



TUGAS AKHIR (EE33410)

**Rancang Bangun Prototipe Sistem Magnet
Lifting Depalletizer Berbasis ESP32**

Muhammad Ali Zaenal Mutaqin
0423030042

Dosen Pembimbing:
Purwidi Asri, S.ST., M.T.

PROGRAM STUDI D3 TEKNIK KELISTRIKAN KAPAL
JURUSAN TEKNIK KELISTRIKAN KAPAL
POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI
SURABAYA
2026



PPNS POLITEKNIK
PERKAPALAN
NEGERI SURABAYA

TUGAS AKHIR (EE33410)

Rancang Bangun Prototipe Sistem Magnet *Lifting Depalletizer* Berbasis ESP32

Muhammad Ali Zaenal Mutaqin
0423030042

Dosen Pembimbing:
Purwidi Asri, S.ST., M.T.

PROGRAM STUDI D3 TEKNIK KELISTRIKAN KAPAL
JURUSAN TEKNIK KELISTRIKAN KAPAL
POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI
SURABAYA
2026

Halaman ini sengaja dikosong

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**RANCANG BANGUN PROTOTIPE SISTEM MAGNET LIFTING
DEPALLETIZER BERBASIS ESP32**

**Disusun Oleh:
Muhammad Ali Zaenal Mutaqin
0423030042**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Kelulusan
Program Studi D3 Teknik Kelistrikan Kapal
Jurusan Teknik Kelistrikan kapal
POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA**

**Disetujui oleh Tim penguji Tugas Akhir Tanggal Ujian : 8 Juli 2026
Periode Wisuda : Oktober 2026**

Menyetujui,

Dosen Penguji

NIDN

Tanda Tangan

- | | | |
|--------------------------------------|--------------------|---------|
| 1. Dr. Catur Rakhmad H, S.T., M.T. | (0025027303) | (.....) |
| 2. Purwidi Asri, S.ST., M.T. | (0003097105) | (.....) |
| 3. Dr. Perwi Darmajanti, S.S., M.Pd. | (0025097007) | (.....) |
| 4. Anggarjuna Puncak P, S.T., M.T. | (6535772673130252) | (.....) |

Dosen Pembimbing

NIDN

Tanda Tangan

- | | | |
|------------------------------|--------------|---------|
| 1. Purwidi Asri, S.ST., M.T. | (0003097105) | (.....) |
|------------------------------|--------------|---------|

Menyetujui

Ketua Jurusan,



Isa Rachman, ST., MT.

NIP. 198008162008121001

Mengetahui

Koordinator Program Studi,

Ii Munadhif, S.ST., M.T.

NIP. 199107102018031001

Halaman ini sengaja dikosongkan



PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

No. : F.WD I. 021

Date : 3 Nopember 2015

Rev. : 01

Page : 1 dari 1

Yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Ali Zaenal Mutaqin

NRP. : 0423030042

Jurusan/Prodi : Teknik Kelistrikan kapal/D3-Teknik Kelistrikan Kapal

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa :

Tugas Akhir yang akan saya kerjakan dengan judul :

Rancang Bangun Prototipe Sistem Magnet *Lifting Depalletizer* Berbasis ESP32

Adalah benar karya saya sendiri dan bukan plagiat dari karya orang lain.

Apabila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam karya ilmiah tersebut, maka saya bersedia menerima **sanksi** sesuai ketentuan peraturan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan penuh tanggung jawab.

Surabaya, 1 September 2026

Yang membuat pernyataan,


(Muhammad Ali Zaenal Mutaqin)
NRP.0423030042

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, karunia, dan kelancaran yang telah diberikan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Rancang Bangun Prototipe Sistem Magnet *Lifting Depalletizer* Berbasis ESP32” dengan baik dan tepat waktu. Laporan ini disusun dan diajukan sebagai salah satu syarat wajib untuk menyelesaikan pendidikan program studi D3 TEKNIK KELISTRIKAN KAPAL di POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA.

Penyelesaian Laporan Tugas Akhir ini tentu tidak terlepas dari bimbingan, arahan, dukungan, serta bantuan dari berbagai pihak, baik secara moril maupun materil. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Nur Zumairo , Abdul Rahman , Rahma Dewi selaku saudara penulis yang telah memberikan, dukungan materi serta doa yang senantiasa dipanjatkan sehingga penulis dapat menjalankan perkuliahan dengan baik
2. Ibu Purwidi Asri, S.ST., M.T selaku pembimbing yang telah meluangkan banyak waktu serta mengarahkan penulis dalam menyelesaikan proyek ini.
3. Anggarjuna Puncak Pujiputra, S.T., M.T., Dr. Catur Rakhmad Handoko, S.T., M.T., dan Dr. Perwi Darmajanti, S.S., M.Pd. selaku penguji yang telah memberikan segala masukan dalam proyek ini.
4. Seluruh Dosen dan Staff Departemen Teknik Kelistrikan Kapal Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya terutama para Dosen Lab elkadaya dan lab reparasi yang telah membantu segala aktivitas administrasi baik selama perkuliahan maupun dalam penyelesaian proyek ini.
5. Bapak/Ibu divisi appliead tecnology PT.X yang telah memberikan izin, fasilitas, bimbingan, serta wawasan langsung mengenai implementasi industri dan standar Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) selama pelaksanaan riset.
6. Seluruh teman-teman seperjuangan Teknik kelistrikan kapal angkatan 2023 yang senantiasa memotivasi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini .
7. Kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam penyelsain skripsi ini

Perjalanan dalam menyelesaikan masa studi dan tugas akhir ini merupakan sebuah proses pembuktian diri yang sangat panjang bagi penulis. Penulis selalu memegang teguh sebuah filosofi mendalam, “*Mari kita buktikan bahwa kuda yang dianggap cacat di luar stadion pun mampu memenangkan pertandingan Derby.*” Filosofi ini berjalan selaras dengan kisah nyata *Oguri Cap*, seekor kuda pacu legendaris yang di awal karirnya sangat diremehkan karena asal-usulnya dari desa terpencil dan keterbatasan fisiknya, namun berhasil mendobrak segala kemustahilan hingga menjuarai Arima Kinen 1988 melalui tekad dan usaha yang menembus batas.

Melalui Laporan Tugas Akhir ini, penulis yang tumbuh dengan keterbatasan ekonomi, tanpa adanya *privilege* (hak istimewa) sejak lahir, serta harus berjuang menghadapi keterbatasan fisik (*cadet*) sejak kecil, ingin mendedikasikan kelulusan dengan beasiswa penuh di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya ini sebagai bukti konkret. Bukti bahwa takdir, prestasi, dan masa depan tidak pernah ditentukan oleh seberapa sulit awal kita memulai, melainkan seberapa tangguh kita bertarung hingga mencapai garis akhir.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata, semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang teknik kelistrikan kapal dan otomasi industri.

Surabaya, juli 2026

Penulis

Muhammad Ali Zaenal Mutaqin

Rancang Bangun Prototipe Sistem Magnet *Lifting Depalletizer* Berbasis ESP32

Muhammad Ali Zaenal Mutaqin

ABSTRAK

Perkembangan teknologi industri menuju era Industri 4.0 menuntut penerapan sistem otomasi pada proses produksi. Proses penanganan material secara manual memiliki keterbatasan dari segi efisiensi dan keselamatan pekerja atau K3. Oleh karena itu, penelitian ini merancang sebuah mesin prototipe *Depalletizer* otomatis berbasis *mikrokontroler* ESP32. Tujuan utama alat ini adalah menggantikan kerja manual dalam proses *lifting* atau pemindahan beban material berupa plat logam. Sistem pencekeram material menggunakan aktuator magnet elektromagnetik. Seluruh operasi mesin diatur melalui sistem *Controlling* terpusat pada ESP32 yang memproses *input* dari sensor proximity dan *limit switch* agar alat berjalan sesuai alur mesin. Pengujian menunjukkan bahwa integrasi mekanik dan elektrik bekerja dengan sangat baik. Prototipe mesin mampu mengangkat material besi secara stabil hingga batas pembebanan 375 gram. Kinerja angkat ini dapat bekerja maksimal jika jarak celah (*gap*) antara material dan area efektif gaya tarik magnet berada pada rentang 0-1 mm. Hasil pengujian membuktikan bahwa alat ini mampu beroperasi 100% secara otomatis. Prototipe ini diharapkan dapat menjadi solusi andal untuk mengurangi risiko kecelakaan kerja sekaligus meningkatkan efisiensi industri manufaktur.

Kunci: *Depalletizer, K3, Lifting, Magnet, Controlling.*

Halaman ini sengaja dikosongkan

Design and Development of a Prototype Magnet Lifting Depalletizer System Based on ESP32

Muhammad Ali Zaenal Mutaqin

ABSTRACT

The development of industrial technology towards the Industry 4.0 era demands the application of automation systems in production processes. Manual material handling processes have limitations in terms of efficiency and worker safety or K3. Therefore, this research designs an automatic Depalletizer prototype machine based on the ESP32 microcontroller. The main purpose of this tool is to replace manual labor in the lifting process or transferring loads of metal plate materials. The material gripping system utilizes an electromagnetic magnet actuator. The entire machine operation is regulated through a centralized Controlling system on the ESP32, which processes inputs from proximity sensors and limit switches so the machine runs according to its flow. Testing shows that the mechanical and electrical integration works excellently. The machine prototype is capable of lifting iron material stably up to a load limit of 375 grams. This lifting performance works optimally if the gap distance between the material and the effective magnetic pull area is in the range of 0-1 mm. Test results prove that this tool can operate 100% automatically. This prototype is expected to be a reliable solution to reduce work accident risks while increasing manufacturing industry efficiency.

Keywords: *Depalletizer, K3, lifting, maagnet, Controlling.*

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	III
KATA PENGANTAR.....	IV
ABSTRAK	IX
ABSTRACT.....	XI
DAFTAR ISI	XIII
DAFTAR TABEL.....	XVII
DAFTAR GAMBAR	XIX
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan.....	3
1.4. Manfaat	3
1.5. Batasan Masalah.....	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Kajian Pustaka.....	5
2.2. Dasar Teori	6
2.2.1. <i>Depalletizer</i>	7
2.2.2. <i>Palletizer</i>	7
2.2.3. <i>Sistem Lifting</i>	7
2.2.4. Magnet gripper	7
2.2.5. ESP32.....	8
2.2.6. <i>Proximity</i>	9
2.2.7. <i>Limit switch</i>	10
2.2.8. Motor DC RS-775	11
2.2.9. <i>Power supply</i>	12
2.2.10. Relay	13
2.2.11. Pwm	14

2.2.12.	Magnet elektromagnet	15
2.2.13.	Silinder hydraulic	16
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN		18
3.1.	Tahapan penelitian	18
3.2.	Tahapan Indentifikasi	20
3.2.1.	Indentifikasi Masalah	20
3.2.2.	Studi Literatur.....	20
3.2.3.	Perumusan masalah	20
3.3.	Analisis Kebutuhan	21
3.4.	Desain Sistem	21
3.4.1.	Blok diagram	22
3.4.2.	Alur kontrol	22
3.5.	Perancangan mekanik	23
3.5.1.	Mekanik Depalletizer	23
3.5.2.	Desain prototipe.....	24
3.5.3.	Desain secara industri.....	27
3.6.	Perancangan Elektrik	27
3.6.1.	<i>Wiring</i> diagram	28
3.6.2.	<i>Wiring</i> Elektrik intergrasi	33
3.6.3.	Keamanan	34
3.6.4.	Elektrikal secara industri	34
3.7.	Perancangan <i>Software</i>	38
3.7.1.	Pemograman <i>prototype</i>	38
3.7.2.	Pemograman industri.....	39
3.8.	Rancangan pengujian.....	42
3.8.1.	Pengujian parsial	42
3.8.2.	Pengujian intergrasi dan parameter	42
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN		45
4.1.	Hasil Penelitian.....	45
4.1.1.	Pengujian parsial	45

4.1.1.1.	Pengujian sensor <i>proximity</i>	45
4.1.1.2.	Pengujian motor dc	47
4.1.1.3.	Pengujian magnet	48
4.1.1.4.	Pengujian silinder	50
4.1.1.5.	Pengujian relay	51
4.1.1.5.1.	Relay dc	51
4.1.1.5.2.	Relay ac	52
4.1.1.6.	Kalibrasi <i>power supply</i>	53
4.1.1.7.	Pengujian limit switch	53
4.1.2.	Pengujian parsial dengan mekanik	54
4.1.2.1.	Pengujian penggerak <i>Depalletizer</i>	54
4.1.2.2.	Pengujian <i>lifting</i>	55
4.1.2.3.	Pengujian posisi <i>Depalletizer</i>	56
4.1.2.4.	Pengujian <i>homing</i>	57
4.1.2.5.	Pengujian <i>auto start</i>	57
4.2.	Pengujian <i>intergrasi</i>	58
4.3.	Desain akhir <i>Depalletizer</i>	64
BAB 5.	KESIMPULAN DAN SARAN	67
5.1.	Kesimpulan	67
5.2.	Saran	69
DAFTAR PUSTAKA		71
LAMPIRAN		73

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 2.3 spesifikasi silinder	16
Tabel 3.1 komponen yang dibutuhkan	21
Tabel 3.2 Pengujian parsial	42
Tabel 3.3 pengujian intergrasi	42
Tabel 4.1 pengujian proximity	46
Tabel 4.2 pengujian motor dc	47
Tabel 4.3 pengujian motor dc pengganti	47
Tabel 4.4 pengujian magnet	49
Tabel 4.5 pengujian penggerak Depalletizer	55
Table 4.6 Table pengujian lifting.....	56
Tabel 4.7 pengujian intergrasi Depalletizer plat 1	59
Tabel 4.8 pengujian intergrasi dengan plat 2.....	60
Tabel 4.9 pengujian intergrasi plat 3	61
Tabel 4.10 penngujian inntergrasi plat 4	62

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 magnet gripper (HVR MAG)	8
Gambar 2.2 ESP32 (Electrins, 2023)	8
Gambar 2.2 Tabel pin I/O ESP32.....	9
Gambar 2.3 proximity sensor	10
Gambar 2.4 limit swith	11
Gambar 2.5 motor DC.....	11
Gambar 2.6 <i>power supply</i>	12
Gambar 2.7 spesifikasi my2n (datasheet my2n)	14
Gambar 2.8 <i>wiring</i> sederhana modular <i>relay</i>	14
Gambar 2.9 magnet elektromagnet	15
Gambar 2.10 Spesifikasi magnet (datasheet elock-300)	16
Gambar 2.11 motor dc silinder.....	16
Gambar 3.1 flowchart penelitian.....	19
Gambar 3.2 Blok Diagram	22
Gambar 3.3 flowchart alur sistem	23
Gambar 3.4 Desain tampak belakang.....	24
Gambar 3.5 Desain tampak kanan	25
Gambar 3.6 Desain tampak depan	26
Gambar 3.7 Desain tampak kiri	26
Gambar 3.8 <i>wiring power supply</i>	28
Gambar 3.9 <i>wiring</i> kontrol power.....	29
Gambar 3.10 <i>wiring</i> mikrokontroler	30
Gambar 3.11 <i>wiring</i> selenoid	31
Gambar 3.12 <i>wiring</i> magnet.....	31
Gambar 3.13 perancangan <i>wiring</i> proximity	32
Gambar 3.14 perancangan LCD I2C.....	32
Gambar 3.15 <i>wiring</i> terintegrasi	33
Gambar 3.16 <i>wiring</i> inverter	35
Gambar 3.17 <i>wiring</i> industri magnet kontrol.....	35
Gambar 3.18 <i>wiring</i> PLC inputpin.....	36

Gambar 3.19 <i>wiring</i> PLC output pin	37
Gambar 3.20 Arduino IDE.....	39
Gambar 3.21 main program.....	39
Gambar 3.22 ladder manual.....	40
Gambar 3.23 ladder <i>homing</i>	40
Gambar 3.24 ladder auto	41
Gambar 3.25 ladder fault.....	41
Gambar 4.1 Proximity kondisi jarak 2cm.....	46
Gambar 4.2 pengujian parsial motor	48
Gambar 4.3 magnet pada gap 2 mm	48
Gambar 4.4 magnet pada gap 0mm	49
Gambar 4.5 silinder masuk.....	50
Gambar 4.6 serial perintah <i>relay</i>	51
Gambar 4.7 pengujian simulasi <i>relay</i>	51
Gambar 4.8 pengujian sistem <i>relay</i> ac.....	52
Gambar 4.9 kondisi tidak ditekan.....	53
Gambar 4.10 kondisi ditekan.....	54
Gambar 4.11 posisi <i>Depalletizer</i>	56
Gambar 4.12 <i>homing</i> proses	57
Gambar 4.13 coding <i>homing</i>	57
Gambar 4.14 mode auto proses	58
Gambar 4.15 pengujian 1 plat 125gram	60
Gambar 4.16 pengujian dengan 2 plat 250gram.....	61
Gambar 4.17 pengujian dengan 3 plat 375gram.....	62
Gambar 4.18 desain akhir <i>Depalletizer</i>	65

BAB 1.

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia termasuk dalam negara industri yang besar. Banyak sekali mesin industri yang bekerja setiap hari di negara ini. Untuk menghadapi transformasi menuju Industri 4.0 dari level 0 sampai level 4, diperlukan penerapan konsep Industri 4.0 dalam sistem produksi. Metode *self-assessment* dalam penilaian kesiapan industri ini dilakukan dengan pihak industri mengisi survei secara daring, kemudian dilanjutkan dengan verifikasi lapangan secara langsung yang dilakukan oleh para ahli. Hasilnya menunjukkan bahwa perusahaan manufaktur di Indonesia pada tahun 2019 memiliki indeks kesiapan rata-rata hanya sebesar 2,14 (kesiapan sedang). Hasil ini menunjukkan bahwa perusahaan manufaktur di Indonesia masih kurang dalam penerapan teknologi, termasuk PT. X.

