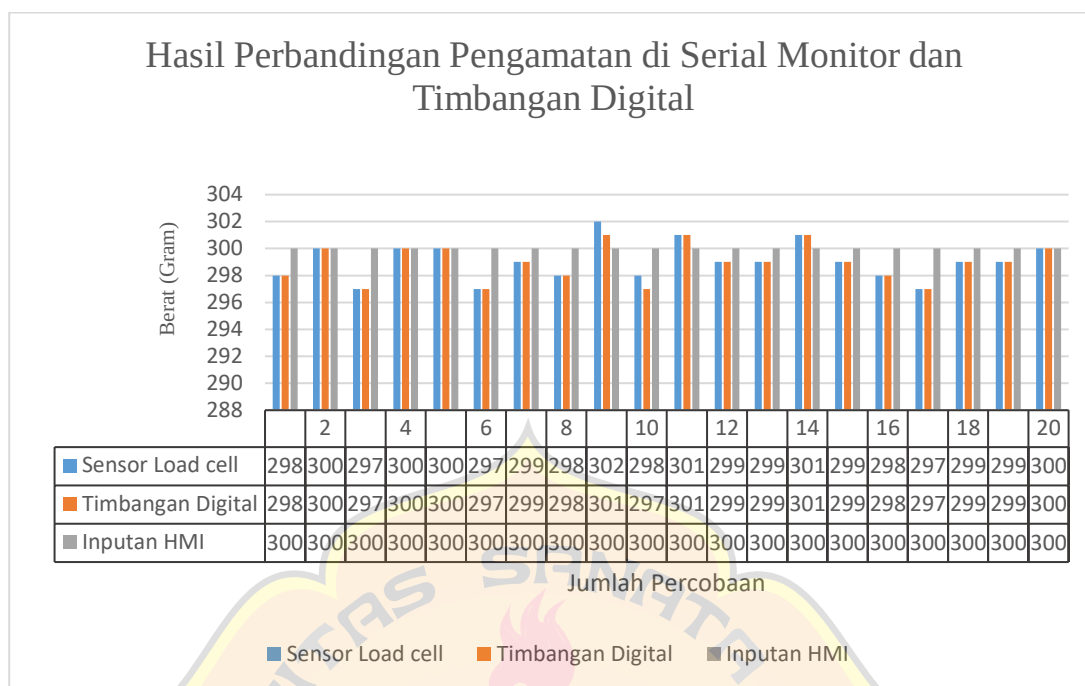
Berdasarkan pengamatan setelah dilakukan 20 kali percobaan untuk pengisian dengan masukan 200 gr dari HMI, pengukuran *load cell* tidak selalu sama persis dengan pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan timbangan digital. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti posisi beban yang tidak tepat berada dibagian tengah dari akrilik yang dipasang diatas *load cell*. Pengukuran beban yang dilakukan selama percobaan menunjukkan bahwa terkadang hasil pengukuran ketika beban berada dipinggir akrilik akan berbeda dengan saat beban berada tepat ditengah. Namun, selisi antara pengukuran yang dilakukan menggunakan *load cell* yang dapat diamati pada serial monitor dengan pengukuran menggunakan timbangan digital sangat tipis. Rata-rata selisih antara nilai berat yang terbaca pada sensor *load cell* dan hasil nilai berat riil yang diukur dengan timbangan adalah 0.25 gram.

Berdasarkan lampiran 4, rata-rata selisih antara nilai berat yang terbaca pada sensor *load cell* dan hasil nilai berat riil yang diukur dengan timbangan digital diperoleh dengan menjumlahkan seluruh selisih gram dan membagikannya dengan jumlah percobaan yang telah dilakukan.

4.3.5 Data Hasil Perbandingan *Load Cell* dengan Hasil Timbangan Digital pada Masukan 300 Gr

Pada gambar 4.14 merupakan data hasil proses pengisian dengan masukan 300 gr dari HMI. Hasil nilai berat yang terbaca pada sensor *load cell* kemudian dibandingkan dengan hasil nilai berat riil yang diukur menggunakan timbangan digital.

Berdasarkan pengamatan setelah dilakukan 20 kali percobaan untuk pengisian dengan masukan 300 gr dari HMI, pengukuran *load cell* tidak selalu sama persis dengan pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan timbangan digital. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti posisi beban yang tidak tepat berada dibagian tengah dari akrilik yang dipasang diatas *load cell*. Pengukuran beban yang dilakukan selama percobaan menunjukkan bahwa terkadang hasil pengukuran ketika beban berada dipinggir akrilik akan berbeda dengan saat beban berada tepat ditengah. Namun, selisi antara pengukuran yang dilakukan menggunakan *load cell* yang dapat diamati pada serial monitor dengan pengukuran menggunakan timbangan digital sangat tipis.



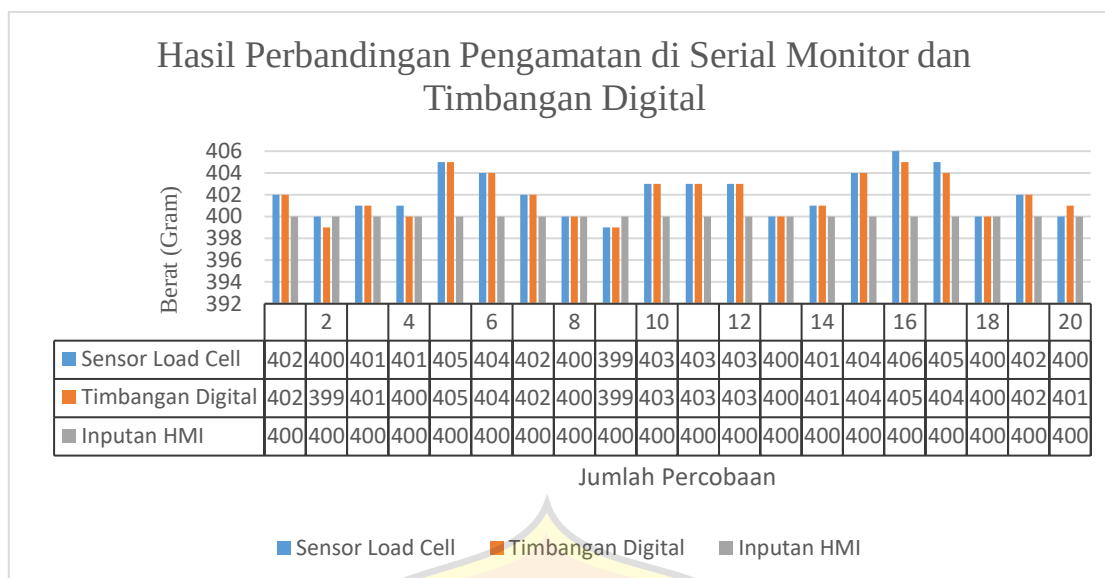
Gambar 4. 14 Grafik Perbandingan dengan masukan 300 Gram

Rata-rata selisih antara nilai berat yang terbaca pada sensor *load cell* dan hasil nilai berat riil yang diukur dengan timbangan adalah 0.1 gram.

Berdasarkan lampiran 5, rata-rata selisih antara nilai berat yang terbaca pada sensor *load cell* dan hasil nilai berat riil yang diukur dengan timbangan digital diperoleh dengan menjumlahkan seluruh selisih gram dan membagikannya dengan jumlah percobaan yang telah dilakukan.

4.3.6 Data Hasil Perbandingan *Load Cell* dengan Hasil Timbangan Digital pada Masukan 400 Gr

Pada gambar 4.15 merupakan data hasil proses pengisian dengan masukan 400 gr dari HMI. Hasil nilai berat yang terbaca pada sensor *loadcell* kemudian dibandingkan dengan hasil nilai berat riil yang diukur menggunakan timbangan digital. Berdasarkan lampiran 6, rata-rata selisih antara nilai berat yang terbaca pada sensor *load cell* dan hasil nilai berat riil yang diukur dengan timbangan digital diperoleh dengan menjumlahkan seluruh selisih gram dan membagikannya dengan jumlah percobaan yang telah dilakukan