PT. X merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang otomotif, khususnya dalam pembuatan *spring* untuk kendaraan berat dan ringan. Dalam proses pembuatan *spring*, terdapat banyak tahapan proses yang dilakukan, seperti *cutting*, *quenching*, dan proses lainnya. Material yang diproses juga memiliki volume produksi yang besar. Oleh karena itu, perkembangan teknologi sangat diperlukan. Menurut Bustami (2025), Indonesia menyumbang angka kecelakaan kerja tertinggi, yaitu sekitar 63,6%. Kecelakaan kerja pada PT. X pun sering terjadi, seperti tertindih material, terjepit material, dan terkena material panas. Oleh karena itu, penggunaan mesin otomatis atau robot *Depalletizer* maupun *palletizer* menjadi sangat penting untuk mengurangi jumlah kecelakaan kerja serta meningkatkan efisiensi kerja.

Depalletizer merupakan bagian dari sistem yang berfungsi sebagai mesin pemindahan material dari *line* satu ke *line* lainnya. Mekanisme ini dirancang untuk menopang, mengangkat, dan memindahkan material secara terkontrol. Umumnya, mesin ini digunakan pada proses pembongkaran atau pada awal proses produksi, serta di tengah proses produksi agar pemindahan material dari satu proses ke proses

produksi berikutnya dapat dilakukan dengan cepat dan efisien. Sementara itu, *palletizer* memiliki prinsip kerja yang serupa dengan *Depalletizer*, namun *palletizer* bertugas untuk menumpuk material hasil produksi yang telah melalui proses *quality control* dan umumnya berada di akhir proses produksi.

Selama pelaksanaan *On the Job Training*, mesin *Depalletizer* sebenarnya sudah diterapkan di perusahaan, namun penerapannya masih belum merata dan masih banyak proses yang dilakukan secara manual. Oleh karena itu, pengembangan mesin *Depalletizer* terus dilakukan. Dalam proses pengembangan mesin *Depalletizer*, penulis berperan langsung dalam perancangan dan pembuatan sistem *Depalletizer* bersama tim PT. X. Sistem yang dikembangkan selama proyek ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan keselamatan dalam proses pemindahan material.

Skala industri, mesin *Depalletizer* di PT. X menggunakan mekanisme *lifting* dengan silinder pneumatik dan sistem *magnet gripper* EPM (*Electro Permanent Magnet*). Pada sistem tersebut digunakan dua jenis sensor, yaitu sensor *reed switch* dan sensor *proximity*, untuk mendeteksi material dan posisi *Depalletizer*. Pada skala industri ini, material yang dapat diangkat mencapai 320 kg. Nilai tersebut termasuk dalam kategori material berat yang mustahil dipindahkan secara manual menggunakan tenaga manusia. Penerapan sistem otomasi seperti ini sejalan dengan perkembangan teknologi *palletizing* dan *depalletizing* modern yang tidak hanya berfokus pada efisiensi, tetapi juga pada aspek keselamatan kerja. Hal ini juga didukung oleh penelitian Jeng-Dao Lee, (2021) yang menunjukkan bahwa sistem *palletizer* cerdas mampu meningkatkan keamanan dan akurasi proses penanganan material melalui integrasi sensor dan sistem kendali yang terstruktur.

Penelitian ini dilakukan untuk merancang dan membuat sistem *magnet Lifting Depalletizer* dalam skala prototipe sebagai sarana pengenalan konsep *Depalletizer* pada skala akademik. Dalam proses perancangan prototipe digunakan metode VDI 2222, yang meliputi tahap perencanaan, konseptualisasi, perancangan, dan penyelesaian desain. Dengan adanya prototipe ini, diharapkan dapat memberikan Gambaran nyata mengenai penerapan sistem otomatis *Depalletizer* serta kontribusinya dalam meningkatkan keselamatan dan efisiensi proses penanganan material di industri.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perancangan *prototype* sistem magnet *Lifting Depalletizer* berbasis ESP32?
2. Bagaimana integrasi sistem mekanik, elektrik dan *software* dalam mendukung sistem *Depalletizer*
3. Berapa batas maksimum dari gaya angkat magnet dan perpindahan material pada skala *prototype*?

1.3. Tujuan

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui bagaimana merancang dan membangun prototipe sistem magnet *Lifting Depalletizer* berbasis ESP32.
2. Mengimplementasikan sistem kontrol otomatis menggunakan sensor, aktuator, dan mikrokontroler ESP32.
3. Menguji kinerja sistem magnet *lifting* dan seberapa kuat magnet pada prototipe.type.

1.4. Manfaat

Penulisan tugas akhir ini diharapkan dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membutuhkan, adapun manfaat antara penulisan anatar lain:

1. Bagi peneliti guna menambah wawasan, pengetahuan dan sekaligus sebagai memenuhi tugas akhir dan mendapatkan gelar ahli madya teknik dari program studi diploma Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
2. Bagi Institusi atau PPNS, hasil penelitian dapat menjadi dokumen akademik yang berguna untuk acuan bagi civitas akademik dan prototipe yang di hasilkan dapat digunakan sebagai media pembelajaran praktik bagi mahasiswa, meningkatkan pemahaman mereka tentang sistem mesin industri manufaktur

3. Bagi industri manufaktur, penelitian ini dapat memberikan solusi alternatif untuk kontrol sistem otomatis *Depalletizer*, sehingga dapat meningkatkan keselamatan dan mengurangi risiko kerugian

1.5. Batasan Masalah

Ruang lingkup permasalahan dalam tugas akhir ini akan difokuskan didalam batasan masalah pada hal-hal berikut:

1. Penelitian ini berfokus pada sistem prototipe sistem magnet *Lifting Depalletizer*
2. Pada penelitian material yang di pindahkan hanya berupa metal atau besi
3. Sistem hanya berkerja secara otomatis tidak bisa manual.

BAB 2.

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kajian Pustaka

Pada artikel Isna (2025), “Rancang Bangun Sistem Otomasi Palletizing Menggunakan Model Pemrograman Industri Berorientasi”, dijelaskan bahwa perkembangan teknologi industri menuju era Industri 4.0, khususnya di Indonesia, harus diimbangi dengan penerapan sistem otomasi pada proses produksi. Salah satu proses yang masih banyak dilakukan secara manual di industri adalah proses palletizing, yaitu proses penataan atau peletakan produk hasil produksi ke dalam pallet atau conveyor untuk proses distribusi selanjutnya. Proses manual tersebut memiliki keterbatasan dari segi efisiensi, konsistensi kerja, serta keselamatan operator.

Penelitian ini menekankan pentingnya penerapan sistem otomatis berbasis pemrograman industri untuk menggantikan proses manual, sehingga proses palletizing dapat berjalan lebih cepat, terstruktur, dan aman. Sistem otomasi yang dirancang mampu meningkatkan efisiensi proses produksi serta mengurangi ketergantungan pada tenaga manusia. Jurnal ini digunakan sebagai referensi untuk menunjukkan bahwa penerapan mesin *palletizer* dan *Depalletizer* otomatis merupakan bagian penting dalam mendukung transformasi teknologi industri di Indonesia.

Pada artikel Dao Lee (2021) “Intelligent Robotic Palletizer System” tersebut dijelaskan bahwa sektor logistik dan manufaktur merupakan industri yang sangat penting dan tidak dapat dipisahkan. Saat ini terdapat cukup banyak penerapan mesin otomatis dalam penumpukan barang di industri. Dalam beberapa tahun terakhir telah dikembangkan berbagai perangkat lunak palletizer otomatis. Pada penelitian yang dilakukan Dao Lee, digunakan mekanisme robotik yang cukup kompleks, sedangkan pada penelitian proyek ini digunakan sistem silinder hidrolik. Namun demikian, sebagian besar sistem tersebut belum dilengkapi dengan mekanisme terhadap ketepatan pada susunan dan keselamatan personel.

Penelitian yang dilakukan oleh Jeng-Dao Lee ini mengembangkan sistem palletizer yang berdasarkan pada algoritma simetris yang dikembangkan oleh penulis, sehingga ketepatan proses penumpukan dapat terjamin dan tingkat

keselamatan kerja dapat ditingkatkan. Jurnal ini digunakan untuk menjelaskan pentingnya integrasi antara *software* dan hardware agar dapat bekerja dengan baik.

Pada jurnal yang di tulis oleh Bustami (2025) yang berjudul “Perancangan Semi Automatic Material Handling and Feeding Machine pada Industri Pembuatan Baut “ini dijelaskan bahwa sektor manufaktur dan konstruksi di Indonesia menyumbang angka kecelakaan kerja yang cukup tinggi, yaitu sekitar 63,6%, dengan jenis kecelakaan yang paling sering terjadi berupa terjepit dan tergores. Kecelakaan tersebut umumnya terjadi pada aktivitas material handling dan proses pemotongan yang masih dilakukan secara manual. Oleh karena itu, diperlukan penggantian proses manual dengan mesin yang lebih aman sesuai dengan hierarki pengendalian risiko.

Penelitian ini merancang mesin semi-automatic material handling and feeding untuk menggantikan proses manual, dengan tujuan mengurangi risiko kecelakaan kerja sekaligus meningkatkan efisiensi produksi. Proses perancangan mesin dilakukan menggunakan metode VDI 2222, yang meliputi tahap perencanaan, konseptualisasi, perancangan, dan penyelesaian desain. Jurnal ini dijadikan referensi dalam penelitian ini karena relevan dengan proses perancangan mesin *Depalletizer*, pada penelitian yang dilakukan oleh Bustami material yang di pindahkan berupa baut dan untuk melakukan perpindahan dari proses satu ke proses selanjutnya menggunakan *conveyor* sedangkan pada penelitian yang di lakukan pada proyek ini menggunakan sistem *lifting* magnetic untuk memindahkan plat besi dari proses satu ke proses selanjutnya.

hal ini sangat relevan dengan penelitian pada proyek ini khususnya dalam penerapan metode desain yang sistematis agar sistem yang dirancang dapat direalisasikan dengan baik dan aman.

2.2. Dasar Teori

Subbab ini menjelaskan tentang dasar teori dalam pembuatan sistem *Depalletizer*.

2.2.1. *Depalletizer*

Depalletizer melibatkan pemindahan material dari pallet untuk dipindahkan ke pallet lain atau conveyor selanjutnya. Mesin ini umumnya digunakan pada saat pembongkaran material dan di tengah proses produksi. Pada proses ini umumnya bisa menggunakan sistem *lifting* ataupun robot, tergantung pada jenis material, kapasitas beban, serta tingkat otomasi yang digunakan.

2.2.2. *Palletizer*

Paletizer melibatkan pemindahan material untuk disusun dan penempatan material dari proses produksi. Mesin ini umumnya digunakan pada tahap akhir proses produksi sebelum produk masuk ke proses kontrol kualitas dan didistribusikan. Penggunaan *palletizer* bertujuan untuk meningkatkan efisiensi penanganan material dan agar susunan produk bisa tertumpuk dengan rapi serta mengurangi risiko kecelakaan kerja.

2.2.3. Sistem *Lifting*

Lifting adalah prosedur yang akan dilakukan saat melakukan pengangkatan atau pemindahan beban berat dari satu tempat ke tempat lain. Proses ini sangat penting untuk memastikan bahwa kegiatan pengangkatan dilakukan dengan aman dan sesuai dengan standar keselamatan kerja yang telah ditetapkan.

Berdasarkan prinsip kerja, sistem *lifting* dibagi menjadi beberapa jenis tergantung pada karakteristik material, kapasitas beban, serta kebutuhan proses produksi. Penerapan sistem *lifting* yang tepat dapat meningkatkan efisiensi kerja, mengurangi ketergantungan pada tenaga manusia serta risiko kecelakaan kerja.

2.2.4. Magnet *gripper*

Magnet *gripper* merupakan alat yang penting dalam sistem otomatisasi robotik. Dengan memahami prinsip kerja magnet *griper*, aplikasi, dan manfaat.

Cara kerjanya berdasarkan prinsip magnetisme, menggunakan medan magnet untuk memegang dan melepaskan material.

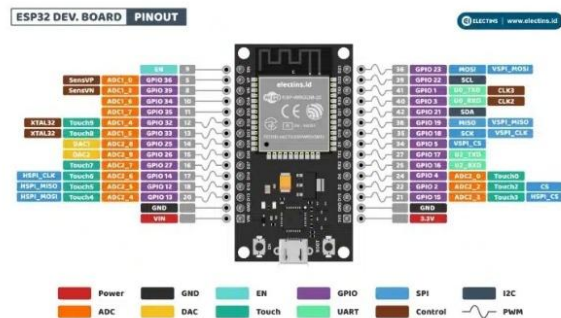


Gambar 2.1 magnet gripper (HVR MAG)

2.2.5. ESP32

ESP32 adalah chip dengan Wi-Fi 2.4 GHz dan Bluetooth dengan desain teknologi 40 nm yang dirancang untuk daya dan kinerja radio terbaik yang menunjukkan ketahanan, kesegeraan, dan keandalan dalam berbagai aplikasi dan skenario daya (Expressif Sistem,2019).

ESP32 merupakan salah satu *mikrokontroler* dengan fitur mode Wi-Fi dan Bluetooth yang digunakan untuk mempermudah pengguna dalam membuat berbagai sistem IoT.



Gambar 2.2 ESP32 (Electrins, 2023)

Gambar 2.2 adalah gambar ESP32 model devkit v1 dengan pin berjumlah 39. Setiap pin memiliki kegunaannya masing-masing, antara lain dapat dilihat pada Gambar 2.2 di bawah ini.

GPIO	Input	Output	Notes
0	Pulled up	OK	Outputs PWM signal boot
1	TX Pin	OK	Debug output at boot
2	OK	OK	Connected to on-board LED
3	OK	RX Pin	High at boot
4	OK	OK	
5	OK	OK	Outputs PWM signal at boot
6	x	x	Connected to the integrated SPI Flash
7	x	x	Connected to the integrated SPI Flash
8	x	x	Connected to the integrated SPI Flash

29	OK	OK
30	OK	OK
31	OK	OK
32	OK	OK
33	OK	OK
34	OK	
35	OK	
36	OK	Input only
37	OK	Input only
38	OK	Input only
39	OK	Input only

Gambar 2.2 Tabel pin I/O ESP32

2.2.6. Proximity

Proximity adalah salah satu sensor yang sering digunakan pada setiap proyek skala industri maupun proyek kecil. Sensor ini bisa mendeteksi benda yang ada di dekatnya, tapi tidak semua benda bisa terdeteksi tergantung pada jenis proximity-nya.

Pada proyek ini, proximity yang digunakan adalah jenis detektor logam induktif. Sensor *proximity induktif* ini merupakan salah satu dari beberapa jenis sensor proximity. Jenis ini dipilih karena sensor ini dilengkapi dengan beberapa fitur, seperti output sensor jarak yang terdiri dari dua jenis, yakni versi analog dan digital. Terdapat juga fitur seperti osilator yang umumnya digunakan untuk membangkitkan gelombang pada frekuensi yang stabil, dan koil untuk menginduksi

medan elektromagnetik. Oleh sebab itu, sensor ini dipilih untuk pendeteksi material.



Gambar 2.3 proximity sensor

2.2.7. *Limit switch*

Limit switch berfungsi sebagai pendeteksi posisi berbagai sistem mekanis. Ketika suatu objek mencapai titik yang ditentukan, kontak switch akan berubah posisi, baik menjadi terbuka maupun tertutup, yang kemudian mengirim sinyal ke *mikrokontroler* ataupun perangkat lainnya.

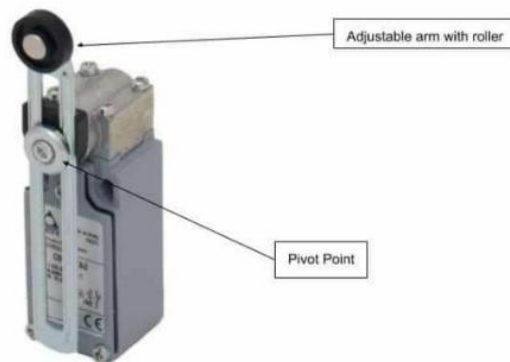
Pemilihan swicth ini tentu penuh dengan pertimbangan dari kegunaan dan biaya yang dibutuhkan pada proyek ini, ada beberapa alasan kenapa pada proyek ini menggunakan swicth ini sebagai pendeteksi posisi *Depalletizer*

1. Kemampuan penginderaan teknologi

Perangkat ini sangat familiar dan kompatibel dengan teknologi penginderaan yang lebih sederhana, memudahkan intergrasinya dalam sistem yang membutuhkan deteksi sederhana atau basis teknologi

2. Biaya rendah

Perangkat ini tergolong biayanya yang relatif rendah, membuat menjadi pilihan yang ekonomis untuk banyak aplikasi industri atau pun proyek kecil



Gambar 2.4 limit swicth

2.2.8. Motor DC RS-775

Motor DC merupakan salah satu penggerak utama yang banyak digunakan pada industri modern seperti industri manufaktur . motor DC adalah perangkatn yang mengubah energi listrik menjadi kinetik atau gerakan Motor DC ini menghasilkan sejumlah putaran per menit atau biasanya dikenal dengan istilah RPM (revolutions per minute) dan dapat dibuat berputar searah jarum jam maupun berlawanan arah jarum jam apabila polaritas listrik yang diberikan pada Motor DC tersebut dibalik. Pada prinsipnya motor listrik DC menggunakan fenomena elektromagnet untuk bergerak. Ketika arus listrik diberikan ke kumparan, permukaan kumparan yang bersifat utara akan bergerak menghadap ke magnet yang berkutub selatan dan kumparan yang bersifat selatan akan bergerak menghadap ke utara magnet



Gambar 2.5 motor DC

2.2.9. Power supply

Power supply atau catu daya merupakan komponen utama dalam perangkat elektronik yang berfungsi sebagai penyedia energi listrik. Pada proyek ini, power supply yang digunakan ada 2 jenis, yaitu power supply 5 V 3 A sebagai sumber daya untuk menghidupkan ESP32, relay, servo, dan lainnya, lalu power supply 12 V 5 A sebagai sumber tegangan motor *Depalletizer* dan magnet gripper.