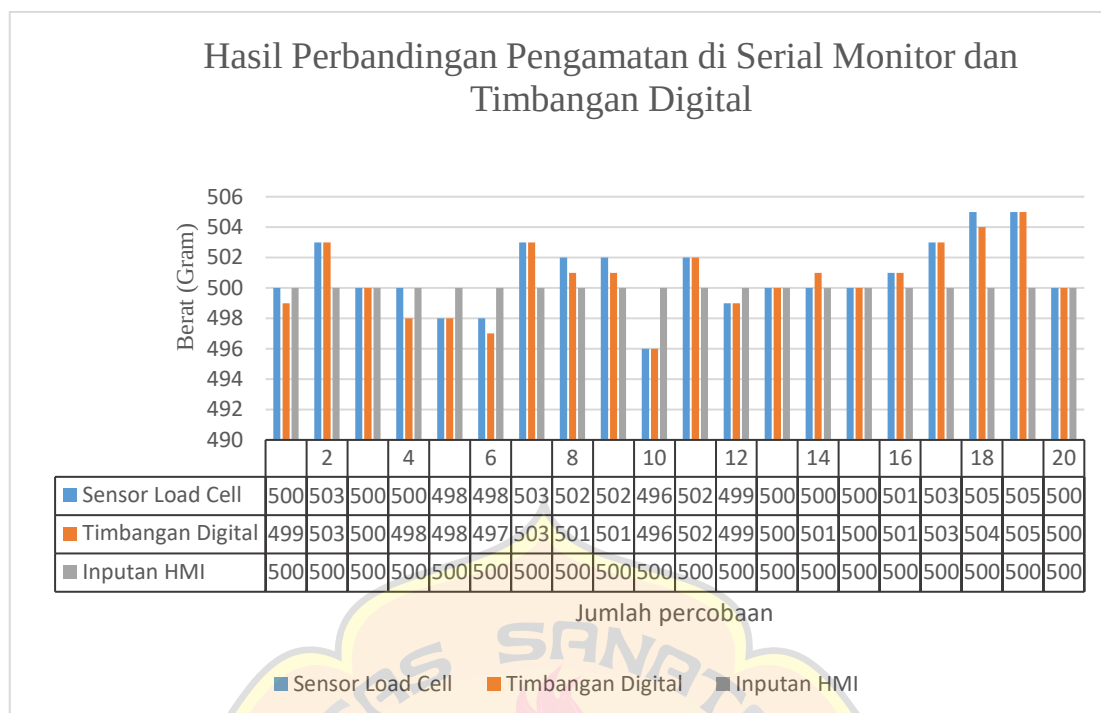


Gambar 4. 15 Grafik Perbandingan dengan masukan 400 Gram

Berdasarkan pengamatan setelah dilakukan 20 kali percobaan untuk pengisian dengan masukan 400 gr dari HMI, pengukuran *load cell* tidak selalu sama persis dengan pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan timbangan digital. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti posisi beban yang tidak tepat berada dibagian tengah dari akrilik yang dipasang diatas *load cell*. Pengukuran beban yang dilakukan selama percobaan menunjukkan bahwa terkadang hasil pengukuran ketika beban berada dipinggir akrilik akan berbeda dengan saat beban berada tepat ditengah. Namun, selisi antara pengukuran yang dilakukan menggunakan *load cell* yang dapat diamati pada serial monitor dengan pengukuran menggunakan timbangan digital sangat tipis. Rata-rata selisih antara nilai berat yang terbaca pada sensor *load cell* dan hasil nilai berat riil yang diukur dengan timbangan adalah 0.25 gram.

4.3.7 Data Hasil Perbandingan *Load Cell* dengan Hasil Timbangan Digital pada Masukan 500 Gr

Pada gambar 4.16 merupakan data hasil proses pengisian dengan masukan 500 gr dari HMI. Hasil nilai berat yang terbaca pada sensor *loadcell* kemudian dibandingkan dengan hasil nilai berat riil yang diukur menggunakan timbangan digital. Berdasarkan lampiran 7, rata-rata selisih antara nilai berat yang terbaca pada sensor *load cell* dan hasil nilai berat riil yang diukur dengan timbangan digital diperoleh dengan menjumlahkan seluruh selisih gram dan membagikannya dengan jumlah percobaan yang telah dilakukan.

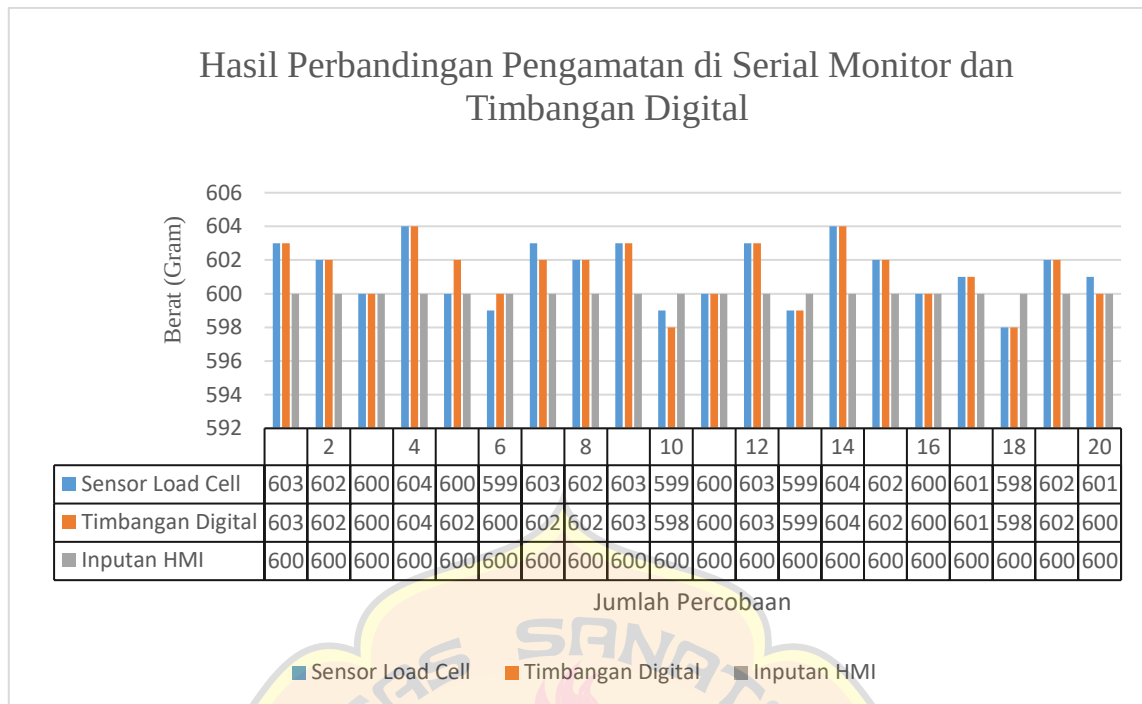


Gambar 4. 16 Grafik Perbandingan dengan masukan 500 Gram

Berdasarkan pengamatan setelah dilakukan 20 kali percobaan untuk pengisian dengan masukan 500 gr dari HMI, pengukuran *load cell* tidak selalu sama persis dengan pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan timbangan digital. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti posisi beban yang tidak tepat berada dibagian tengah dari akrilik yang dipasang diatas *load cell*. Pengukuran beban yang dilakukan selama percobaan menunjukkan bahwa terkadang hasil pengukuran ketika beban berada dipinggir akrilik akan berbeda dengan saat beban berada tepat ditengah. Namun, selisi antara pengukuran yang dilakukan menggunakan *load cell* yang dapat diamati pada serial monitor dengan pengukuran menggunakan timbangan digital sangat tipis. Rata-rata selisih yang terjadi antara nilai berat yang terbaca pada sensor *load cell* dan hasil nilai berat riil yang diukur dengan timbangan adalah 0.4 gram.

4.3.8 Data Hasil Perbandingan *Load Cell* dengan Hasil Timbangan Digital pada Masukan 600 Gr

Pada gambar 4.17 merupakan data hasil proses pengisian dengan masukan 600 gr dari HMI. Hasil nilai berat yang terbaca pada sensor *loadcell* dibandingkan dengan hasil nilai berat riil yang diukur menggunakan timbangan digital.



Gambar 4. 17 Grafik Perbandingan dengan masukan 600 Gram

Berdasarkan pengamatan setelah dilakukan 20 kali percobaan untuk pengisian dengan masukan 600 gr dari HMI, pengukuran *load cell* tidak selalu sama persis dengan pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan timbangan digital. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti posisi beban yang tidak tepat berada dibagian tengah dari akrilik yang dipasang diatas *load cell*. Pengukuran beban yang dilakukan selama percobaan menunjukkan bahwa terkadang hasil pengukuran ketika beban berada dipinggir akrilik akan berbeda dengan saat beban berada tepat ditengah. Namun, selisi antara pengukuran yang dilakukan menggunakan *load cell* yang dapat diamati pada serial monitor dengan pengukuran menggunakan timbangan digital sangat tipis. Rata-rata selisih antara nilai berat yang terbaca pada sensor *load cell* dan hasil nilai berat riil yang diukur dengan timbangan adalah 0.3 gram.

Berdasarkan lampiran 8, rata-rata selisih antara nilai berat yang terbaca pada sensor *load cell* dan hasil nilai berat riil yang diukur dengan timbangan digital diperoleh dengan menjumlahkan seluruh selisih gram dan membagikannya dengan jumlah percobaan yang telah dilakukan.

4.3.9 Data Proses Pengisian berat 100 gr

Bagian ini merupakan data hasil dari proses pengisian berdasarkan berat dan wadah dengan berat masukan 100 gr dari HMI, pada data tersebut dilakukan sebanyak 20 kali percobaan. Berat yang tertimbang pada tabel diukur menggunakan timbangan digital, dan nilai desimal PLC diperoleh dari hasil pengamatan pada PLC selama proses percobaan berlangsung yang dapat dilihat pada gambar 4.22 rung 7. Berikut hasil pengamatan berat dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Data Proses Pengisian Berat 100 Gram

No.	Berat Tertimbang (gr)	Nilai desimal PLC (mV)	Ukuran Wadah Terdeteksi			% Error Berat	Keterangan
			S	M	L		
1.	101	48	S	0	0	1%	Benar
2.	104	50	S	0	0	4%	Benar
3.	99	46	S	0	0	1%	Benar
4.	102	48	S	0	0	2%	Benar
5.	103	48	S	0	0	3%	Benar
6.	104	50	S	0	0	4%	Benar
7.	103	48	S	0	0	3%	Benar
8.	101	48	S	0	0	1%	Benar
9.	99	46	S	0	0	1%	Benar
10.	103	48	S	0	0	3%	Benar
11.	100	48	S	0	0	0%	Benar
12.	100	48	S	0	0	0%	Benar
13.	102	48	S	0	0	2%	Benar
14.	103	48	S	0	0	3%	Benar
15.	100	46	S	0	0	0%	Benar
16.	99	46	S	0	0	1%	Benar
17.	98	46	S	0	0	2%	Benar
18.	101	48	S	0	0	1%	Benar
19.	103	48	S	0	0	3%	Benar
20.	101	48	S	0	0	1%	Benar
Rata-rata error						1.8%	

Pada tabel 4.2 hasil percobaan pengisian berat 100 gr dengan wadah ukuran S, rata-rata *error* yang terjadi pada selisih antara berat yang tertimbang dengan berat yang dimasukan oleh operator dari HMI adalah 1.8% dan ukuran wadah yang terdeteksi sudah sesuai dengan berat yang dimasukan yaitu ukuran wadah S dengan berat 100 gr. Rata-rata *error* yang terjadi diperoleh dengan menjumlahkan semua *error* berat dan membagikannya dengan jumlah percobaan yang telah dilakukan. Ketidakakuratan atau *error* berat yang

terbaca terjadi dikarenakan komunikasi antara arduino UNO dan PLC terdapat *delay* pengiriman data yang masuk ke %IW0.0 sehingga nilai yang terbaca pada PLC kurang stabil.

4.3.10 Data Proses Pengisian berat 200 gr

Bagian ini merupakan data hasil dari proses pengisian berdasarkan berat dan wadah dengan berat masukan 200 gr dari HMI, pada data tersebut dilakukan sebanyak 20 kali percobaan. Berikut hasil pengamatan berat dapat dilihat pada tabel 4.3, Berat yang tertimbang pada tabel diukur menggunakan timbangan digital, dan nilai desimal PLC diperoleh dari hasil pengamatan pada PLC selama proses percobaan berlangsung yang dapat dilihat pada gambar 4.22 rung 8.

Tabel 4. 3 Data Proses Pengisian Berat 200 Gram

No.	Berat Tertimbang (gr)	Nilai desimal PLC (mV)	Ukuran Wadah Terdeteksi			% Error Berat	Keterangan
			S	M	L		
1.	196	94	S	0	0	2%	Benar
2.	198	95	S	0	0	1%	Benar
3.	196	94	S	0	0	2%	Benar
4.	198	95	S	0	0	1%	Benar
5.	200	97	S	0	0	0%	Benar
6.	198	95	S	0	0	1%	Benar
7.	200	97	S	0	0	0%	Benar
8.	197	95	S	0	0	1.5%	Benar
9.	198	95	S	0	0	1%	Benar
10.	199	96	S	0	0	0.5%	Benar
11.	196	95	S	0	0	2%	Benar
12.	200	97	S	0	0	0%	Benar
13.	201	97	S	0	0	0.5%	Benar
14.	196	95	S	0	0	2%	Benar
15.	200	97	S	0	0	0%	Benar
16.	198	95	S	0	0	1%	Benar
17.	200	96	S	0	0	0%	Benar
18.	198	95	S	0	0	1%	Benar
19.	201	97	S	0	0	0.5%	Benar
20.	200	96	S	0	0	0%	Benar
Rata-rata error						0.8%	

Pada tabel 4.3 hasil pengisian berat 200 gr dengan wadah ukuran S, rata-rata *error* yang terjadi pada selisih antara berat yang tertimbang dengan berat yang dimasukan oleh operator dari HMI adalah 0.8%.dan ukuran wadah yang terdeteksi sudah sesuai dengan berat

yang dimasukkan yaitu ukuran wadah S dengan berat 200 gr. Rata-rata *error* yang terjadi diperoleh dengan menjumlahkan semua *error* berat dan membagikannya dengan jumlah percobaan yang telah dilakukan. Ketidakakuratan atau *error* berat yang terbaca terjadi dikarenakan komunikasi antara arduino UNO dan PLC terdapat *delay* pengiriman data yang masuk ke %IW0.0 sehingga nilai yang terbaca pada PLC kurang stabil.

4.3.11 Data Proses Pengisian berat 300 gr

Bagian ini merupakan data hasil dari proses pengisian berdasarkan berat dan wadah dengan berat masukan 300 gr dari HMI, pada data tersebut dilakukan sebanyak 20 kali percobaan. Berat yang tertimbang pada tabel diukur menggunakan timbangan digital, dan nilai desimal PLC diperoleh dari hasil pengamatan pada PLC selama proses percobaan berlangsung yang dapat dilihat pada gambar 4.22 rung 9. Berikut hasil pengamatan berat dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Data Proses Pengisian Berat 300 Gram

No.	Berat Tertimbang (gr)	Nilai desimal PLC (mV)	Ukuran Wadah Terdeteksi			% Error Berat	Keterangan
			S	M	L		
1.	298	144	0	M	0	0.6%	Benar
2.	297	143	0	M	0	1%	Benar
3.	297	146	0	M	0	1%	Benar
4.	300	143	0	M	0	0%	Benar
5.	300	146	0	M	0	0%	Benar
6.	297	143	0	M	0	1%	Benar
7.	299	144	0	M	0	0.3%	Benar
8.	298	143	0	M	0	0.6%	Benar
9.	301	146	0	M	0	0.3%	Benar
10.	297	143	0	M	0	1%	Benar
11.	297	143	0	M	0	1%	Benar
12.	299	144	0	M	0	0.3%	Benar
13.	299	144	0	M	0	0.3%	Benar
14.	301	145	0	M	0	0.3%	Benar
15.	299	143	0	M	0	0.3%	Benar
16.	298	143	0	M	0	0.6%	Benar
17.	297	143	0	M	0	1%	Benar
18.	299	144	0	M	0	0.3%	Benar
19.	299	144	0	M	0	0.3%	Benar
20.	300	146	0	M	0	0%	Benar
Rata-rata error						0.49%	

4.3.12 Data Proses Pengisian berat 400 gr

Tabel 4. 5 Data Proses Pengisian Berat 400 Gram

[illegible]

4.3.13 Data Proses Pengisian berat 500 gr

Tabel 4. 6 Data Proses Pengisian Berat 500 Gram

[illegible]

4.3.14 Data Proses Pengisian berat 600 gr

Tabel 4. 7 Data Proses Pengisian Berat 600 Gram

[illegible]

Pada tabel 4.7 hasil percobaan pengisian berat 600 gr dengan wadah ukuran L, diperoleh rata-rata *error* yang terjadi antara berat yang terbaca dengan berat yang dimasukkan oleh operator dari HMI adalah 0.31%. Ukuran wadah yang terdeteksi sudah sesuai dengan berat yang dimasukkan yaitu ukuran wadah L dengan berat 600 gr. Berat kacang hijau diukur dengan menggunakan timbangan digital. Berat kacang hijau ditampilkan pada PLC dalam bentuk nilai desimal. Hasil pengamatan nilai desimal pada PLC selama proses percobaan berlangsung dapat dilihat pada gambar 4.22 rung 12. Rata-rata *error* yang terjadi diperoleh dengan menjumlahkan semua *error* berat dan membaginya dengan jumlah percobaan yang telah dilakukan. Ketidakakuratan atau *error* berat yang terbaca terjadi dikarenakan komunikasi antara arduino UNO dan PLC terdapat *delay* pengiriman data yang masuk ke %IW0.0 sehingga nilai yang terbaca pada PLC kurang stabil.

Setelah dilakukan sebanyak 120 kali percobaan, komunikasi arduino UNO dengan PLC dapat berjalan dengan baik. Nilai rata-rata *error* pengisian sebesar 4.3% yang diperoleh dengan menjumlahkan semua rata-rata *error* setiap pengisian berat dari 100 gr sampai 600 gr dan membaginya dengan jumlah variasi masukan HMI. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem mampu mendeteksi ukuran wadah dan melakukan pengisian kacang hijau sesuai dengan berat yang diinginkan operator dengan tingkat keberhasilan 99.3%. Keberhasilan tersebut diperoleh dari 100% dikurang dengan nilai rata-rata *error* pengisian.

4.3.15 Data Waktu Pengisian Setiap Berat

Saat melakukan pengisian, alat ini membutuhkan waktu selama proses pengisian terjadi. Pada tabel 4.8 merupakan hasil rata-rata waktu pengisian dengan total sebanyak 120 kali percobaan dengan masing-masing varian berat dilakukan pengisian sebanyak 20 kali percobaan. Data waktu pengisian dapat dilihat pada lampiran 9. Berdasarkan lampiran tersebut, rata-rata waktu setiap pengisian diperoleh dengan menjumlahkan seluruh waktu pengisian dan membagikannya dengan jumlah percobaan yang telah dilakukan.