Gambar 2.6 power supply

1. Spesifikasi: *power supply* 12V/5A

=====

- *Power supply* Switching 12V 5A Murni 60W
- Sumber tegangan *input*: 110-240 V AC
- Tegangan *Output* : 12V DC
- Daya maksimal : 5A (60W)
- Dilengkapi Proteksi
- Dimensi : P 11 x L 7.8 x T 3,6 (CM)

2. Spesifikasi: Power supply 5V/5A

=====

-*input*Voltage : 110V-230V

-*Output* Voltage : 5V DC.

-*Output* Current : 0~5..5A.

-Shell Material : Metal case / Aluminum base.

Protection : Shortage Protection, Overload Protection, Over Voltage Protection.

-Safety Compliance : CCC/ FCC / CE.

-Working Temperature : 0 - 40.

-Storage Temperature : -20 - 60.

-Ambient Humidity : 0 - 95% Non-Condensation.

2.2.10. *Relay*

Relay adalah komponen elektrik yang sering kali di gunakan di industri, *relay* berfungsi sebagai sakelar elektromagnetik yang apat mengontrol aliran listrik pada rangkaian pada proyek ini *relay* yang digunaka ada 2 jenis yaitu *relay* dengan sistem transistor dan *relay* dengan sistem mekanik.

1. My2n

Relay My2N adalah *relay* yang berbasis mekanik dengan memanfaatkan sistem elektromagnetik koil. Ketika tegangan 220–240 V AC mengalir pada lilitan koil, akan dihasilkan medan magnet. Medan magnet tersebut akan menarik armature sehingga menyebabkan perubahan posisi pada kontak di dalam *relay*. Sistem inilah yang memungkinkan terjadinya proses penyambungan atau pemutusan rangkaian listrik pada sisi kontak *relay*.

Relay ini memiliki dua kontak yang memungkinkan pengendalian dua sistem sekaligus, dan *relay* my2n memiliki current rating 5 A. Ini cukup sebagai pengaman dari *power supply* karena batas dari *power supply* juga memiliki current rating 5 A.

Pada proyek ini my2n yang digunakan memiliki spesifikasi

Manufacturer Product Number:	MY2N-CR AC220/240	Manufacturer:	Omron Automation and Safety
Series:	MY	Product Status:	Obsolete
Mounting Type:	Socketable	Coil Voltage:	240VAC
Contact Form:	DPDT (2 Form C)	Contact Rating (Current):	5 A
Switching Voltage:	250VAC, 125VDC - Max	Coil Current:	12.8 mA
Coil Type:	Non Latching	Features:	Lighted Indicator, RC Circuit
Termination Style:	Plug In	Seal Rating:	-
Coil Insulation:	-	Must Operate Voltage:	192 VAC
Must Release Voltage:	72 VAC	Operate Time:	20 ms
Release Time:	20 ms	Operating Temperature:	-55°C ~ 60°C
Contact Material:	Silver (Ag)	Relay Type:	General Purpose
Coil Resistance:	18.79 kOhms	Base Product Number:	MY2N-CR

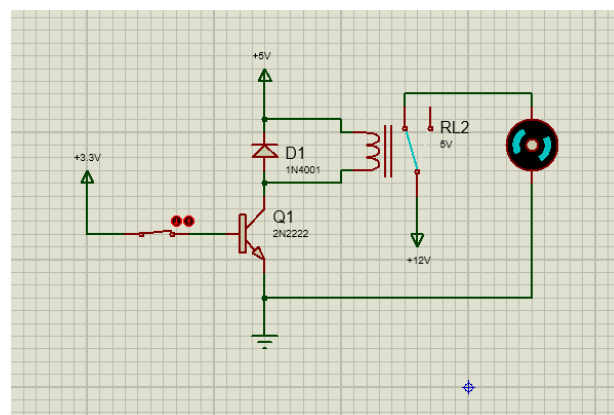
Gambar 2.7 spesifikasi my2n (datasheet my2n)

Pada proyek ini *relay* tersebut digunakan untuk proteksi awal pada proyek ini dan di gunakan untuk emergency *relay* ketika terjadi abnormality.

2. Modular *Relay* DC

Sama halnya dengan *relay* pada umumnya, *relay* dc menggunakan sistem mekanik, tapi modular *relay* menggunakan 2 sistem *relay*, yaitu mekanik *relay* dari *relay* dc itu sendiri dan menggunakan sistem transistor/MOSFET sebagai penerima sinyal dari *mikrokontroler*.

Kenapa menggunakan modular *relay* karena tegangan dari pin *output mikrokontroler* umumnya hanya 3.3 VDC, sedangkan umum yang ada di pasar *relay* spdt ataupun dpdt pemicu coil-nya menggunakan tegangan 5 VDC. Maka dari itu dibutuhkanlah transistor sebagai perantara antara sinyal *mikrokontroler* ke *relay*.



Gambar 2.8 wiring sederhana modular *relay*

2.2.11. Pwm

Pwm (*pulse width modulation*) adalah salah satu alat elektronik yang dapat memanipulasi lebar sinyal pulsa dari gelombang elektronik dalam suatu periode. Untuk mendapatkan nilai tegangan rata-rata yang berbeda. Pwm merupakan salah satu teknik yaang digunakan sering digunakan pada proyek proyek untuk mengendalikan power atau tegangan yang akan digunakan dengan mengirim isyarat dalam bentuk sinyal.

Pwm digunakan untuk mengendalikan duty cycle pada sinyal yang akan digunakan untuk menggerakkan motor sehingga kecepatan motor dapat dikendalikan (Faisal Azizy, 2022)

2.2.12. Magnet elektromagnet

Magnet adalah salah satu komponen penting pada proyek ini karena proyek ini menggunakan magnet sebagai gripper *lifting*-nya. Magnet adalah benda yang memiliki kemampuan menarik sesuatu yang mengandung bahan tertentu. Magnet memiliki 3 jenis, yaitu magnet permanen, magnet elektromagnet, dan magnet elektropermanen (EPM).



Gambar 2.9 magnet elektromagnet
(datasheet elock-300)

Pada proyek ini yang digunakan adalah magnet elektromagnet. Magnet ini memiliki mekanisme yang sama dengan motor, yaitu ketika kumparan atau magnet diberikan tegangan atau daya, maka magnet akan aktif, sedangkan ketika tidak diberikan tegangan, magnet akan mati. Mekanisme ini sangat cocok digunakan untuk mekanisme magnet gripper pada *Depalletizer*.

Specification

- 300lbs holding force
- Dual voltage 12 & 24 Vdc
- Current drawn 330mA / 165mA
- MOV surge protection
- Fail-Safe type
- Miniature size suitable for small doors
- Dimension : -
Magnet : 170(L) X 40(W) X 22(D) mm
Armature Plate : 130(L) X 33(W) X 11(D) mm

Gambar 2.10 Spesifikasi magnet
(datasheet elock-300)

2.2.13. Silinder *hydraulic*

Silinder adalah salah satu komponen pada sistem mekanik dan elektrik yang berfungsi sebagai aktuator untuk menghasilkan gerakan linier. Pada umumnya, silinder memiliki dua jenis pemicu, yaitu dengan udara (pneumatik) dan oli (hidraulik). Kedua sistem mekanik ini memiliki sistem kerja yang sama yang mengandalkan tekanan dari material pendorongnya.



Gambar 2.11 motor dc silinder

Pada proyek ini silinder yang digunakan silinder yang sudah jadi satu dengan motor dc sebagai pompa hydolic, jadi ketika motor dc on maka motor dc akan memompa oil / fluida untuk mendorong silinder keluar dan ketika motor off maka silinder akan masuk kembali, dan memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 2.3 spesifikasi silinder

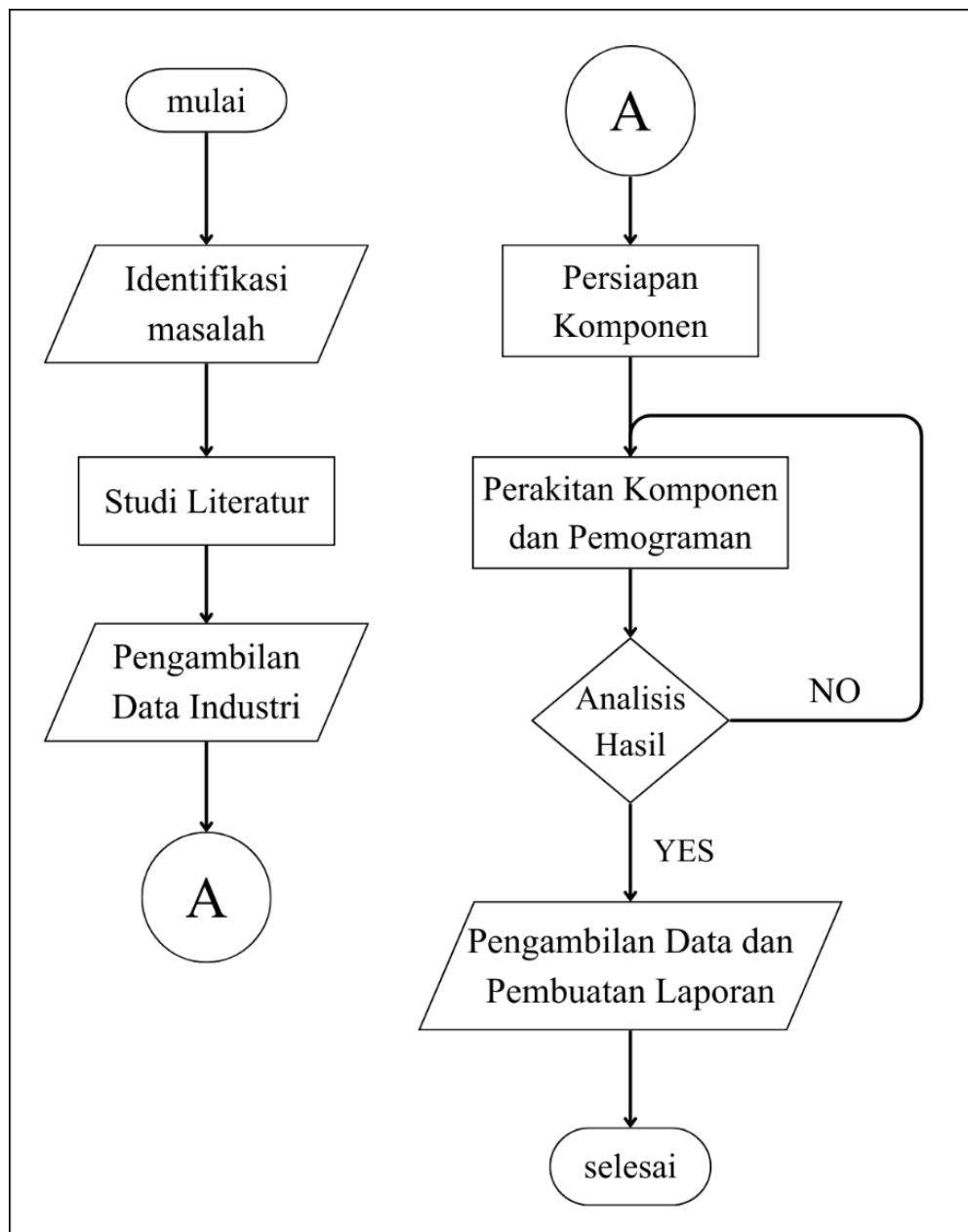
Spesifikasi	
Material	metal
Voltage	12VDC
Daya	20 watt
Max pull&push	200KG
stroke length	20cm
idling length	30mm/s
ratio of speed	30mm/sm-50mm/sm
default protect	IP65

Halaman ini Sengaja dikosongkan

BAB 3.

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tahapan penelitian



Gambar 3.1 flowchart penelitian

Gambar 3.1 menjelaskan proses penyelesaian proposal yang diawali dengan identifikasi masalah pada proyek *Depalletizer*. Hal ini diperlukan agar dapat memahami apa itu *Depalletizer* dan kegunaannya pada industri material. Setelah mengidentifikasi masalah di lanjutkan dengan studi literatur dengan mencari sumber terpercaya seperti jurnal , tugas akhir , artikel , dan lainnya yang akan di gunakan sebagai dasar teori pada proyek ini . dasar teori telah terkumpul baru bisa memulai mencari data yang di butuhkan yang berasal dari industri . ketika data industri sudah terkumpul di mulailah tahapan pemilihan alat dan bahan untuk

pembuatan prototipe lalu di lanjutkan perakitan dan pemograman lalu uji awal dan pengambilan data penting lalu perbandingan antara prototipe dan industri .

3.2. Tahapan Indentifikasi

3.2.1. Indentifikasi Masalah

Identifikasi masalah yang ditemui pada saat dilakukan *on-the-job training* mesin *Depalletizer*. Sebenarnya sudah diterapkan di perusahaan, namun penerapannya masih belum merata dan masih banyak proses yang masih dilakukan secara manual. Pengembangan mesin *Depalletizer* terus dilakukan. Tugas akhir ini mengangkat sebuah permasalahan terkait optimasi mesin yang ada di industri. Dengan begitu, di pabrik tidak diperlukan kegiatan manual dan dapat mengurangi risiko kecelakaan kerja.

3.2.2. Studi Literatur

Setelah tahap identifikasi masalah selesai, dilanjutkan dengan tahap studi literatur. Hal ini dilakukan untuk memahami dan memperluas pengetahuan peneliti agar dapat memahami konsep, teori, dan teknologi yang digunakan pada tugas ini. Referensi yang digunakan adalah dari jurnal penelitian terkait, artikel, situs internet, serta sumber lainnya.

3.2.3. Perumusan masalah

Rumusan masalah pada propoal ini terdapat beberapa masalah yang harus di atasi diantaranya :

1. Bagaimana perancangan *prototype* sistem magnet *lifting Depalletizer* berbasis ESP32?
2. Bagaimana intergrasi sistem mekanik, elektrik dan *software* dalam mendukung sistem *Depalletizer*
3. Berapa batas dari gaya angkat magnet dan perpindahan material pada skala prototipe?

3.3. Analisis Kebutuhan

Pada sub-bab ini dijelaskan mengenai apa saja alat, komponen, serta biaya yang dibutuhkan untuk merealisasi kan tugas akhir ini diantara:

Tabel 3.1 komponen yang dibutuhkan

NO	komponen	model	jumlah
1	ESP32	devkit v1	1
2	magnet, electromagnetic	12v 180kg	2
3	My4n	220v	2
4	push button	no	3
5		nc	1
6	<i>relay</i>	12v	3
7		5v	3
8	silinder	12v	1
9	motor dc	5-24v	1
10	gear box	01:40	1
11	bts7960	-	1
12	<i>power supply</i>	12v	1
13		5v	1
14	proximity	-	3
15	lcd i2c	20 x 4	1
16	kabel	0.75	5
17		awg	1
18	besi rangka dll		11

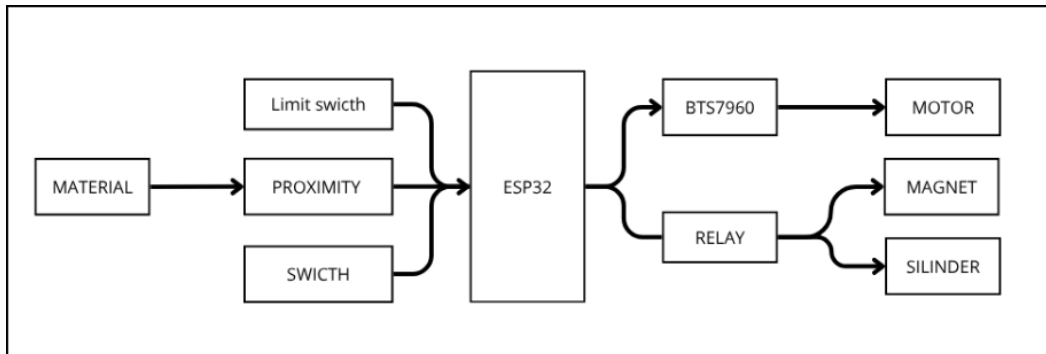
Pada Tabel 3.1 adalah penjelasan komponen apa saja yang dibutuhkan untuk merealisasikan penelitian ini. Ada juga alat-alat yang dibutuhkan seperti gerinda, bor, las, dll. Alat dan bahan bahan ini sangat di butuhkan untuk membentuk plat besi dan membuat pola agar bisa sesuai dengan desain mekanik awal

3.4. Desain Sistem

Pada sub-bab ini menjelaskan tentang cara kerja sistem *Depalletizer* dan menjelaskan fungsi fungsi utama pada sistem *Depalletizer*.

3.4.1. Blok diagram

Subbab ini menjelaskan diagram blok sistem pada *Depalletizer* yang menggambarkan hubungan fungsional antar komponen utama, sehingga memudahkan pemahaman terhadap cara kerja dan integrasi setiap komponen dalam *Depalletizer*.



Gambar 3.2 Blok Diagram

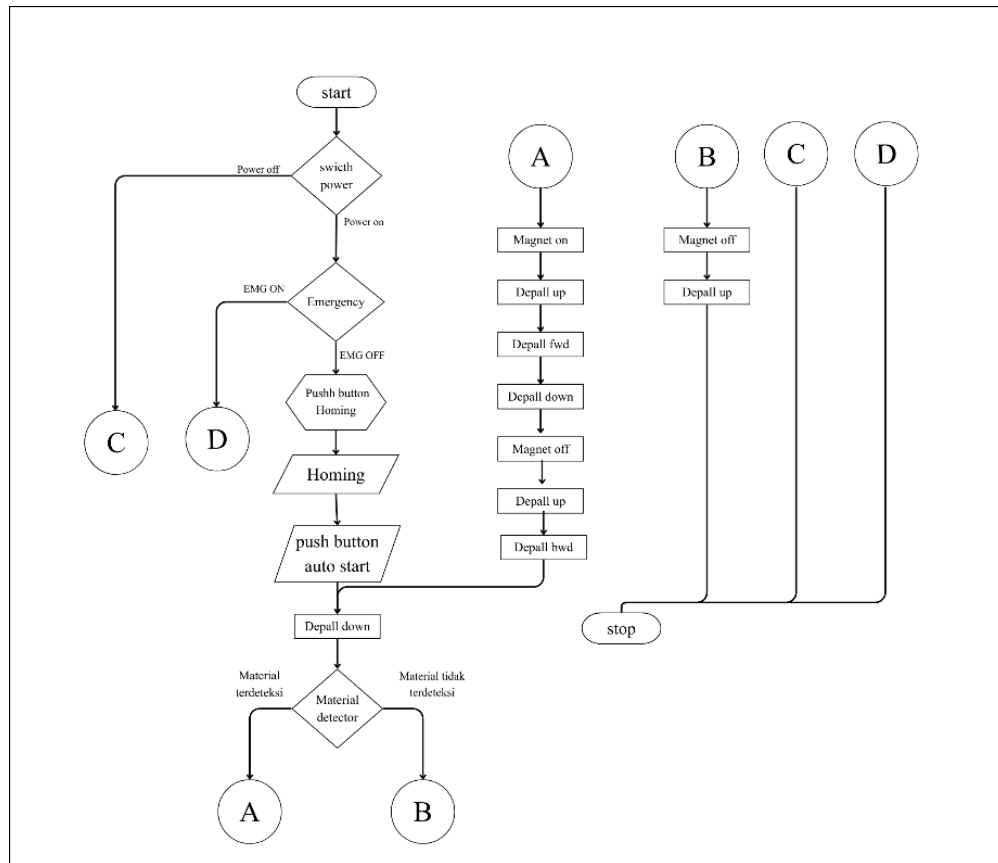
Pada diagram blok Gambar 3.2, terdapat material sebagai *input* utama, lalu dideteksi oleh sensor *proximity*, dan secara bersama *limit switch* mendeteksi di mana lokasi servo, apakah di station 1 atau 2. Data itu dikirim ke *relay* untuk mengaktifkan motor, servo, dan magnet *lifting*. Secara umum, diagram blok terdiri dari empat bagian utama, yaitu blok input, blok proses, dan blok *output*..

3.4.2. Alur kontrol

Pada subbab ini dijelaskan alur kerja sistem *Depalletizer* secara menyeluruh, mulai dari penerimaan pallet hingga pemindahan material ke lini produksi berikutnya. Sistem dirancang untuk bekerja secara otomatis dan berulang dengan mengintegrasikan sistem mekanik, elektrik, dan sistem kontrol berbasis *mikrokontroler*.

Proses dimulai saat sensor mendeteksi keberadaan pallet dan memastikan posisi awal (*homing*). Selanjutnya, aktuator menggerakkan mekanisme *lifting* untuk mengambil material, di mana magnet *lifting* diaktifkan guna mengangkat material secara aman. Setelah material terangkat, sistem memindahkannya ke posisi tujuan dan melepaskan material dengan menonaktifkan magnet. Setelah satu siklus selesai, sistem kembali ke posisi awal dan siap menjalankan proses berikutnya. Apabila

terjadi kondisi tidak normal, sistem akan menghentikan operasi sementara untuk menjaga keamanan dan mencegah kerusakan.



Gambar 3.3 flowchart alur sistem

Gambar 3.3 menjelaskan secara visual bagaimana alur sistem *Depalletizer* bekerja dari awal, yaitu *homing*, yang mengembalikan posisi setiap sensor dan motor atau servo ke posisi awal agar *auto start* bisa dimulai.

3.5. Perancangan mekanik

Bab ini menjelaskan bagaimana desain mekanik dari mesin *Depalletizer*, ukuran prototipe, dan perbandingan mekanik di industri dan prototipe.

3.5.1. Mekanik *Depalletizer*

Bab ini menjelaskan bagaimana cara kerja mekanik pada mesin *Depalletizer*. Sistem ini dirancang untuk melakukan proses pengakatan dan perpindahan material dari pallet secara vertikal. mekanis ini terdiri darsistem *Lifting*, penggerak dan magnet gripper.

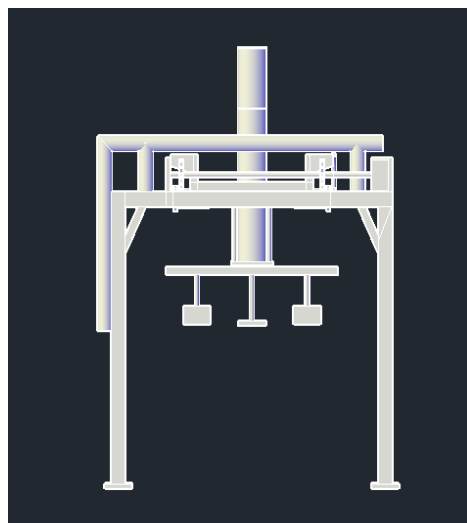
Pada flowchat 3.3 dapat dilihat pergerakan utama di mulai ketika tombol *homing* di tekan dan mengembalikan setiap posisi mekanik pada posisi referensi , lalu saat ditekan tombol *start* sistem mekanik akan memasuki pada mode otomatis dan mulai proses dari depall down dengan mekanik silinder turun sampai material detactor mendeteksi material pada proses ini ada dua kemungkinan yaitu saat material terdeteksi magnet akan aktif kan depall langsung up dan lanjut proses selanjutnya , tapi jika material tidak terdeteksi dalam waktu 5 detik maka depall akan naik lalu kembali pada kondisi referenrensi dan pada waktu yang sama sistem akan berhenti looping.

3.5.2. Desain prototipe

Subbab ini memberikan gambaran desain awal secara 2D dan bagaimana mesin saat telah terealisasi.

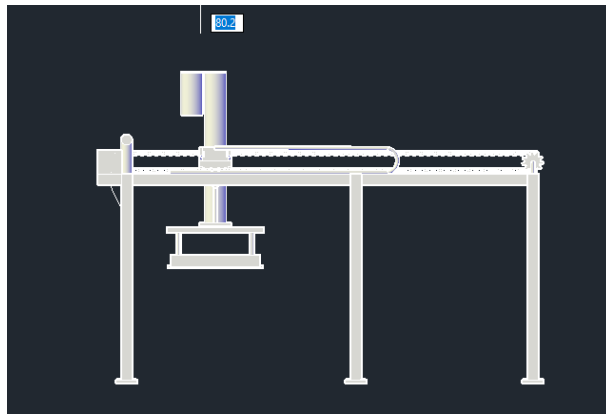
3.5.2.1. Desain awal

Pada desain awal menggunakan *software* AutoCAD dalam pembuatan desain, ada 2 sudut pandang utama, yaitu pada sisi samping dan pada sisi depan/belakang. Kedua tampilan tersebut digunakan untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai setiap detail dari sistem *Depalletizer*.



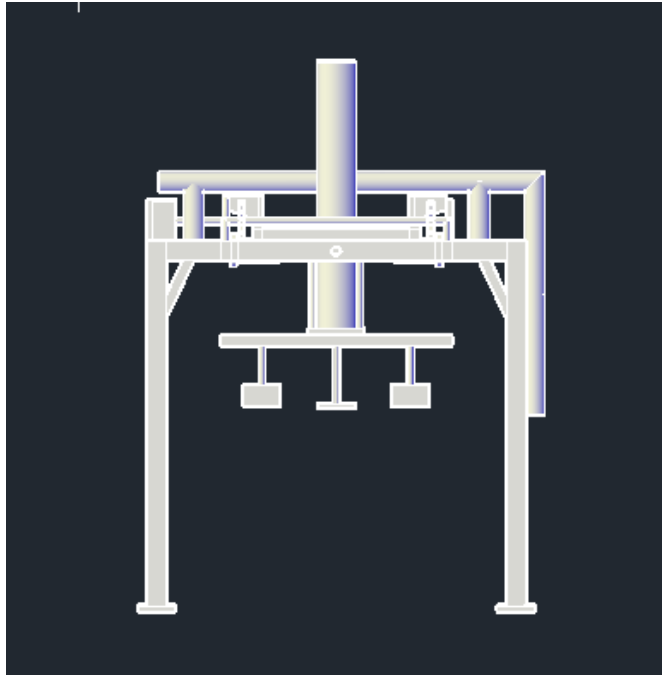
Gambar 3.4 Desain tampak belakang

Gambar 3.4 memperlihatkan struktur utama *gantry frame* yang simetris dengan dua tiang penyangga untuk menopang beban dinamis mesin. Silinder aktuator vertikal dipasang tepat di tengah atas rangka guna menjaga keseimbangan pusat massa (*center of mass*). Di bagian bawah silinder, terdapat rangka penunjang horizontal untuk mengikat unit *magnet electromagnetic* sebagai pencekram pelat besi, serta jalur *cable duct* pada sisi kiri luar rangka untuk melindungi kabel kontrol.



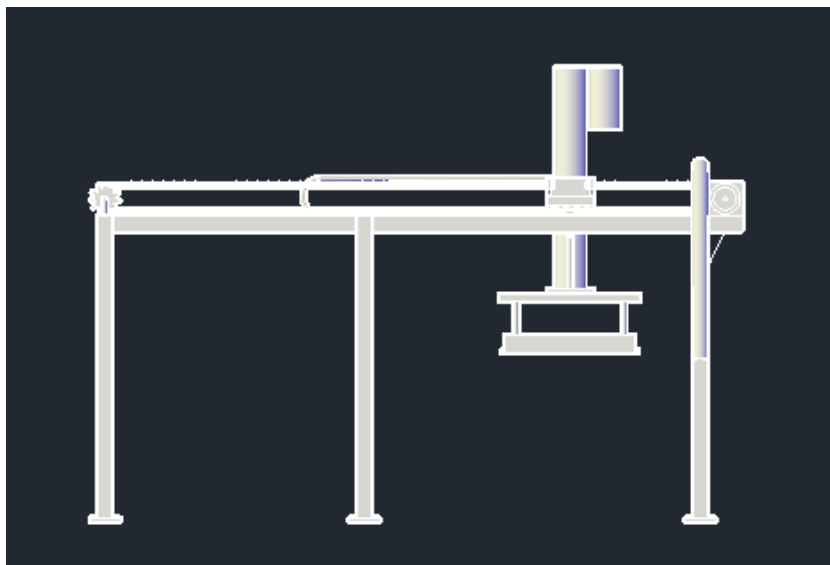
Gambar 3.5 Desain tampak kanan

Gambar 3.5 menunjukkan dimensi bentang lintasan dan mekanisme pergerakan horizontal (*forward-backward*). Sektor ini mengimplementasikan sistem rantai penarik (*chain drive system*) dengan roda gigi (*sprocket*) bebas di ujung rel pemandu. Silinder vertikal terintegrasi pada unit kereta luncur (*carriage assembly*) yang bertranslasi secara linier, didukung oleh tiang penyangga tengah tambahan untuk mereduksi momen lentur pada rangka bawah.



Gambar 3.6 Desain tampak depan

Gambar 3.6 menampilkan aspek penguatan struktural (*structural reinforcement*) dari sisi sebaliknya. Terlihat jelas sambungan siku penguat (*corner brace/gusset*) pada pertemuan balok atas dan tiang vertikal untuk menahan gaya puntir (*torsional stress*) saat mesin berakselerasi. Sudut pandang ini juga mempermudah analisis posisi terminal daya aktuator serta pengaturan jalur pengkabelan bergerak (*flexible cable carrier*).



Gambar 3.7 Desain tampak kiri

Gambar 3.7 menyajikan detail unit penggerak utama (*prime mover*). Di ujung kanan atas lintasan, terdapat motor DC yang dikombinasikan dengan *custom gearbox* rasio

1:45 untuk memutar *drive shaft* rantai secara langsung. Proyeksi lateral ini juga menegaskan batas jarak tempuh aman (*travel limits*) unit *carriage* dari posisi paling belakang (*backward*) hingga paling depan (*forward*).

3.5.3. Desain secara industri

Bab ini menjelaskan bagaimana desain industri berbeda dengan prototipe secara mekanis. Pada dasarnya, mekanik pada industri sama dengan mekanik pada prototipe dikarenakan prototipe ini dibuat dengan referensi dari industri pada saat On-the-Job Training. Karena publikasi tidak diperbolehkan oleh pihak industri, pembahasan difokuskan pada penjelasan konseptual dan perbandingan umum antara sistem industri dan prototipe yang dikembangkan.

1. Skala dan Dimensi Mekanik

Skala industri memiliki ukuran panjang 3,5 meter, lebar 2 meter, dan tinggi 3,5 meter. Ukuran ini dirancang untuk mendukung proses produksi berskala besar.

2. Material Konstruksi

Pada skala industri mesin *Depalletizer* menggunakan material baja struktural

3. Sistem Penggerak

Pada skala industri penggerak yang di gunakan adalah motor 3 fasa dengan gear box untuk mengatur torsi pada motor dan inverter sebagai kontrol kecepatan pada motor

4. Sistem *Lifting*

sistem *Lifting* pada industri menggunakan pneumatic silinder yang bertekanan kurang lebih 4 bar

5. keamanan

sistem keamanan pada *Depalletizer* industri memiliki sistem keamanan yang cukup sederhana yaitu hanya *emergency button*, *tower lamp*, dan *buzzer*.

3.6. Perancangan Elektrik

Subbab ini menjelaskan bagaimana perancangan elektrikal pada mesin *Depalletizer*, dari pemilihan komponen elektrikal, keamanan, *wiring diagram*, dan perbandingan dengan industri elektrikal.

3.6.1. *Wiring diagram*

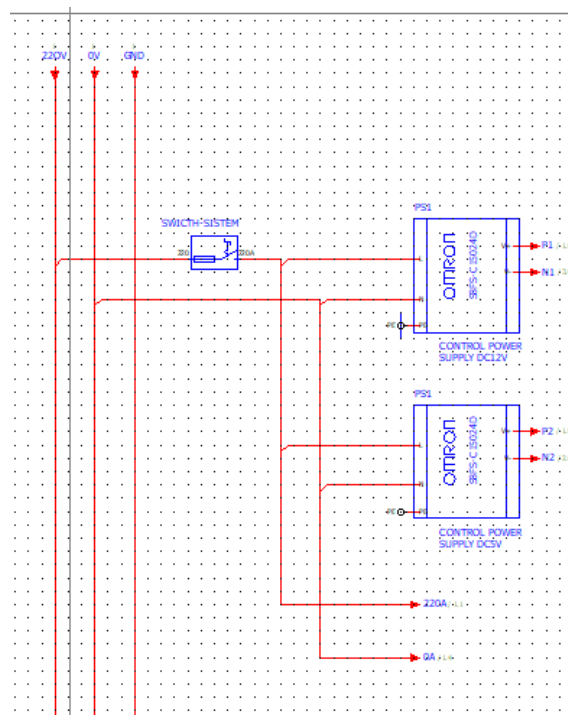
Pada subbab ini dijelaskan secara rinci mengenai *wiring diagram* sistem yang menggambarkan hubungan dan koneksi antara setiap komponen elektronik yang digunakan. *Wiring diagram* ini menunjukkan bagaimana sumber daya listrik, *mikrokontroler* ESP32, sensor, *relay*, aktuator, serta komponen pendukung lainnya saling terhubung dan bekerja secara terintegrasi dalam satu sistem.

3.6.1.1. *Wiring power*

Sub-Bab ini menjelaskan tentang bagaimana struktur system sumber daya listrik *prototype* depallettizer dan control pada *power supply* agar lebih aman dan efisien.

3.6.1.1.1. *Wiring power supply*

Wiring power supply sangatlah penting pada proyek ini. *Wiring* ini digunakan untuk menyalurkan tegangan dari sumber ac untuk menghidupkan *power supply*.