Tabel 4. 8 Data Waktu Pengisian Setiap Berat

No.	Varian Berat Kacang Hijau	Rata-rata Waktu Setiap Pengisian
1.	100 Gram	03.95 detik
2.	200 Gram	06.78 detik
3.	300 Gram	10.45 detik
4.	400 Gram	13.82 detik
5.	500 Gram	17.67 detik
6.	600 gram	21.06 detik

4.3.16 Data Pengamatan *Input* Dan *Output*

Pada bagian ini merupakan data hasil pengamatan *input* dan *output* bagaimana sistem bekerja dari awal proses pengisian sampai selesai. Data hasil pengamatan dapat dilihat pada tabel 4.9

Tabel 4. 9 Data hasil pengamatan *input* dan ouput

Step		Kondisi											
		SK	MK	SP	LS1	LS2	LS3	LS4	LS5	LS6	MS	MP	MPP
1	Konveyor aktif	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
2	Stopper Membuka	1	0	1	1	0	1	0	0	0	CW	0	0
3	Mulai Mengisi	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0
4	Pengisian Selesai	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0
5	Stopper Menutup	1	0	1	1	0	1	0	1	0	CCW	0	0
6	Palang Turun	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	CCW	0
7	Palang Menarik wadah	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	CW
8	Palang Kembali	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	CCW
9	Palang Naik	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	CW	0
10	Posisi Awal	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0

Keterangan: SK = Sensor Kapasitif, MK = Motor Konveyor, SP = Sensor Photodiode, LS1 = *Limit switch* 1, LS2 = *Limit switch* 2, LS3 = *Limit switch* 3, LS4 = *Limit switch* 4, LS5 = *Limit switch* 5, LS6 = *Limit switch* 6, MS = Motor Stopper, MP = Motor Palang, MPP = Motor Palang Penggerak

Dapat dilihat bahwa pada step 1 dengan kondisi awal sensor kapasitif mampu mendeteksi ketersediaan kacang hijau dalam bak penampung, *limit switch* 1,3 dan 5 tertekan dan konveyor aktif membawa wadah kosong menuju tempat pengisian dan berhenti ketika wadah terdeteksi oleh sensor photodiode sehingga membuat kondisi baru yaitu step 2. Ketika photodiode telah mendeteksi adanya wadah maka konveyor berhenti dan motor *stopper* akan terbuka dengan bergerak ke arah CW dan mulai mengisi. Setelah proses pengisian selesai maka palang akan turun dan motor penggerak palang akan menarik wadah dengan arah putaran CW sampai menyentuh *limit switch* 4 dan berbalik arah putaran menjadi CCW hingga menyentuh *limit switch* 3, kemudian motor palang akan naik dengan arah putaran

CW hingga menyentuh *limit switch* 1. Setelah menyentuh *limit switch* 1 maka akan kembali ke posisi awal dan proses pengisian selanjutnya dapat dilakukan.

Pengamatan piranti *input* dan *output* dari sistem telah dilakukan sebanyak 120 kali percobaan dengan hasil sama seperti tabel 4.9. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa sensor *proximity* kapasitif mampu mendeteksi ketersediaan wadah dalam bak penampung dengan tingkat keberhasilan 100%. Komponen *limit switch* 1, *limit switch* 2, *limit switch* 3, *limit switch* 4, *limit switch* 5 dan *limit switch* 6 dapat membatasi setiap arah putaran motor CW dan CCW sehingga sistem dapat bekerja sesuai dengan perancangan.

4.3.17 Hasil Pengamatan Sub Sistem

Pengamatan sub sistem dilakukan dengan cara melakukan pengukuran tegangan pada setiap komponen ketika dalam kondisi *on* dan *off*. Pengukuran tegangan yang dilakukan meliputi komponen *input* (tombol *start*, tombol *stop*, sensor photodiode, sensor *loadcell*, *limit switch*) dan komponen *output* yaitu motor DC. Hasil pengukuran setiap komponen dapat dilihat pada tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Hasil Pengamatan Sub Sistem

No	Komponen	Kondisi	Tegangan Terbaca (VDC)	Tegangan Seharusnya (VDC)
1.	<i>Push button start</i>	Tertekan	22.0 V	24 V
		Tidak Tertekan	0 V	0 V
2.	<i>Push button stop</i>	Tertekan	22.2 V	24 V
		Tidak Tertekan	0 V	0 V
3.	<i>Limit switch 1</i>	Tertekan	22.1	24 V
		Tidak Tertekan	0 V	0 V
4.	<i>Limit switch 2</i>	Tertekan	22.2	24 V
		Tidak Tertekan	0 V	0 V
5.	<i>Limit switch 3</i>	Tertekan	22.2	24 V
		Tidak Tertekan	0 V	0 V
6.	<i>Limit switch 4</i>	Tertekan	22.2	24 V
		Tidak Tertekan	0 V	0 V
7.	<i>Limit switch 5</i>	Tertekan	22.1	24 V
		Tidak Tertekan	0 V	0 V
8.	<i>Limit switch 6</i>	Tertekan	22.1	24 V
		Tidak Tertekan	0 V	0 V
9.	Photodiode A	Terhalang	22.1V	24 V
		Tidak Terhalang	0 V	0 V

Tabel 4.10 (Lanjutan) Hasil Pengamatan Sub Sistem

10.	Sensor proximity	Terhalang	22.2V	24V
		Tidak terhalang	0 V	0 V
11.	Motor DC Stopper	Aktif	11.84	12 V
		Tidak Aktif	0 V	0 V
12.	Motor DC Palang	Aktif	11.61	12 V
		Tidak Aktif	0 V	0 V
13.	Motor DC Penggerak palang	Aktif	11.96	12 V
		Tidak Aktif	0 V	0 V
14.	Motor DC Konveyor	Aktif	11.97	12 V
		Tidak Aktif	0 V	0 V

4.4 Implementasi Software

Pada bagian ini akan menjelaskan mengenai fungsi-fungsi dari program diagram ladder yang digunakan untuk menjalankan sistem pengisian dengan variasi berat dan wadah. Pada setiap bagian diagram ladder memiliki fungsi yang berbeda-beda sesuai dengan kebutuhan yang digunakan.

4.4.1 Diagram Ladder Tombol Start dan Stop

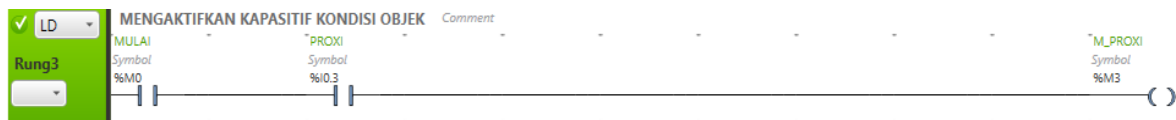
Pada *input* tombol *start* dan *stop* menggunakan %I0.1 dan %I0.2. Tombol ini berfungsi untuk menghidupkan dan mematikan keseluruhan sistem. Program diagram ladder pada tombol *start* dan *stop* ini menggunakan sistem latching agar saat tombol *start* ditekan sesaat maka sistem akan tetap berjalan dan berhenti ketika tombol *stop* ditekan.



Gambar 4. 18 Ladder Tombol Start dan Stop

4.4.2 Diagram Ladder Sensor Proximity Kapasitif

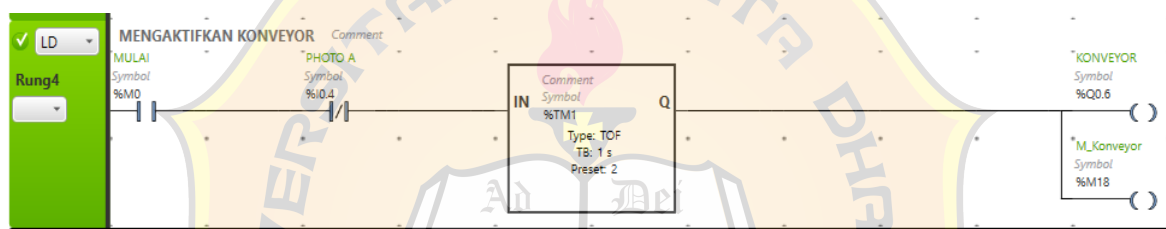
Diagram ladder sensor proximity kapasitif berfungsi untuk mengetahui kondisi kacang hijau dalam bak penampungan. *Input* sensor proximity kapasitif menggunakan alamat %I0.3 dan keluarannya menggunakan alamat memory %M3. Diagram ladder sensor proximity kapasitif dapat dilihat pada gambar 4.19



Gambar 4. 19 Ladder Sensor Proximity Kapasitif

4.4.3 Diagram Ladder Pengendali Konveyor

Ketika tombol *start* ditekan oleh operator pada HMI atau PLC, maka konveyor akan aktif membawa wadah kosong ke tempat pengisian. Konveyor akan berhenti ketika wadah sudah sampai pada tempat pengisian dan sudah terdeteksi oleh sensor photodiode. Pada program diagram ladder pengendali konveyor ini menggunakan timer 2 detik yang berfungsi untuk menunggu wadah sampai pada tempat pengisian. *Output* motor konveyor menggunakan alamat %Q0.6.