Gambar 3.8 *wiring power supply*

Pada *wiring power supply*, dapat dilihat pada gambar di atas sebagai pengaman utama untuk *power supply* menggunakan power socket yang sudah dilengkapi dengan fuse 10 A. Dengan fuse ini sudah lebih dari cukup sebagai pengaman 2 *power supply*. Dengan arus *input* 3,3 Ampere, kesimpulan ini bisa diambil berdasarkan rumus

$$I_{\text{pengaman}} \geq I_{\text{beban}} * 1.25 \dots\dots\dots(3.1)$$

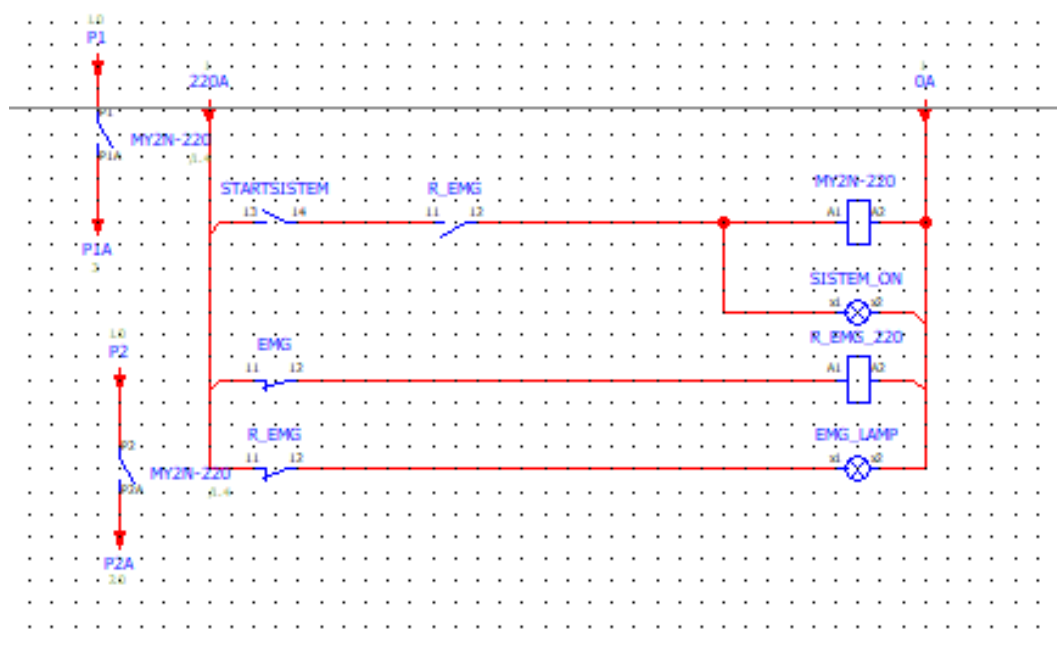
Dimana:

I pengaman: arus pengaman

I beban: arus beban

3.6.1.1.2. *Wiring control power supply*

Wiring kontrol power supply digunakan sebagai kontrol dari *power supply* agar penyaluran tegangan bisa lebih aman dan tidak terjadi kesalahan pada penyaluran tegangan ke komponen elektrik lainnya. Pancangan *wiring kontrol* ini bertujuan untuk memastikan distribusi tegangan berjalan dengan aman, terkontrol, dan sesuai dengan kebutuhan masing-masing beban.

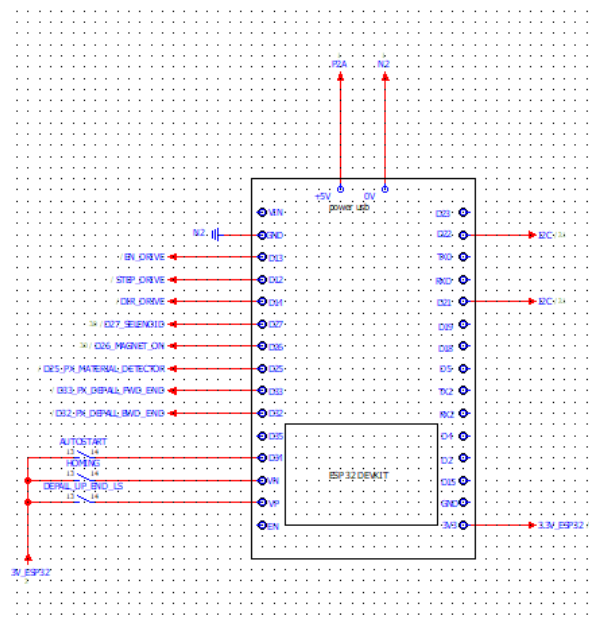


Gambar 3.9 *wiring kontrol power*

Gambar 3.9 adalah perancangan *wiring* kontrol power. Kontrol power menggunakan *relay* my2n 220 VAC sebagai *relay power supply*, jadi ketika tegangan AC dihubungkan ke *power supply*, tidak langsung menghidupkan ESP32, tapi akan ke mode standby, sistem off. Lalu *wiring* ini juga dilengkapi dengan *relay* emergency sebagai pengaman jika terjadi abnormalitas pada sistem distribusi komponen elektrik.

3.6.1.2. *Wiring mikrokontroler*

Subbab ini menguraikan arsitektur sistem *mikrokontroler* yang digunakan pada proyek, meliputi konfigurasi perangkat keras (hardware), pemetaan pin (pin mapping), serta integrasi antara modul *input* dan *output*. Penjelasan difokuskan pada bagaimana *mikrokontroler* berfungsi sebagai pusat kendali (central processing unit) yang menerima sinyal dari perangkat masukan, memproses data sesuai algoritma yang diprogramkan, kemudian menghasilkan sinyal keluaran untuk mengendalikan aktuator atau modul eksternal.



Gambar 3.10 *wiring mikrokontroler*

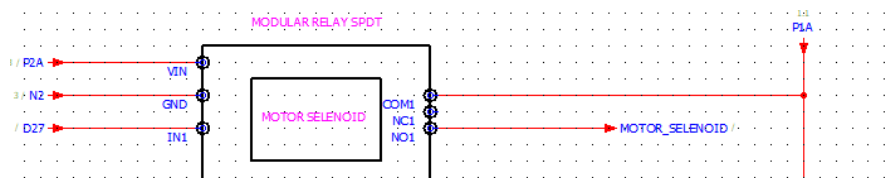
Gambar 3.10 adalah perancangan *wiring mikrokontroler*. *Wiring* ini digunakan sebagai kontrol dari *relay* dan kontrol dari semua sistem *Depalletizer* agar bisa bekerja secara terintegrasi.

3.6.1.3. *Wiring* control

Subbab ini menjelaskan tentang struktur pada modul *relay* yang digunakan untuk mengontrol motor *Depalletizer*, servo magnet, dan *proximity* material detector.

3.6.1.3.1. Kontrol selenoid

Wiring kontrol selenoid digunakan sebagai kontrol sistem *lifting* pada *Depalletizer*. *Wiring* ini dirancang agar sistem mekanik bisa bergerak naik dan turun sesuai dengan cara kerja pada *Depalletizer*.

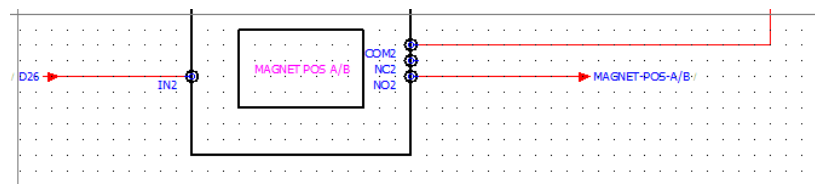


Gambar 3.11 *wiring* selenoid

Gambar di atas adalah *wiring* dari selenoid *Depalletizer*. Perancangan ini menggunakan satu *relay* sebagai kontrol pengaktifan motor dc dan motor dc memompa fluida bertekanan dan mendorong silinder agar silinder bisa mengaktifkan dan menurunkan material.

3.6.1.3.2. Kontrol magnet on/off

Pada perancangan kontrol, magnet *Depalletizer* digunakan sebagai kendali pengaktifan magnet ketika material detector mendeteksi adanya material, dan magnet pun aktif dan mengikat material dengan magnetnya.



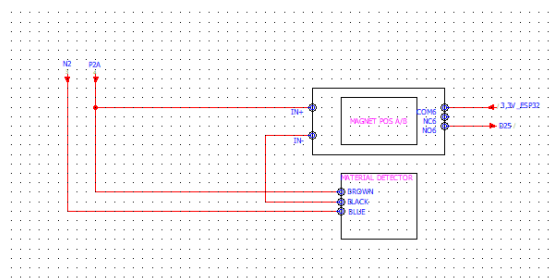
Gambar 3.12 *wiring* magnet

Pada perancangan *wiring* magnet ini digunakan satu buah *relay* sebagai elemen pengendali untuk mengaktifkan dan menonaktifkan magnet. *Relay* berfungsi sebagai saklar elektronik yang dikontrol oleh sistem *mikrokontroler*,

sehingga proses pemberian dan pemutusan tegangan pada magnet dapat dilakukan secara aman dan terkontrol.

3.6.1.3.3. Kontrol *proximity*

Proximity digunakan untuk mendeteksi material pada *Depalletizer* dan mengendalikan posisi *Depalletizer* pada posisi fwd atau bwd. Perancangan ini menggunakan sensor *proximity* metal detector. Pemilihan sensor ini karena pada proyek ini hanya material logam atau besi saja yang digunakan.

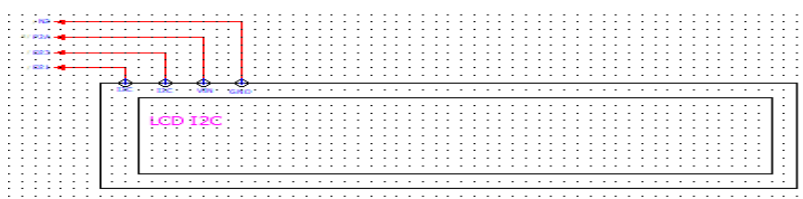


Gambar 3.13 perancangan *wiring proximity*

Pada Gambar 3.15, digunakan *relay* sebagai pengirim sinyal ke *mikrokontroler*. Hal ini digunakan karena *proximity* yang digunakan memiliki sistem mirip dengan transistor NPN. Jadi, ketika *proximity* mendeteksi material, maka sinyal yang dikirim adalah sinyal negatif DC, sedangkan sinyal yang bisa diterima oleh esp32 adalah sinyal positif 3,3 V DC. Penggunaan *relay* sangat diperlukan untuk kontrol sinyal positif 3,3 V DC.

3.6.1.4. *Wiring* lcd I2C

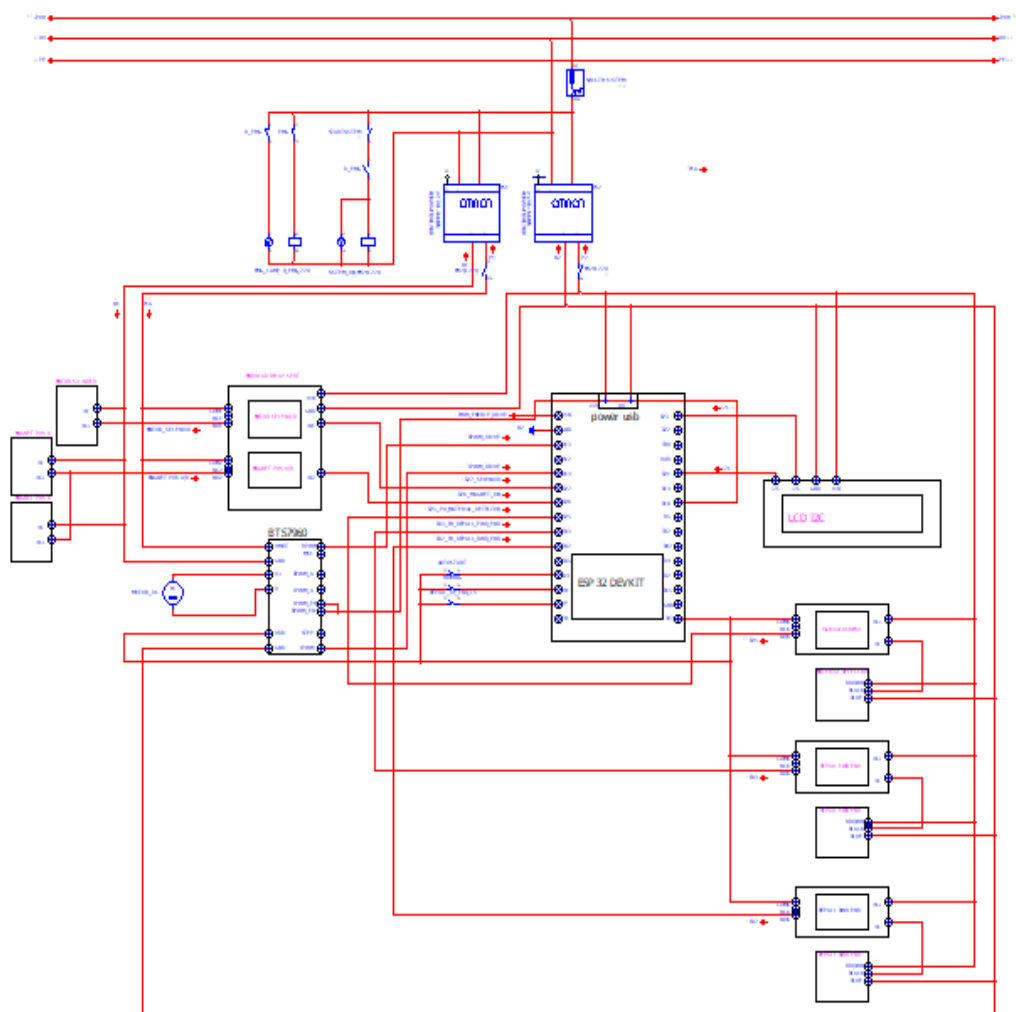
Sub-Bab ini menjelaskan tentang *wiring* pada lcd I2C. lcd I2C digunakan sebagai indikator keadaan pada *Depalletizer*, misalnya, pada keadaan *homing* akan ditampilkan jika posisi *homing* telah tercapai dan kondisi lainnya.



Gambar 3.14 perancangan LCD I2C

3.6.2. Wiring Elektrik integrasi

Perancangan diagram *wiring* kelistrikan secara terintegrasi menjelaskan topologi koneksi antar seluruh komponen perangkat keras agar dapat bekerja sebagai satu kesatuan sistem otomasi *Depalletizer* yang utuh. Dalam arsitektur kelistrikan ini, *mikrokontroler* ESP32 bertindak sebagai pusat kendali utama (main controller). ESP32 bertugas membaca sinyal masukan (input), seperti dari antarmuka pengguna atau sensor pembatas (*limit switch*), lalu memprosesnya secara real-time untuk mengendalikan komponen keluaran (*output*). Komponen keluaran tersebut meliputi modul driver motor untuk menggerakkan aktuator mekanik, serta rangkaian *relay* atau sakelar elektronik untuk mengontrol daya pada magnetic gripper



Gambar 3.15 wiring terintegrasi

3.6.3. Keamanan

Pada sub-bab ini menjelaskan bagaimana sistem keamanan sistem integrasi pada *prototype Depalletizer*, dari sistem *homing*, *auto start*, dan *emergency*

1. *Homing*

homing adalah sistem integrasi paling awal yang harus diaktifkan. Sistem ini bekerja untuk mengembalikan posisi paling awal dari *Depalletizer* atau posisi referensi. Posisi ini bervariasi tergantung pada perancang program, tapi untuk proyek ini posisi *homing* adalah saat *Depalletizer* di posisi bwd end dan depallet up.

Posisi ini sangat penting untuk *Depalletizer* karena tanpa sistem ini sistem *auto start* bisa aktif saat kondisi abnormality, *homing* ini berguna untuk mencegah hal tersebut

2. *Auto start*

Sistem integrasi *auto start* pada sistem ini, *Depalletizer* sudah pada posisi *homing* dan dapat bekerja secara otomatis dengan memanfaatkan setiap sensor yang ada agar bisa bekerja secara berurutan, aman, dan sesuai dengan logika pengendalian yang telah ditetapkan.

3. *Emergency*

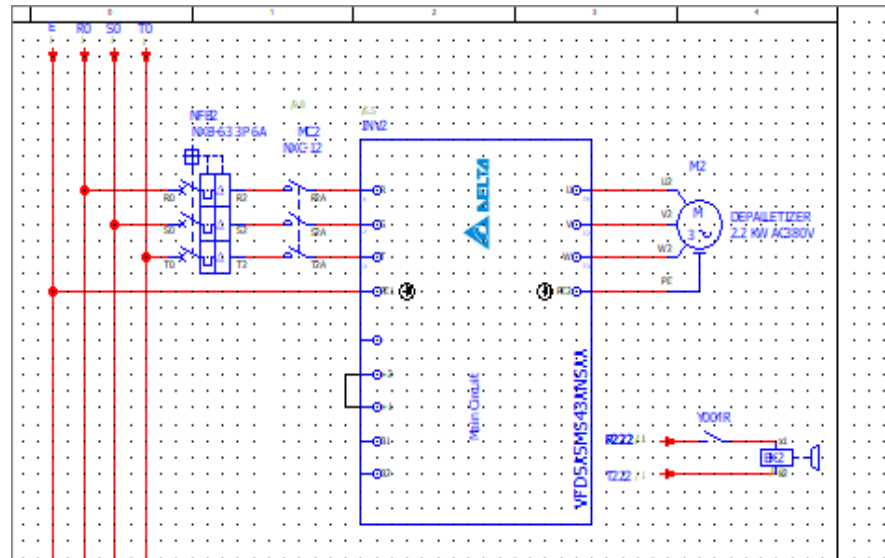
Sistem *emergency* digunakan sebagai sistem pengaman utama pada setiap hardware, ketika terjadi nya sistem terjadi abnormality tombol *emergency* sangatlah di perlukan agar tidak terjadi kerusakan pada hardware

3.6.4. Elektrikal secara industri

Sistem elektrikal industri memiliki beberapa perbedaan pada *prototype* selain ukurannya misal pada industri untuk kontrol motor *Depalletizer* bekerja dengan menggunakan inverter sebagai pengatur kecepatan dan arah putarannya dan ada beberapa perbedaan lainnya

1. Inverter

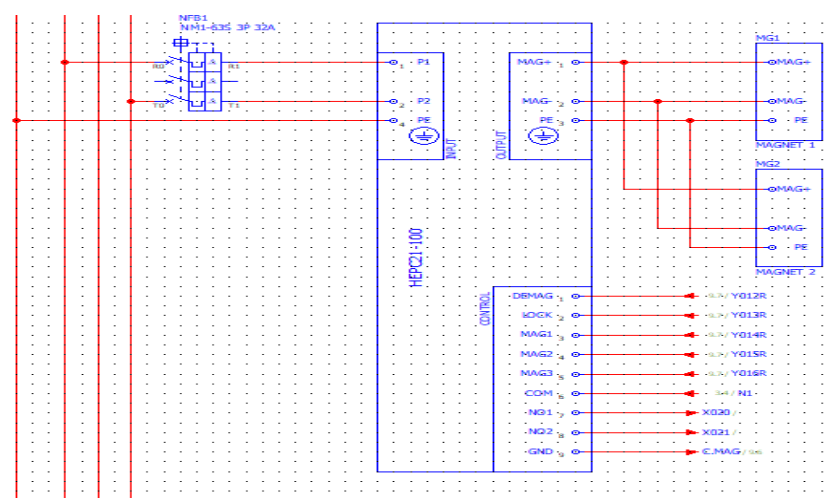
Pada industri, kontrol dari motor *Depalletizer* menggunakan inverter sebagai kontrol putaran dan kecepatan, sedangkan untuk prototipe menggunakan *relay* dan *pwm*.



Gambar 3.16 *wiring* inverter

2. Magnet kontrol

Pada industri magnet yang digunakan adalah magnet EPM. Magnet ini memiliki 2 sifat magnet, yaitu magnet permanen dan magnet elektromagnetik, sedangkan prototipe menggunakan magnet elektromagnetik.

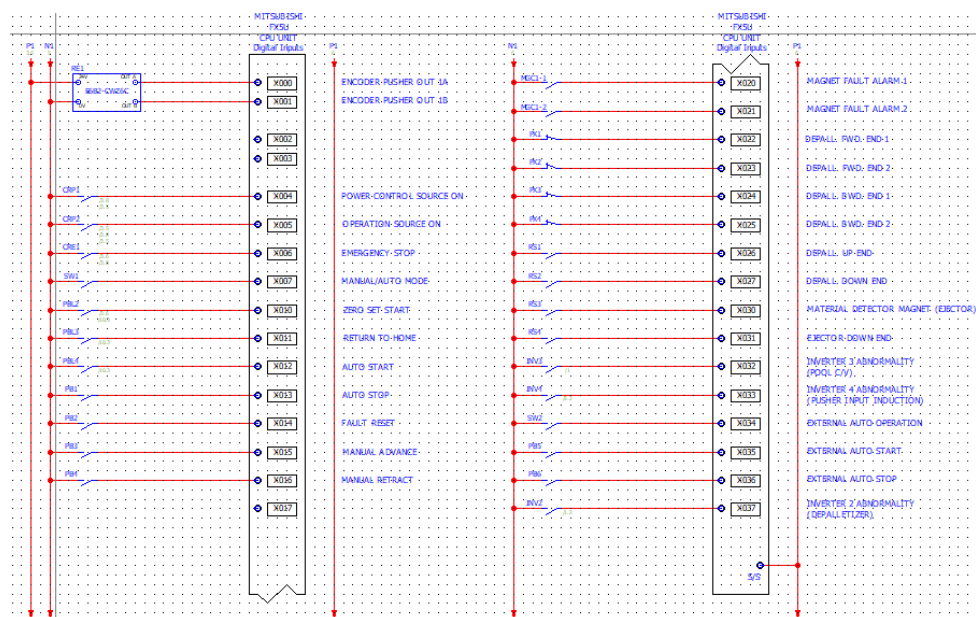


Gambar 3.17 *wiring* industri magnet kontrol

3. Plc

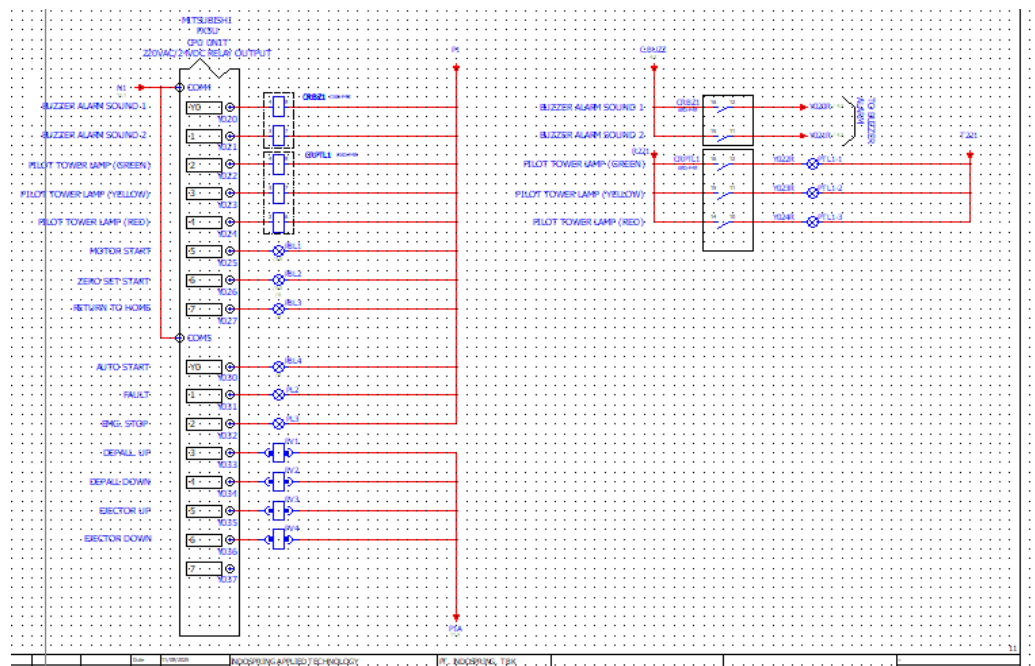
Pada sistem industri, pengendalian proses dilaksanakan menggunakan PLC Mitsubishi yang berfungsi sebagai pusat kontrol (main controller). PLC dipilih karena memiliki keandalan tinggi, ketahanan terhadap lingkungan industri, serta kemampuan menangani input–output dalam jumlah besar dengan standar proteksi dan keselamatan yang terintegrasi. Selain itu, PLC mendukung pemrograman berbasis ladder diagram atau function block yang umum digunakan dalam otomasi industri, sehingga memudahkan integrasi dengan sistem produksi skala besar.

Pada prototipe yang dikembangkan dalam penelitian ini, fungsi pengendalian utama direalisasikan menggunakan *mikrokontroler* ESP32. Pemilihan ESP32 didasarkan pada pertimbangan efisiensi biaya, fleksibilitas pengembangan, serta kemudahan integrasi dengan modul komunikasi seperti Wi-Fi dan Bluetooth. Meskipun secara spesifikasi industri ESP32 tidak memiliki tingkat ruggedness setara PLC, dari sisi fungsional perangkat ini mampu menjalankan logika kontrol, pembacaan sensor, serta pengendalian aktuator sesuai kebutuhan sistem skala laboratorium atau penelitian.



Gambar 3.18 wiring PLC inputpin

Gambar 3.18 adalah detail dari *wiring* pada leeder plc yang digunakan diindustri , pada *wiring* ini dapat di lihat penggunaan sensor proximity untuk sensor utama pada control *Depalletizer* dan ada juga reed sensor untuk mengetahui apakah silinder *Depalletizer* berhasil kembali masuk agar proses auto dapat di lanjut kan



Gambar 3.19 wiring PLC output pin

Gambar 3.19 mengilustrasikan diagram pengkabelan (*wiring diagram*) pada modul *output* PLC (*Programmable Logic Controller*) seri Mitsubishi FX5U berjenis *Relay Output* yang digunakan untuk mengendalikan keseluruhan sistem *Depalletizer* di skala industri. Modul ini bertugas mengirimkan sinyal kendali ke berbagai komponen eksternal melalui relai perantara (*interposing relay*) guna menjaga isolasi dan keamanan sistem kelistrikan. Secara fungsional, alokasi *output* pada PLC ini terbagi menjadi tiga sistem utama. Bagian pertama difokuskan pada sistem indikator visual dan audio (terminal Y020 hingga Y024) yang berfungsi sebagai *Human Machine Interface* (HMI) fisik bagi operator di lapangan. Terminal Y020 dan Y021 bertugas mengaktifkan relai untuk menyalakan *buzzer* peringatan, sedangkan terminal Y022 hingga Y024 secara langsung mengendalikan lampu indikator (*Tower Lamp*) berwarna hijau untuk operasional normal, kuning untuk kondisi peringatan atau *standby*, dan merah untuk indikasi berhentinya sistem akibat *error*.

Bagian kedua mencakup sistem kendali penggerak utama dan status operasional mesin yang menempati terminal Y025 hingga Y032. Karena sistem mekanik menggunakan motor AC 3 fasa, PLC tidak mengalirkan daya secara langsung ke motor, melainkan berinteraksi dengan perangkat *Variable Frequency Drive* (VFD). Terminal Y025 bertugas mengirimkan sinyal pemicu (*Run/Start*)

melalui relai ke *digital input* VFD untuk mulai memutar motor AC. Proses ini turut didukung oleh terminal Y026 dan Y027 yang digunakan untuk menginisialisasi pergerakan mesin kembali ke titik referensi awal (*homing position*) sebelum siklus otomatis dijalankan. Selain itu, terdapat terminal Y030 sebagai indikator peralihan ke mode otomatis, serta Y031 dan Y032 yang berperan krusial sebagai *safety interlock*. Apabila tombol kondisi darurat ditekan atau terjadi *fault*, PLC akan memutus logika operasional dan secara instan memerintahkan VFD untuk menghentikan putaran motor.

Bagian ketiga dari modul *output* ini (terminal Y033 hingga Y036) dialokasikan untuk sistem kendali aktuator translasi yang berbasis pneumatik atau hidrolik. Terminal Y033 dan Y034 meneruskan sinyal keluaran ke katup arah (*solenoid valve*) untuk menggerakkan silinder utama *lifting Depalletizer* ke arah atas guna mengangkat material, maupun ke arah bawah. Sementara itu, terminal Y035 dan Y036 digunakan untuk mengendalikan aktuator *ejector* atau unit pendorong material agar bergerak naik dan turun sesuai dengan urutan kerja (*sequence*) yang telah ditetapkan di dalam program PLC. Keseluruhan pembagian *output* ini memastikan mesin beroperasi secara tersinkronisasi, aman, dan mudah dimonitor.

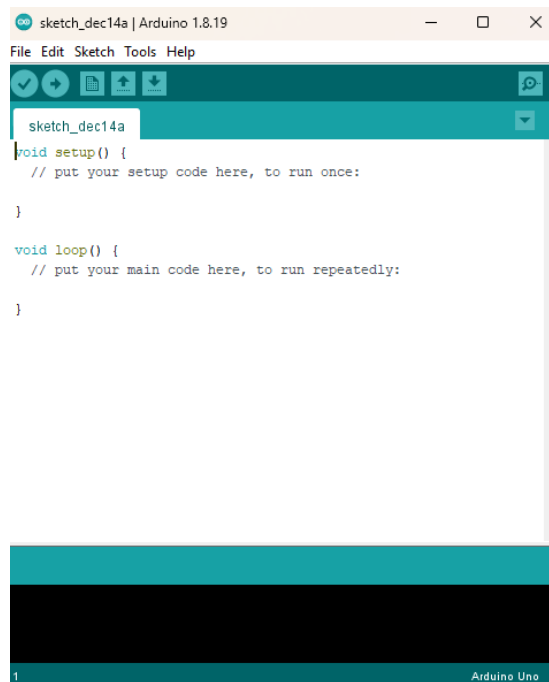
3.7. Perancangan *Software*

Pada sub-bab ini menjelaskan bagaimana pemrograman sistem *Lifting Depalletizer* secara *prototype* dan secara industri.

3.7.1. Pemrograman *prototype*

Pemrograman pada prototipe menggunakan *software* Arduino ide yang berfungsi sebagai pengulangan program pada ESP32. Penulisan program ini bertujuan untuk pengendalian seluruh proses kerja pada *Depalletizer*.

Pada pemogram ini menggunakan 2 susunan dari program setup berupa sistem *homing* dan program loop sebagai sistem *auto start*



Gambar 3.20 Arduino IDE

3.7.2. Pemrograman industri

Pada penulisan program industri menggunakan *software* GXWorks3, program industri dibagi menjadi beberapa program, yaitu main program, manual, *homing*, auto, dan fault. Setiap program memiliki fungsi masing-masing yang sangat penting untuk mengintegrasikan setiap hardware dan *software*.

1. Main program

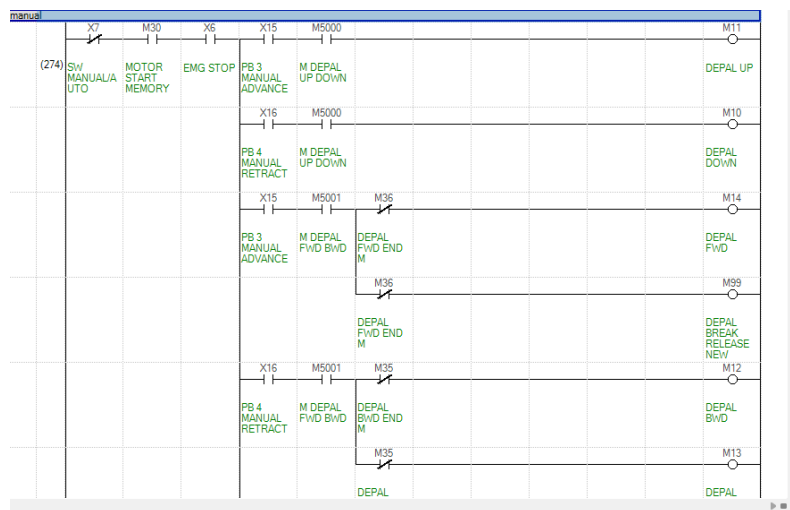
Main program ladder plc digunakan untuk mengendalikan *output* dari plc dengan sinyal memori dari pemrograman ladder.



Gambar 3.21 main program

2. Manual

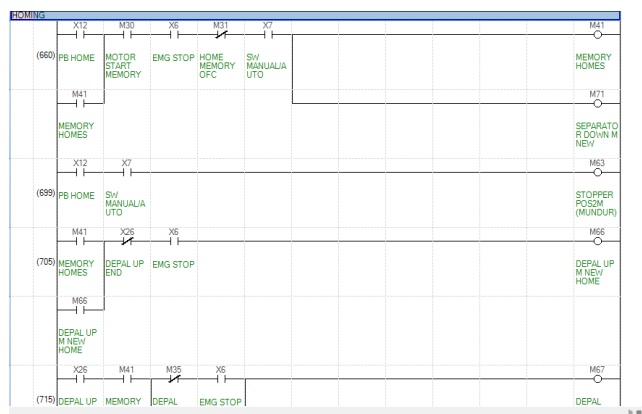
Manual ladder PLC dirancang untuk mengakomodasi mode pengoperasian manual melalui tombol-tombol yang tersedia pada panel operator. Pada mode ini, setiap aktuator—seperti motor, silinder pneumatik, atau conveyor—dapat dikendalikan secara langsung berdasarkan logika interlock dasar yang tetap menjaga aspek keselamatan sistem. Ladder diagram pada mode manual umumnya disusun dengan struktur sederhana, di mana *input* berupa push button (misalnya forward, reverse, up, down) langsung mengaktifkan *output* terkait melalui rangkaian logika yang dilengkapi proteksi seperti *limit switch*, emergency stop, dan interlock antaraktuator.



Gambar 3.22 ladder manual

3. Homing

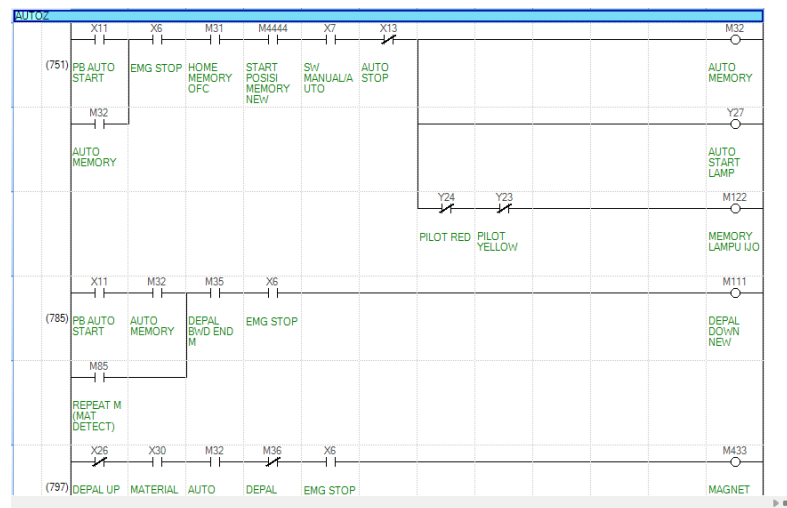
Homing pada industri sama dengan *homing* pada prototipe, yaitu mengembalikan posisi *Depalletizer* ke posisi referensi agar bisa memasuki mode auto.