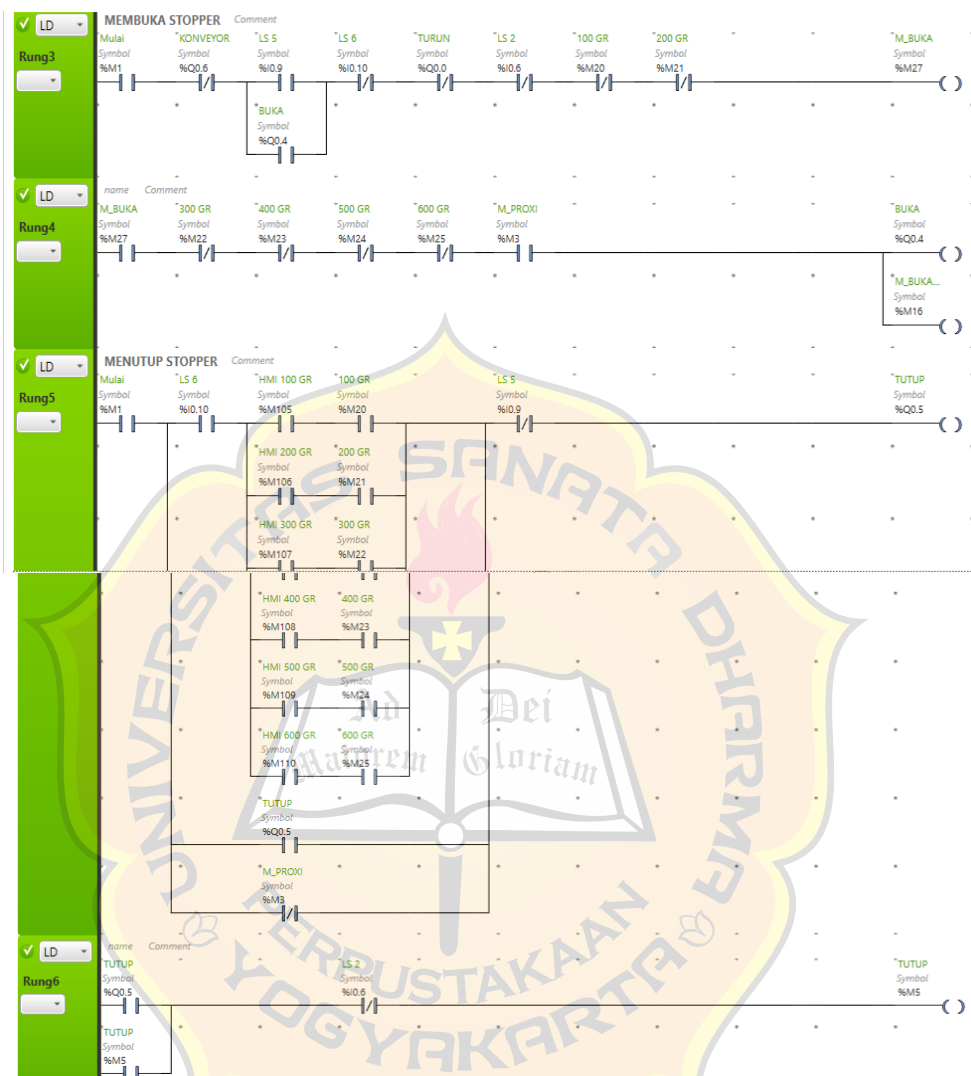


Gambar 4. 20 Ladder Pengendali Konveyor

4.4.4 Diagram Ladder Stopper

Diagram ladder ini dirancang untuk membuka dan menutup *stopper* yang terletak pada bagian bawah ujung bak penampung. Kondisi awal *stopper* akan menutup sehingga *limit switch* 5 tertekan dan *stopper* akan membuka ketika wadah telah berada pada tempat pengisian dan operator pada HMI telah menekan tombol pilihan berat kacang hijau yang akan diisikan kedalam wadah. *Stopper* akan kembali menutup ketika pilihan berat yang diinginkan oleh operator sudah tercapai. *Stopper* tersebut digerakkan oleh motor DC, dengan arah putaran CW untuk membuka dan putaran CCW untuk menutup serta dibatasi oleh 2 buah *limit switch* yang berfungsi untuk membalik arah putaran motor. *Input limit switch* 5 untuk membuka *stopper* menggunakan alamat %I0.9 dan *limit switch* 6 untuk menutup *stopper* menggunakan alamat %I0.10 sedangkan *output* motor DC CW menggunakan alamat

%Q0.4 dan *output* motor DC CCW menggunakan alamat %Q0.5. Diagram ladder *stopper* dapat dilihat pada Gambar 4.21.

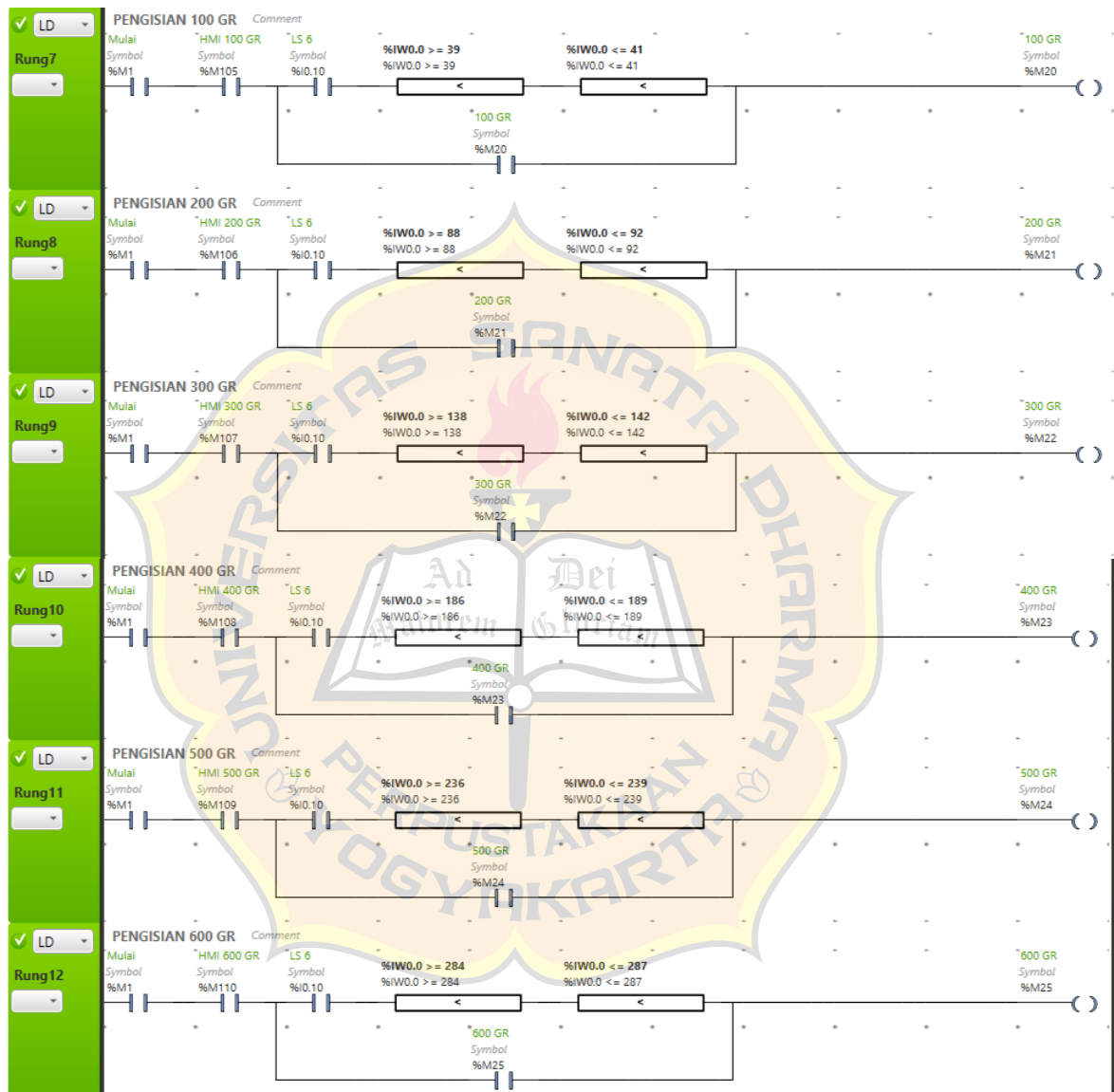


Gambar 4. 21 Ladder Pengendali Stopper

4.4.5 Diagram Ladder Pilihan berat dan *Input* Analog PLC

Input analog pada PLC menggunakan alamat memori %IW0.0. Setiap pilihan berat kacang hijau yang dimasukkan oleh operator pada HMI memiliki *range* yang sudah ditentukan pada memori %IW0.0. Untuk pilihan berat kacang hijau 100 gr dengan wadah S memiliki *range* nilai 39-41 desimal dengan *output* %M20, untuk ukuran pilihan berat kacang hijau 200 gr dengan wadah S memiliki *range* nilai 88-92 desimal dengan *output* %M21, untuk ukuran pilihan berat kacang hijau 300 gr dengan wadah M memiliki *range* nilai 138-

142 desimal dengan *output* %M22. untuk ukuran pilihan berat kacang hijau 400 gr dengan wadah M memiliki *range* nilai 186-187 desimal dengan *output* %M23, untuk ukuran pilihan berat kacang hijau 500 gr dengan wadah L memiliki *range* nilai 236-239 desimal dengan *output* %M24, untuk ukuran pilihan berat kacang hijau 600 gr dengan wadah L memiliki *range* nilai 284-287 desimal dengan *output* %M25.