Gambar 3.23 ladder homing

4. Auto

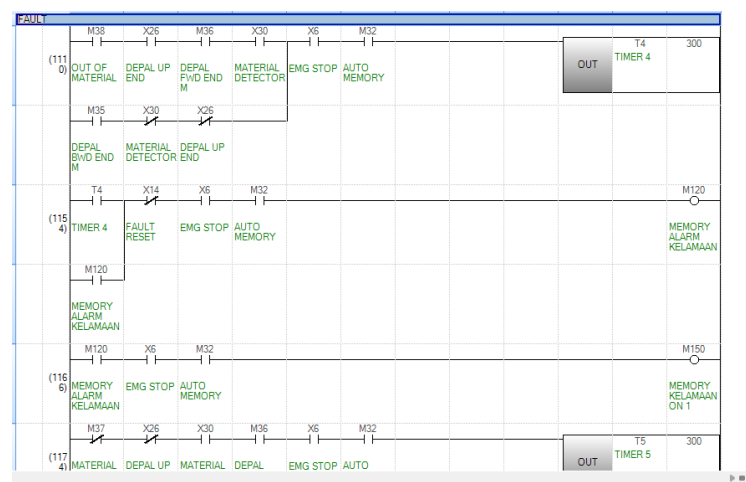
Mode auto digunakan untuk kendali otomatis *Depalletizer*. Pada mode ini, proses kerja dijalankan berdasarkan ladder kontrol yang telah dibuat, dengan memanfaatkan sinyal dari sensor pada *Depalletizer*.



Gambar 3.24 ladder auto

5. Fault

Ladder fault digunakan sebagai sistem pengendalian kesalahan untuk mendeteksi dan menangani kondisi tidak normal pada proses kerja mesin. Sistem ini berfungsi mengidentifikasi kesalahan seperti kondisi material kosong atau ketika mesin tidak beroperasi sesuai dengan logika ladder pada mode otomatis maupun manual, sehingga proses dapat dihentikan atau diberikan indikasi peringatan guna menjaga keselamatan dan keandalan sistem.



Gambar 3.25 ladder fault

3.8. Rancangan pengujian

Subbab ini menjelaskan bagaimana pengujian prototipe dan skala industri pada penelitian ini, dari uji sensor hingga pengujian fungsional.

3.8.1. Pengujian parsial

Subbab ini disusun untuk menentukan kondisi dan tahapan pengujian yang dilakukan pada alat. Pengujian dilakukan secara bertahap untuk memastikan setiap bagian sistem bekerja dengan baik.

Tabel 3.2 Pengujian parsial

No	Kasus Uji	Kondisi Uji	Hasil yang Diharapkan
1	<i>proximity</i> (material detector)	sensor bersentuhan dengan material	<i>proximity</i> sensor aktif
		sensor tidak bersentuhan dengan material	<i>proximity</i> sensor non aktif
2	silinder hidrolik	diberi tegangan	silinder keluar
		tidak diberi tegangan	silinder masuk
3	magnet	diberi tegangan	magnet aktif
		tidak diberi tegangan	magnet non aktif
4	Motor dc	hidup	Motor bisa berkerja
		mati	Motor mati

3.8.2. Pengujian integrasi dan parameter

Subbab ini membahas pengujian terintegrasi antara sistem mekanik dan elektrik. Pengujian ini bertujuan memastikan seluruh komponen—termasuk aktuator, sensor, kelistrikan, dan sistem kontrol—berfungsi bersama secara sinkron sesuai rancangan

Tabel 3.3 pengujian integrasi

No	Kasus Uji	Kondisi elektrik	kondisi mekanik
1	<i>proximity</i> pos bwd	sensor aktif	posisi depall di pos bwd
		sensor tidak aktif	posisi depall di pos fwd atau di tengah
2	<i>proximity</i> pos fwd	sensor aktif	posisi depall di pos fwd
		sensor tidak aktif	posisi depall di pos bwd atau di tengah
4	pergerakan depall	Motor CW	depall bergerak fwd
		Motor CCW	depall bergerak bwd
5	magnet gripper	material detector aktif	magnet aktif
		material detector non aktif	magnet non aktif
6	<i>HOMING</i>	ditekan	posisi depall kembali ke posisi referensi
		tidak ditekan	-

Tabel 3.3 pengujian secara intergrasi yang akan di lakukan pada penelitian ini dan ada pun jenis jenis pengambilan paramter yang di butuhkan sebagai indikator keberhasilan sistem dalam menjalankan fungsi parameter.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 4.

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

Subbab ini menjelaskan hasil pengujian keseluruhan dari prototipe *Depalletizer*, yang meliputi evaluasi pada kinerja sistem mekanik dan sistem kontrol elektrik.

4.1.1. Pengujian parsial

pada subbab ini menjelaskan tentang pengujian parsial setiap sensor.

4.1.1.1. Pengujian sensor *proximity*

Pada tahap pengujian sensor *proximity*, dilakukan penyambungan sesuai dengan spesifikasi standar sensor, yaitu kabel cokelat (brown) dihubungkan ke sumber tegangan sebesar 12–36 VDC, sedangkan kabel biru (blue) dihubungkan ke V– atau ground sebagai referensi tegangan. Konfigurasi ini merupakan konfigurasi dasar untuk mengaktifkan sensor *proximity* agar dapat bekerja secara normal.

Pengujian dilakukan secara parsial, yaitu dengan menguji sensor secara terpisah dari sistem utama untuk memastikan fungsi dasar sensor berjalan dengan baik sebelum diintegrasikan ke dalam sistem keseluruhan. Pada proses pengujian, sensor menunjukkan respons yang stabil dan mampu mendeteksi objek dengan baik sesuai dengan karakteristik yang diharapkan. Perubahan kondisi *output* sensor terjadi secara konsisten saat objek berada dalam jarak deteksi.

Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa sensor *proximity* berfungsi dengan baik dan layak untuk digunakan dalam sistem. Dokumentasi hasil pengujian secara visual dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3, yang menunjukkan kondisi sensor saat mendeteksi dan tidak mendeteksi objek.



Gambar 4.1 *Proximity* kondisi jarak 2cm

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah *proximity* dapat menghidupkan *relay* untuk mengirim sinyal ke ESP32. Penggunaan *relay* pada *proximity* untuk mengirim sinyal diperlukan pada tipe *proximity* njk karena bekerja dengan prinsip PNP, dengan *output* berupa GND. Jadi, jadi jika *output* langsung dihubungkan ke pin GPIO pada ESP, maka gpio tidak ada logic *proximity* high atau low.

Tabel 4.1 pengujian *proximity*

jarak (mm)	<i>proximity</i> 1	<i>proximity</i> 2	<i>proximity</i> 3
10	mati	mati	mati
9	mati	mati	mati
8	mati	mati	mati
7	mati	mati	mati
6	mati	mati	mati
5	mati	mati	mati
4	hidup	hidup	hidup
3	hidup	hidup	hidup
2	hidup	hidup	hidup
1	hidup	hidup	hidup

Tabel 4.1 mendapatkan hasil yang sama yaitu pada jarak 10 -5 mm maka *proximity* pada kondisi mati sedangkan pada posisi 4-1mm *proximity* pada posisi hidup.

4.1.1.2. Pengujian motor dc

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah motor dapat bekerja dengan baik atau tidak pada beberapa kondisi dan apakah motor bisa berputar ke kanan dan ke kiri.

Tabel 4.2 pengujian motor dc

step	arah putaran		keterangan	
	kanan	kiri	kanan	kiri
600	mati	mati	bunyi	bunyi
800	hidup	hidup	aman	aman
1000	hidup	hidup	aman	aman
1200	hidup	hidup	aman	aman

Tabel 4.2 adalah tabel pengujian pada motor dc. Pada beberapa step, motor dc dapat bekerja pada step 800 microdelay; saat di bawah itu, motor akan tidak bergerak dan mengeluarkan bunyi .

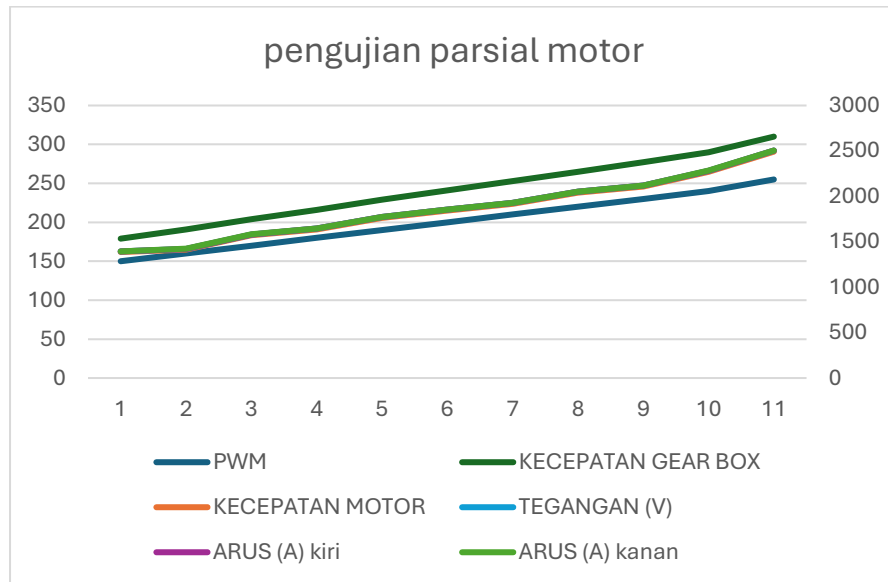
Oleh sebab itu, motor akan diganti menggunakan motor dc dengan kombinasi custom gearbox dengan rasio 1:45 , dan dari penggantian ini motor dapat bekerja dengan baik dan didapatkan data sebagai berikut.

Tabel 4.3 pengujian motor dc pengganti

PWM	KECEPATAN		TEGANGAN (V)	ARUS (A)	
	MOTOR	GEAR BOX		kiri	kanan
150	1387	29	6,56	0,3	0,26
160	1415	31	7,15	0,29	0,26
170	1573	34	7,62	0,28	0,25
180	1637	36	8,02	0,28	0,26
190	1763	39	8,49	0,29	0,26
200	1845	41	9,08	0,29	0,26
210	1918	43	9,47	0,29	0,26
220	2042	45	10,03	0,29	0,26
230	2109	47	10,35	0,29	0,26

Dari Tabel 4.3 didapatkan hasil yang sesuai dengan prediksi ketika pwm di tingkatan maka kecepatan motor akan meningkat dan di ikuti dengan naiknya

tegangan sedangkan arus cenderung stabil di angka 0.25-0.29A hasil ini juga di dukung dengan grafik pada gambar 4.3



Gambar 4.2 pengujian parsial motor

4.1.1.3. Pengujian magnet

Pengujian karakteristik mekanik ini bertujuan untuk menentukan ambang batas jarak (*distance threshold*) gaya tarik magnet dalam mengatasi inersia pelat baja. Pengukuran dilakukan secara linier menggunakan penggaris berketelitian 1 mm dengan mengurangi jarak magnet secara bertahap dari 10 mm hingga 1 mm. Hasil observasi visual menunjukkan bahwa pada rentang 10–2 mm belum terjadi reaksi mekanik karena intensitas fluks magnetik belum mencukupi untuk menarik objek.



Gambar 4.3 magnet pada gap 2 mm



Gambar 4.4 magnet pada gap 0mm

Gambar 4.4 dan 4.5 menjelaskan Magnet dapat menarik material dan menempel dengan kuat secara optimal pada jarak celah (*gap*) 0–1 mm. Namun, elektromagnet ini memiliki batasan area efektif, yaitu berjarak 5 cm dari titik pusat penampang magnet. Apabila permukaan material tidak berada di dalam cakupan area tersebut, gaya tarik magnet akan menurun drastis sehingga material tidak dapat ditarik dengan baik, atau bahkan gagal menempel sama sekali

Tabel 4.4 pengujian magnet

jarak (mm)	magnet 1	magnet 2
10	tidak menarik	tidak menarik
9	tidak menarik	tidak menarik
8	tidak menarik	tidak menarik
7	tidak menarik	tidak menarik
6	tidak menarik	tidak menarik
5	tidak menarik	tidak menarik
4	tidak menarik	tidak menarik
3	tidak menarik	tidak menarik
2	menarik	menarik
1	menarik	menarik

Tabel 4.4 pengujian magnet mendapatkan data pada magnet 1 dan 2 memiliki data yang sama yaitu berkerja pada jarak 2-1mm terhadap objek yang di tarik oleh magnet.

4.1.1.4. Pengujian silinder

Tahap pengujian parsial dilakukan untuk melakukan validasi mandiri terhadap performa aktuator linier (silinder) guna memastikan fungsionalitas komponen sebelum diintegrasikan ke dalam sistem kendali utama. Fokus utama pada pengujian ini adalah memverifikasi respons mekanik silinder terhadap metode pembalikan polaritas tegangan (*polarity reversal*), yang merupakan prinsip dasar penggerak motor DC pada alat ini. Dalam kondisi parsial, aktuator diuji untuk mengeksekusi gerakan memanjang (*extend*) saat diberikan polaritas tegangan normal, serta gerakan memendek (*retract*) saat polaritas tegangan dibalik melalui modul *driver*.



Gambar 4.5 silinder masuk

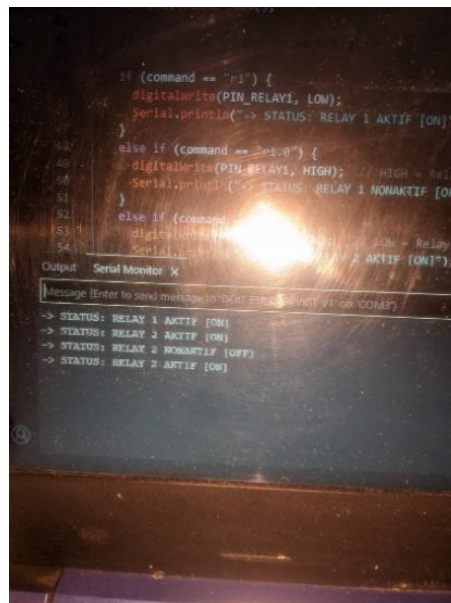
Pengujian ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik dasar silinder, seperti kelancaran langkah (*stroke*), konsumsi arus saat bergerak, dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai batas maksimal pergerakan. Hasil observasi menunjukkan bahwa aktuator mampu bertranslasi secara linier dengan stabil tanpa adanya hambatan mekanik internal yang berarti. Dengan tervalidasinya fungsi dasar ini secara parsial, aktuator linier dinyatakan memenuhi spesifikasi teknis dan siap untuk memasuki tahap integrasi dengan sensor serta logika pemrograman pada sistem *Depalletizer* secara keseluruhan.

4.1.1.5. Pengujian *relay*

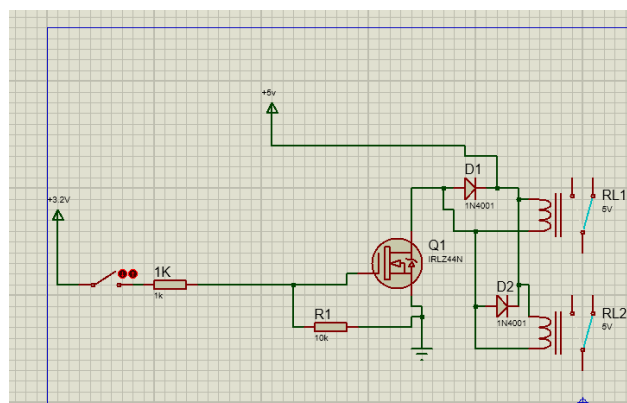
Pada pengujian ini terdapat 2 jenis *relay* yang di uji yaitu *relay* dc dan *relay* ac.

4.1.1.5.1. *Relay* dc

Pengujian ini bertujuan untuk memvalidasi performa *relay* DC sebagai unit penyambung daya (*switching*) untuk komponen magnet dan silinder (aktuator). Mengingat *mikrokontroler* ESP32 bekerja pada level logika 3.3 V sementara koil *relay* yang digunakan memerlukan tegangan 5V (atau lebih), maka sistem ini mengintegrasikan MOSFET sebagai *driver* atau penguat sinyal kontrol



Gambar 4.6 serial perintah *relay*

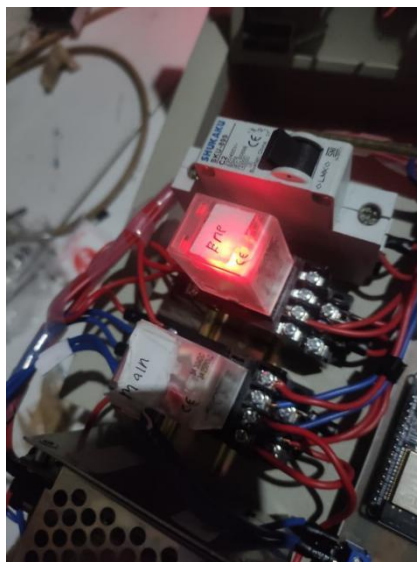


Gambar 4.7 pengujian simulasi *relay*

Berdasarkan hasil pengujian, penggunaan MOSFET sebagai *driver* terbukti efektif dalam mengatasi perbedaan level tegangan (*voltage mismatch*) antara ESP32 dan *relay*. MOSFET mampu merespons pulsa kendali secara instan tanpa menimbulkan panas berlebih (*overheating*), yang menandakan bahwa hambatan *drain-to-source* berada pada nilai minimum. Sistem ini menjamin stabilitas arus yang masuk ke koil *relay* sehingga aktivasi magnet dan silinder berjalan secara presisi sesuai dengan instruksi program

4.1.1.5.2. *Relay ac*

Pengujian ini bertujuan untuk memvalidasi fungsi *relay AC* sebagai mekanisme pengaman sekuensial (*Safety Interlock*) pada jalur distribusi daya utama. Dalam rancangan sistem ini, *Relay AC* berfungsi sebagai penghalang arus (*buffer*) yang mencegah komponen elektrik aktif secara spontan saat *Miniature Circuit Breaker* (MCB) dinyalakan. Hal ini sangat krusial untuk menghindari lonjakan arus (*inrush current*) dan potensi bahaya mekanik akibat gerakan aktuator yang tidak terduga saat sistem pertama kali menerima daya.