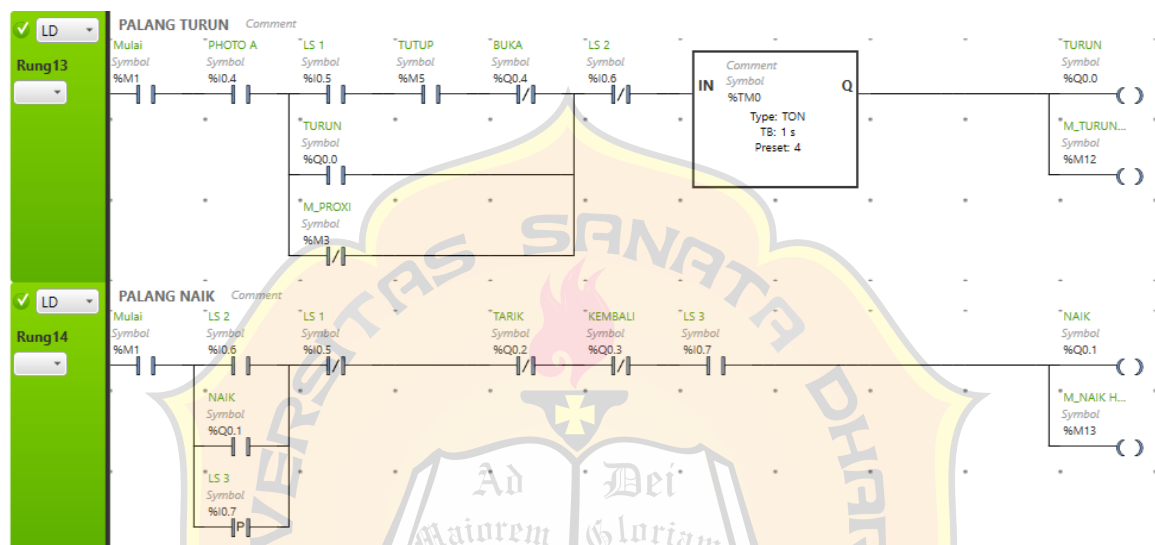


Gambar 4. 22 Ladder *Input* Analog PLC

4.4.6 Diagram Ladder Palang Pendorong

Palang pendorong ini berfungsi untuk membawa wadah dari tempat pengisian menuju tempat penyimpanan yang menjadi proses akhir dari sistem pengisian. Ketika wadah telah sampai pada tempat pengisian dan telah terisi beberapa saat akan didorong dari tempat pengisian tersebut. Posisi awal palang berdiri tegak sehingga *limit switch* 1 akan tertekan

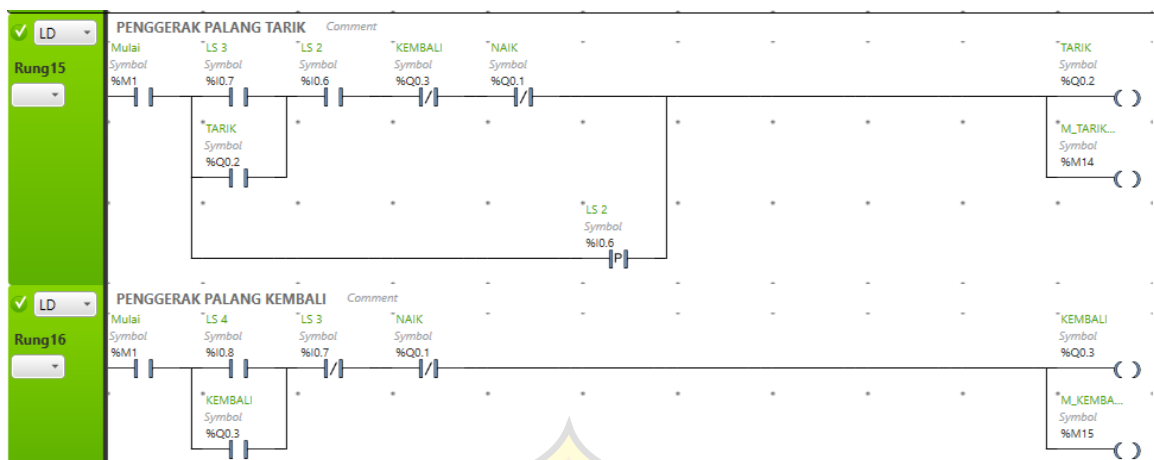
kemudian turun dan berhenti saat menyentuh *limit switch* 2, alamat *limit switch* 1 untuk palang turun yaitu %I0.5 dan *limit switch* 2 untuk palang naik %I0.6. Palang berputar digerakkan oleh motor DC dengan arah putaran CCW untuk turun menggunakan alamat *output* %Q0.0 dan motor DC dengan putaran CW untuk naik menggunakan alamat *output* %Q0.1. Pada diagram ladder ini menggunakan timer selama 4 detik yang berfungsi untuk menunggu nilai yang masuk ke memory %IW0.0 agar stabil sebelum didorong dari tempat pengisian. Diagram ladder palang pendorong dapat dilihat pada Gambar 4.23.



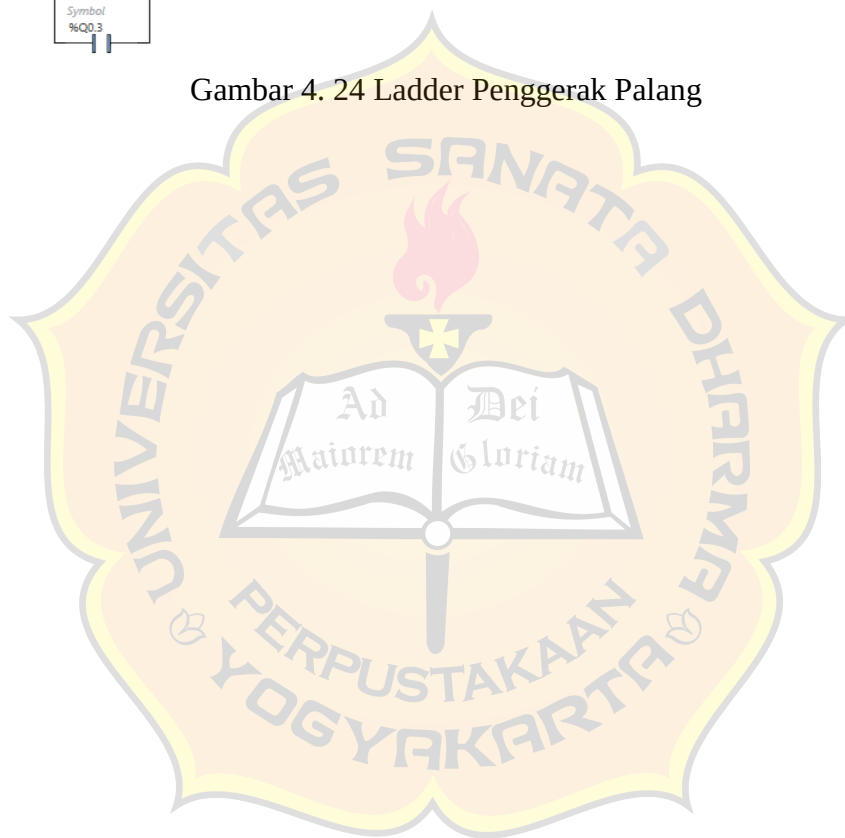
Gambar 4. 23 Ladder Palang Pendorong

4.4.7 Diagram Ladder Penggerak Palang

Diagram ladder penggerak palang bertujuan untuk menggerakkan palang yang akan mendorong wadah dari tempat pengisian. Ketika palang pendorong sudah turun menyentuh *limit switch* 2 maka penggerak palang akan berputar CW untuk menggerakkan palang yang akan membawa wadah yang telah terisi maupun tidak terisi dari tempat pengisian menuju tempat penyimpanan. Ladder penggerak palang digerakkan oleh motor dc yang berputar secara CW dan CCW dengan menggunakan 2 buah *limit switch* untuk mengubah arah putaran motor. Motor DC untuk tarik menggunakan alamat *output* Q0.2, motor dc untuk mengembalikan keposisi semula menggunakan alamat *output* Q0.3, *limit switch* 3 menggunakan alamat %I0.7 dan *limit switch* 4 menggunakan alamat %I0.8.



Gambar 4. 24 Ladder Penggerak Palang



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dari hasil pengujian sistem yang telah dibuat, maka didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem pengisian otomatis dengan variasi berat dan wadah dapat berjalan dengan baik. Sistem mampu mendeteksi ukuran wadah dan melakukan pengisian material sesuai dengan berat yang diinginkan operator dengan tingkat keberhasilan 99.3%.
2. Konveyor dapat berjalan dengan baik untuk mengantarkan wadah kosong yang akan diisi dan berhenti jika photodiode mendeteksi adanya wadah.
3. Sensor proximity kapasitif mampu mendeteksi ketersediaan wadah dalam bak penampung dengan tingkat keberhasilan 100%.
4. Sensor *loadcell* dapat menimbang kacang hijau dengan nilai rata-rata *error* setiap pengisian yaitu pada 100 gr sebesar 1.8%, 200 gr sebesar 0.8%, 300 gr sebesar 0.49%, 400 gr sebesar 0.52%, 500 gr sebesar 0.38% dan 600 gr sebesar 0.31%.
5. Komponen *limit switch* dapat membatasi setiap arah putaran motor CW dan CCW sehingga sistem dapat bekerja sesuai dengan perancangan.
6. Komunikasi antara PLC M221 dan Arduino UNO dapat berhasil dengan tingkat keberhasilan 100%.
7. Komunikasi antara PLC M221 dan Arduino UNO membutuhkan delay pengiriman data sehingga terkadang terdapat selisih antara nilai berat yang *diinput* dari operator dan nilai berat yang diukur dengan menggunakan timbangan digital.

5.2 Saran

Setelah melakukan pengujian maka diperoleh beberapa hal yang bisa menjadi saran untuk perkembangan lebih lanjut:

1. Alat ini hanya sampai pada proses pengisian dan pemindahan wadah dari tempat pengisian. Sistem dapat dikembangkan dengan berbagai fitur seperti melakukan pemilah berdasarkan ukuran S.M & L setelah melewati proses pengisian.
2. Memperbanyak referensi antara komunikasi dari *loadcell* ke PLC.

- 3 Perancangan *hardware* khususnya pada penempatan *load cell* dengan tempat pengisian untuk menimbang objek perlu diperhatikan agar tidak terjadi *error* pada saat penimbangan.



DAFTAR PUSTAKA

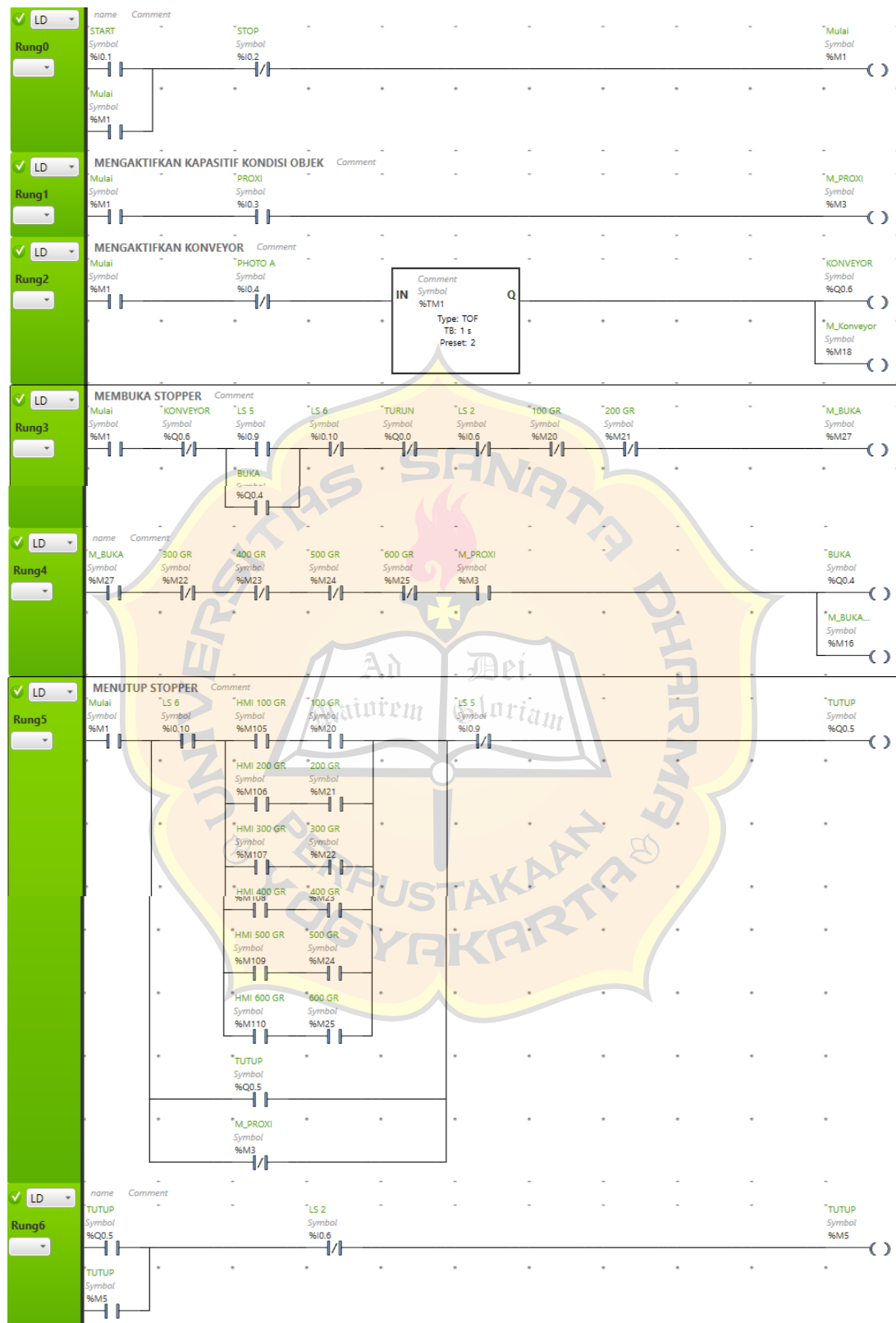
- [1] Abdi Yoanda, dkk, 2018, *Rancang Bangun Sistem Pengepakan Tepung Secara Otomatis Menggunakan Programmable Logic Controller*, Jurnal Tektro, vol.2, no.1.
- [2] Septi Subyarti, dkk., 2017, *Prototipe Sistem Pengisian Butir (Granule) Menggunakan Sensor Berat Berbasis PLC (Programmable Logic Controller)*, Jurnal Autocracy, 4(1): 10-19.
- [3] Ujang Wiharja, dkk., 2019, *Perancangan Sistem Pengisian Air Otomatis Dengan Conveyor Menggunakan Plc*, Jurnal Teknokris, vol.22, no.2.
- [4] Suyanto(1), Dedy Yulistyawan(2). 2007. Otomatisasi Sistem Pengendali Berbasis PLC Pada Mesin Vacuum Metalizer Coating. 9 (2). (Studi Kasus di PT. Astra Otoparts, TBK-Divisi Adiwira Plastik, Bogor) STIKOM : Surabaya.
- [5] Kitoma indonesia, *kitoma indonesia*. [Online] Available <http://kitomaindonesia.com/article/16/programmable-logic-controller>, diakses 11 November 2021.
- [6] Bolton, William., 2004, *Programmable Logic Controller (PLC) sebuah pengantar edisi ketiga*, Erlangga, Jakarta.
- [7] ----, 2020, *Modicon M221 Logic Controller Hardware Guide*, Schneider Electric.
- [8] ----, 2022, *Product data sheet Characterisistics*, Green Premium.
- [9] Kitoma indonesia, *kitoma indonesia*. <http://www.kitomaindonesia.com/article/23/load-cell-dan-timbangan>. diakses 19 April 2022
- [10] Beta Samuel dan Sri Astuti, *Modul Timbangan Benda Digital dilengkapi LED RGB dan Dflayer Mini*, ORBITH, Vol 15, No.1, Hal 10-15.
- [11] Petruzella, F. D., *Programmable Logic Controllers*, 4th ed, McGraw-Hill, New York.
- [12] Sadi Sumardi., 2015, *Rancang Bangun Sistem Eskalator Otomatis Menggunakan Sensor Photodiode dan Infrared (IR) Berbasis Mikrokontroler Atmega32*, Dinamika Umit, vol 1, no 1, hal 71-90.
- [13] Jatira, dkk, 2021, *Safety Mechanical (Prevention of Mechanical Hazards)*, CV. Penerbit Qiara Media, Pasuruan.
- [14] Budiharto, Widodo., 2014, *Robotika Modern - Teori dan Implementasi*, Andi, Yogyakarta.
- [15] iMe(iLearning Media), *Arduino Uno*, <https://ilearning.me/sample-page-162/arduino/pengertian-arduino-uno/>, diakses 20 Januari 2022

- [16] Wicaksono, Handy.,2009, *Programmable Logic Controller*, Graha Ilmu, Yogyakarta.

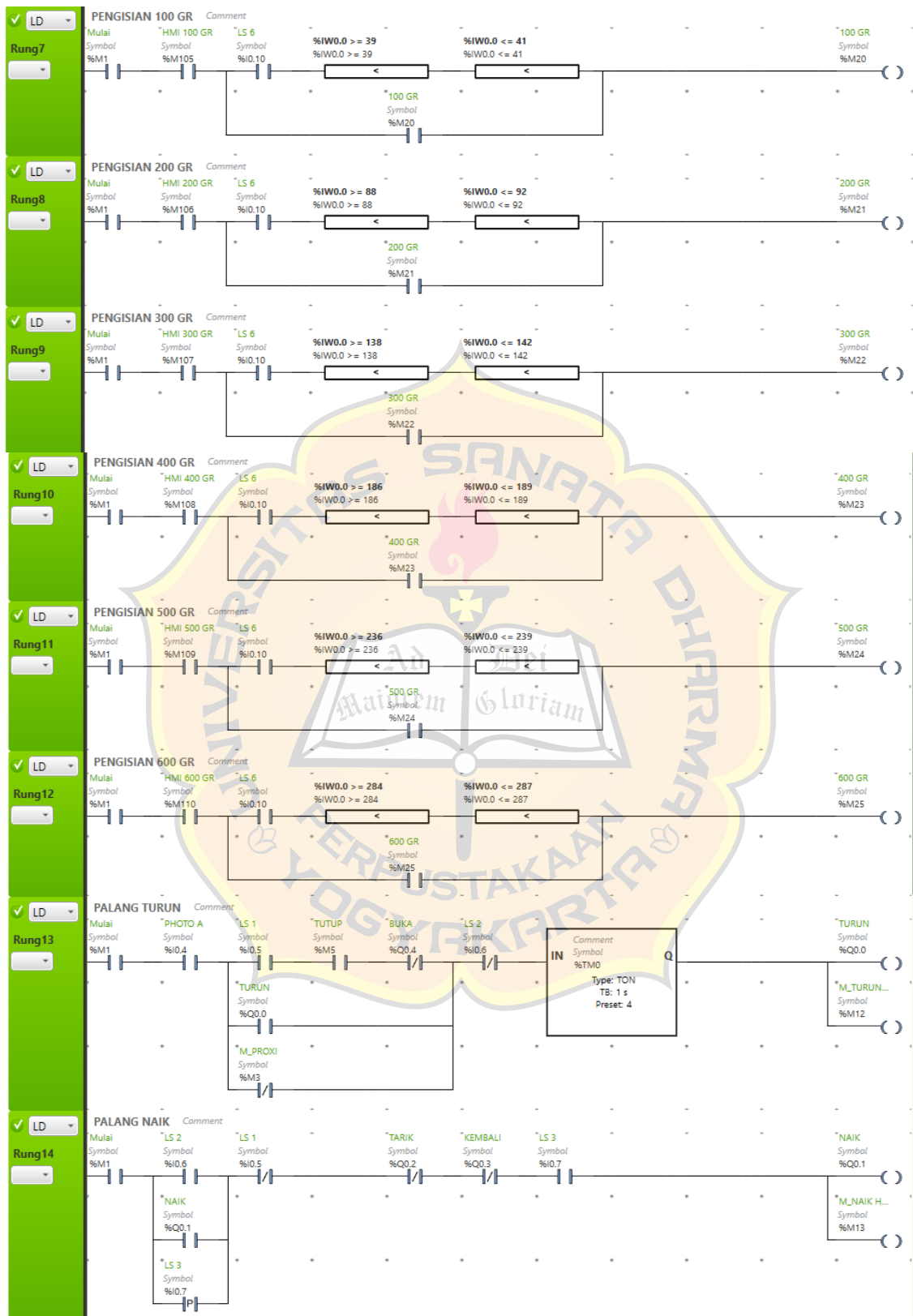




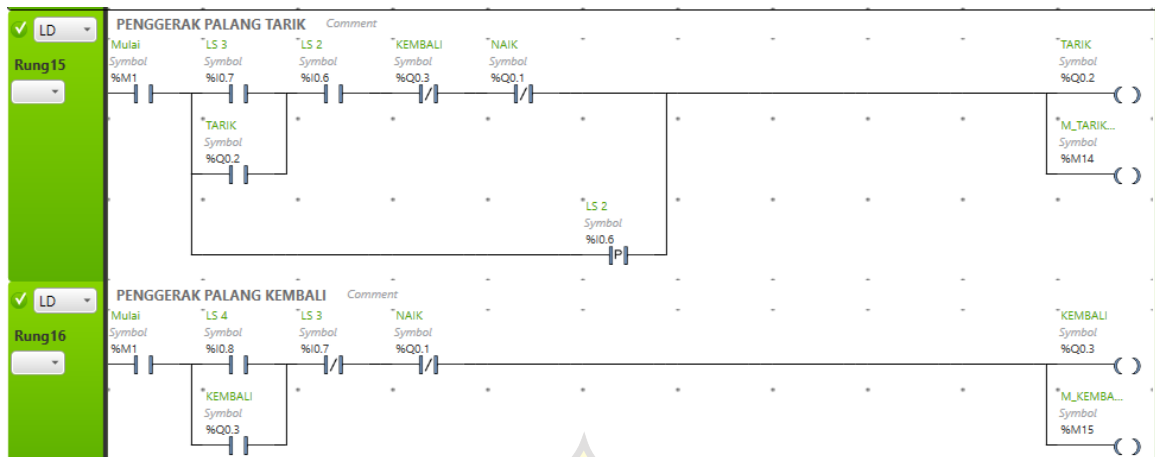
Lampiran 1: Program Ladder PLC



Lampiran 1. (Lanjutan) Program Ladder PLC



Lampiran 1. (Lanjutan) Program Ladder PLC



Lampiran 2: Program Arduino UNO

```
#include "HX711.h"
#define DOUT A1
#define CLK A0
HX711 scale;
float calibration_factor = -2380; //Hasil Kalibrasi
float units;
int PWM_out=3;
int benda;
void setup()
{
  pinMode(PWM_out, OUTPUT);
  Serial.begin(500000);
  scale.begin(DOUT, CLK);
  scale.set_scale();
  scale.tare();
  long zero_factor = scale.read_average();
  Serial.print("Zero factor: ");
  Serial.println(zero_factor);
}
void loop()
{
  scale.set_scale(calibration_factor);
  Serial.print("Reading: ");
  units = scale.get_units(), 1;
  if (units < 0.1)
  {
    units = 0.0;
  }
  else
  {
    units = units * 2.1 ;
  }
}
```

```

}
Serial.print("Berat: ");
benda = floor(units);
Serial.print(benda);
Serial.print(" Gram");
analogWrite(PWM_out,benda/4);
Serial.println();
delay(300);
}

```

Lampiran 3 : Data hasil perbandingan *loadcell* dengan hasil timbangan digital pada *input* 100 gr

No	Sensor <i>Loadcell</i> (Gram)	Timbangan digital (Gram)	Selisih (Gram)
1	101	101	0
2	104	104	0
3	99	99	0
4	102	102	0
5	102	103	1
6	104	104	0
7	103	103	0
8	101	101	0
9	99	99	0
10	103	103	0
11	100	100	0
12	105	105	0
13	101	102	1
14	103	103	0
15	97	97	0
16	99	99	0
17	98	98	0
18	101	101	0
19	103	103	0
20	101	101	0
Nilai rata-rata			0.1

Lampiran 4 : Data hasil perbandingan *loadcell* dengan hasil timbangan digital pada *input* 200 gr

No	Sensor <i>Loadcell</i> (Gram)	Timbangan digital (Gram)	Selisih (Gram)
1	196	196	0
2	198	198	0
3	195	196	1
4	198	198	0
5	200	200	0
6	199	198	1

7	197	197	0
8	201	200	1
9	198	198	0
10	199	199	0
11	196	196	0
12	201	200	1
13	202	201	1
14	196	196	0
15	200	200	0
16	198	198	0
17	200	200	0
18	198	198	0
19	201	201	0
20	200	200	0
Nilai rata-rata			0.25

Lampiran 5 : Data hasil perbandingan *Loadcell* dengan hasil timbangan digital pada *input* 300 gr

No	Sensor <i>Loadcell</i> (Gram)	Timbangan digital (Gram)	Selisih (Gram)
1	298	198	0
2	300	300	0
3	297	297	0
4	300	300	0
5	300	300	0
6	297	297	0
7	299	299	0
8	298	198	0
9	302	301	1
10	298	297	1
11	297	297	0
12	299	299	0
13	299	299	0
14	301	301	0
15	299	299	0
16	298	298	0
17	297	297	0
18	299	299	0
19	299	299	0
20	300	300	0
Nilai rata-rata			0.1

Lampiran 6 : Data hasil perbandingan *Loadcell* dengan hasil timbangan digital pada *input* 400 gr

No	Sensor <i>Loadcell</i> (Gram)	Timbangan digital (Gram)	Selisih (Gram)
1	402	402	0
2	400	399	1
3	401	401	0
4	401	400	1
5	405	405	0
6	404	404	0
7	402	402	0
8	400	400	0
9	399	399	0
10	403	403	0
11	403	403	0
12	403	403	0
13	400	400	0
14	401	401	0
15	404	404	0
16	406	405	1
17	405	404	1
18	400	400	0
19	402	402	0
20	400	401	1
Nilai rata-rata			0.25

Lampiran 7 : Data hasil perbandingan *Loadcell* dengan hasil timbangan digital pada *input* 500 gr

No	Sensor <i>Loadcell</i> (Gram)	Timbangan digital (Gram)	Selisih (Gram)
1	500	499	1
2	503	503	0
3	500	500	0
4	500	498	2
5	498	498	0
6	498	497	1
7	503	503	0
8	502	501	1
9	502	501	1
10	496	496	0
11	502	502	0
12	499	499	0
13	500	500	0
14	500	501	1
15	500	500	0
16	501	501	0
17	503	503	0
18	505	504	1

19	505	505	0
20	500	500	0
Nilai rata-rata			0.4

Lampiran 8 : Data hasil perbandingan *Loadcell* dengan hasil timbangan digital pada *input* 600 gr

No	Sensor <i>Loadcell</i> (Gram)	Timbangan digital (Gram)	Selisih (Gram)
1	603	603	0
2	602	602	0
3	600	600	0
4	604	604	0
5	600	602	2
6	599	600	1
7	603	602	1
8	602	602	0
9	603	603	0
10	599	598	1
11	600	600	0
12	603	603	0
13	599	599	0
14	604	604	0
15	602	602	0
16	600	600	0
17	601	601	0
18	598	598	0
19	602	602	0
20	601	600	1
Nilai rata-rata			0.3

Lampiran 9 : Data perwaktuan proses pengisian

No.	Waktu Proses Pengisian Setiap Pilihan Berat					
	100 Gr (detik)	200 Gr (detik)	300 Gr (detik)	400 Gr (detik)	500 Gr (detik)	600 Gr (detik)
1.	03.90	06.90	10.57	13.30	16.54	19.98
2.	04.32	06.98	11.10	13.39	16.53	20.32
3.	03.43	06.50	10.71	14.03	16.48	19.94
4.	03.49	06.20	11.09	14.20	16.20	20.73
5.	04.00	06.94	10.60	13.54	16.16	20.00
6.	04.20	06.70	10.34	13.22	16.53	19.99
7.	03.95	06.90	10.57	13.90	17.11	20.30
8.	03.89	06.54	10.50	14.00	16.66	21.00
9.	03.50	06.62	10.76	13.88	17.47	20.66
10.	03.52	06.86	10.51	14.20	17.52	20.23
11.	03.92	06.99	10.44	14.10	17.90	20.14

12.	04.30	06.82	10.40	14.22	16.71	21.11
13.	04.00	07.00	10.58	14.10	17.27	20.30
14.	03.33	06.45	10.24	14.40	16.57	21.30
15.	03.33	06.97	10.11	13.19	17.17	21.01
16.	03.90	06.84	10.37	14.42	16.57	20.90
17.	03.79	06.96	09.57	13.99	16.70	21.05
18.	03.90	06.69	10.23	13.67	18.08	20.50
19.	03.83	06.89	10.35	13.54	16.35	21.19
20.	03.85	06.80	10.10	13.22	16.90	20.95

Lampiran 10 : Analog Input PLC