Gambar 4.8 pengujian sistem *relay ac*

Gambar 4.8 menunjukkan bahwa *relay ac* pada sistem interlock berhasil berfungsi dengan baik dan normal. Pada sistem ini digunakan 2 *relay*, yaitu satu untuk sistem keamanan dan sistem main power .

Adanya sistem ini bertujuan agar esp tidak langsung masuk mode *idle* saat pertama kali MCB dinyalakan.

4.1.1.6. Kalibrasi *power supply*

Tahap kalibrasi merupakan prosedur krusial dalam pengujian parsial, khususnya pada unit catu daya (*Power supply Unit*) yang dilengkapi dengan fitur Potensiometer Variable Adjustment (*Vadj*). Prosedur ini bertujuan untuk memastikan stabilitas tegangan *output* agar selaras dengan kebutuhan nominal komponen elektrik, seperti sensor, *relay*, dan *mikrokontroler*. Mengingat setiap komponen memiliki toleransi tegangan yang spesifik, kalibrasi dilakukan untuk meminimalisir risiko kegagalan sistem akibat *undervoltage* yang dapat memicu *reset* pada ESP32 atau *overvoltage* yang berpotensi merusak sirkuit semikonduktor.

4.1.1.7. Pengujian *limit switch*

Pengujian ini bertujuan untuk memvalidasi peran *limit switch* dalam mendeteksi status pergerakan aktuator linier (silinder). Mengingat aktuator linier bekerja berdasarkan durasi waktu yang bisa bervariasi tergantung beban, penggunaan *limit switch* menjadi sangat krusial sebagai sistem umpan balik posisi (*positional feedback*). Sensor ini memastikan sistem kontrol mengetahui secara akurat kapan silinder telah mencapai kondisi memanjang penuh (*fully extended*) atau masuk sepenuhnya (*fully retracted*).



Gambar 4.9 kondisi tidak ditekan

Gambar 4.9 adalah proses pada pengecekan apakah *limit switch* tidak akan terhubung saat posisi tidak di tekan dengan menunjukan pada multimeter menunjukan angka OL atau overload yang mengartikan tidak ada hubungan



Gambar 4.10 kondisi ditekan

Gambar 4.10 adalah pengujian saat ditekan dan menunjukan hasil berupa angka random yang mengartikan adanya hubungan pada sistem *limit switch*.

4.1.2. Pengujian parsial dengan mekanik

Pengujian pada tahap ini bertujuan untuk mengevaluasi dan memvalidasi keandalan fungsional prototipe mesin *Depalletizer*, baik dari aspek performa mekanis struktural maupun sinkronisasi sistem kendali otomatisnya. Melalui tahapan ini, integrasi seluruh komponen akan dinilai secara menyeluruh guna memastikan mesin dapat mengeksekusi siklus kerja dengan presisi.

4.1.2.1. Pengujian penggerak *Depalletizer*

Pengujian penggerak *Depalletizer* dilakukan agar dapat diketahui apakah motor DC menggerakkan as atau shaft penghubung agar dapat menarik rantai yang juga terhubung ke mesin utama *Depalletizer*.

Pada pengujian, ada beberapa parameter yang diuji: pertama, kondisi pwm pada duty cycle berapa, rpm pada motor, rpm keluaran gearbox, lalu waktu yang

diperlukan mesin *Depalletizer* agar dapat bergerak dari ujung forward dan kembali ke ujung backward . Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.5 .

Tabel 4.5 pengujian penggerak *Depalletizer*

PWM	KECEPATAN (RPM)		TEGANGAN (V)	ARUS (A)		Waktu (menit)
	MOTOR	GEAR BOX		kiri	kanan	
100	941	20	4,5	0,3	0,26	5:56
110	1035	23	4,9	0,3	0,26	5:34
120	1129	25	5,41	0,3	0,26	5:13
130	1223	27	5,86	0,3	0,26	4:53
140	1317	28	6,31	0,3	0,26	4:30
150	1387	29	6,56	0,3	0,26	4:11
160	1415	31	7,15	0,29	0,26	3:53
170	1573	34	7,62	0,28	0,25	3:39
180	1637	36	8,02	0,28	0,26	3:21
190	1763	39	8,49	0,29	0,26	3:11
200	1845	41	9,08	0,29	0,26	3:06
210	1918	43	9,47	0,29	0,26	2:58
220	2042	45	10,03	0,29	0,26	2:41
230	2109	47	10,35	0,29	0,26	2:39
240	2271	50	10,83	0,29	0,26	2:34

Tabel 4.5 menunjukkan hasil pengujian pergerakan depalletizer pada pwm 100-255 pada pengujian ini dapat dilihat pada pwm 100 tegangan motor sudah pada batas paling kecil motor untuk berkerja yaitu 5v tapi motor masih dapat berkerja tapi dengan rpm sangat kecil sampai di bilang sistem tidak berkerja. Pada percobaan ini sistem berkerja tanpa menggunakan beban sama sekali hanya menggunakan beban dari berat silinder dan magnet.

4.1.2.2. Pengujian *lifting*

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui berat maksimal yang dapat diangkat oleh sistem magnet *lifting* pada mesin *Depalletizer*. Pengujian ini menggunakan beberapa parameter, yaitu berat plat yang diangkat dan kondisi sistem *lifting* berhasil diangkat atau malah dijatuhkan.

Table 4.6 Table pengujian *lifting*

No	Berat Plat (gram)	Kondisi
1	125	Terangkat semua
2	250	Terangkat semua
3	375	Terangkat semua
4	500	3 terangkat 1 jatuh

Tabel 4.6 menunjukkan hasil pengujian parsial *lifting* mekanik yang menggunakan magnet elektromagnetik pencekram plat besi dan silinder akuator sebagai sistem *lifting* pada proyek ini, dari hasil ini magnet dapat mengangkat besi dengan berat 375 gram tapi pada pengujian ini didapatkan hasil pengamatan jika magnet harus benar benar menempel pada material saat proses pengambilan material dengan gap maksimal 1mm di karena kan pada pengujian plat 500 gram yaitu menggunakan 4 plat besi dan itu menyebabkan besi ke 4 tidak terkena daerah efektif magnet.

4.1.2.3. Pengujian posisi *Depalletizer*

Pada pengujian ini digunakan kemampuan dari sensor *proximity* untuk mengetahui apakah *proximity* berfungsi dengan baik pada mesin ini.



Gambar 4.11 posisi *Depalletizer*

Gambar 4.11 adalah gambar posisi *Depalletizer* pada posisi auto drop pada pengujian parsial posisi *Depalletizer*. Dengan hasil ini, dapat dinyatakan bahwa *Depalletizer* dapat bekerja dan mengetahui di posisi mana mesin berada.

4.1.2.4. Pengujian *homing*

Homing bertujuan untuk mengetahui apakah sistem program sudah benar dan apakah mesin dapat kembali ke posisi *homing* dengan baik sebelum sistem *auto start* dimulai .



Gambar 4.12 *homing* proses

Gambar 4.13 menampilkan indikator keberhasilan proses *homing* pada sistem kendali. Kondisi sukses ini dicapai ketika seluruh relai aktuator (relai silinder dan relai magnet) dinonaktifkan, serta sensor *proximity* 1 (posisi *backward*) terdeteksi aktif (*LOW*). Logika pemrograman yang digunakan untuk mengeksekusi tahapan keberhasilan *homing* ini diimplementasikan melalui potongan kode berikut:

```
case HOMING_INIT:
  allRelayOff();
  motorStop();
  logState("HOMING_INIT");
  lcdPrintRow(1, "Relay OFF");
  lcdPrintRow(2, "Tunggu LMS4 LOW...");
  currentState = HOMING_WAIT_LMS4;
  break;

case HOMING_WAIT_LMS4:
  if (lms4) {
    Serial.println("[HOMING] LMS4 LOW = motor: putar KANAN");
    logState("HOMING MOTOR");
    lcdPrintRow(1, "LMS4 Aktif (LOW)");
    lcdPrintRow(2, "Motor: PUTAR KANAN");
    lcdPrintRow(3, "Mencari Sensor PXL");
    motorRight();
    currentState = HOMING_MOTOR_RIGHT;
  }
  break;

case HOMING_MOTOR_RIGHT:
  if (pxl) {
    Serial.println("[HOMING] PXL LOW = motor: STOP");
    if (lms4) {
      currentState = HOMING_SUCCESS;
      logState("HOMING SUCCESS");
      lcdPrintRow(1, "PXL & LMS4 Terpenuhi!");
      lcdPrintRow(2, "Ketik 'auto'");
    }
  }
  break;
```

Gambar 4.13 coding *homing*

4.1.2.5. Pengujian *auto start*

Pengujian pada pemfungsian otomatis ini dilakukan untuk memvalidasi performa sekuensial mesin agar dapat dipastikan bekerja sesuai dengan algoritma *state machine* yang telah dirancang. Keberhasilan dalam pengujian kontrol otomatis ini menjadi standar parameter yang sangat penting; apabila mesin belum mampu

bekerja secara mandiri dengan stabil pada tahap ini, maka pengujian integrasi menyeluruh antarsubsystem belum dapat dideklarasikan aman untuk dilanjutkan.



Gambar 4.14 mode auto proses

Gambar 4.14 memperlihatkan indikator visual saat mesin *Depalletizer* telah memasuki mode otomatis (*auto mode*). Sebagaimana telah dipaparkan pada Bab III mengenai perancangan sistem sekuensial, pengaktifan mode otomatis ini memiliki prasyarat mutlak (*prerequisite*). Sistem diwajibkan menyelesaikan tahapan inisialisasi awal atau moda *homing* terlebih dahulu demi menjamin seluruh komponen mekanis berada pada titik awal yang aman sebelum siklus kerja otomatis dapat dieksekusi.

4.2. Pengujian intergrasi

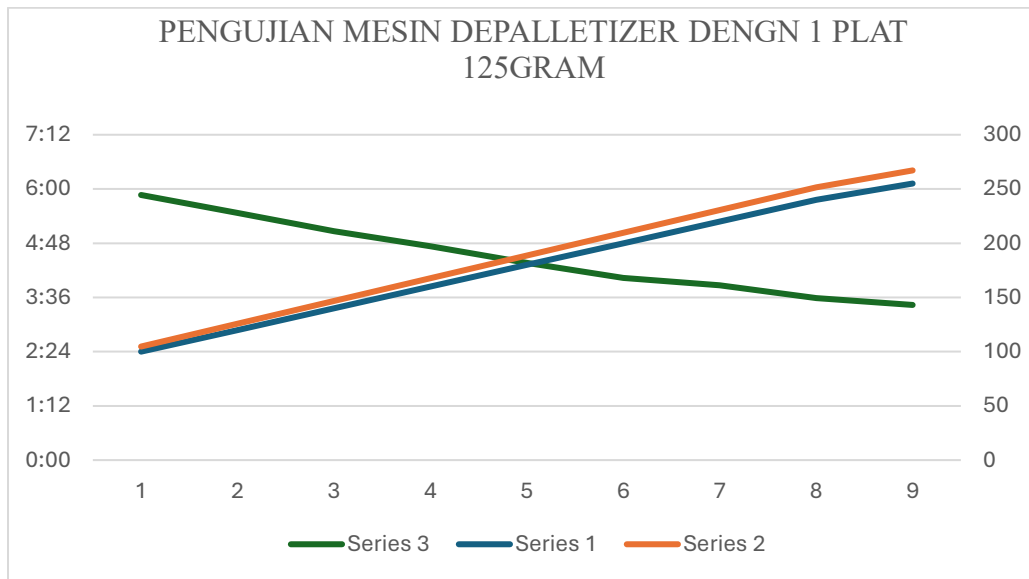
Tahap pengujian integrasi ini diselenggarakan untuk mengevaluasi efektivitas inisialisasi awal sistem serta menguji stabilitas mekanis objek (pelat) selama dinamika pergerakan pada mesin *Depalletizer*. Melalui simulasi ini, aspek keamanan pergerakan dipantau secara saksama guna memitigasi risiko kegagalan berupa jatuhnya pelat saat sistem mekanik sedang beroperasi. Selanjutnya, data empiris yang dihimpun akan direkam sebagai bahan evaluasi komprehensif untuk mengidentifikasi defisiensi atau kelemahan pada prototipe, sekaligus menjadi acuan fundamental (*lessons learned*) demi mempermudah proses pengembangan dan penyempurnaan sistem di masa mendatang.

Pengujian di lakukan sebanyak 3 kali dengan menggunakan 3 plat dan didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.7 pengujian intergrasi *Depalletizer* plat 1

MASSA BESI :125gram PLAT:1						
NO	PWM	RPM GEARBOX	ARUS	TEGANGAN	WAKTU	KETERANGAN
1	100	20	0,3	4,7	5:52	BERHASIL
2	120	25	0,3	5,69	5:28	BERHASIL
3	140	28	0,3	6,64	5:04	BERHASIL
4	160	31	0,3	7,57	4:44	BERHASIL
5	180	36	0,3	8,54	04:22	BERHASIL
6	200	41	0,31	9,47	04:02	BERHASIL
7	220	45	0,32	10,42	03:52	BERHASIL
8	240	50	0,33	11,37	03:35	BERHASIL
9	255	55	0,33	12,11	03:26	BERHASIL

Tabel 4.7 adalah hasil pengujian prototipe mesin *Depalletizer* menggunakan 1 plat dengan berat 125 gram pada pengujian ini dapat dilihat data memiliki hasil yang mirip saat tanpa beban. Pengujian tersebut juga di dukung dengan grafik sebagai berikut.



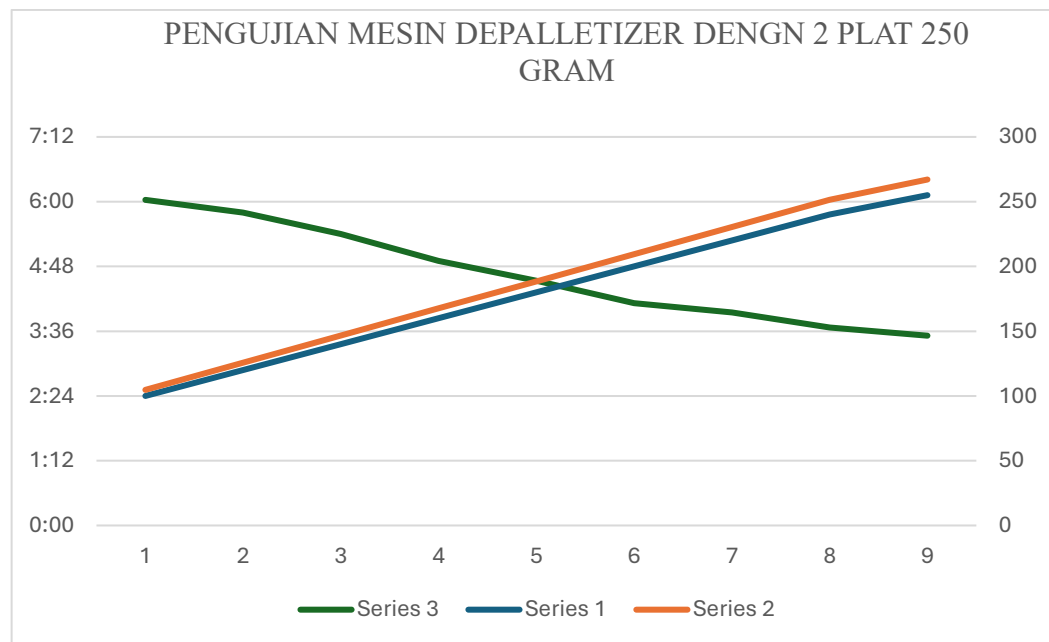
Gambar 4.15 pengujian 1 plat 125gram

Gambar 4.15 menunjukkan pengujian prototipe *Depalletizer* pada saat mengangkat pelat 1 dengan berat 125 gram . Pada saat pwm di tingkatan pergerakan *Depalletizer* menjadi semakin cepat dan waktu yang dibutuhkan akan semakin sedikit.

Tabel 4.8 pengujian intergrasi dengan plat 2

MASSA BESI :250gram PLAT:2						
NO	PWM	RPM GEARBOX	ARUS	TEGANGAN	WAKTU	KETERANGAN
1	100	20	0,3	4,7	6:02	BERHASIL
2	120	24	0,3	5,69	5:48	BERHASIL
3	140	26	0,3	6,64	5:24	BERHASIL
4	160	29	0,3	7,57	4:54	BERHASIL
5	180	34	0,3	8,54	04:32	BERHASIL
6	200	39	0,31	9,47	04:07	BERHASIL
7	220	43	0,32	10,42	03:57	BERHASIL
8	240	48	0,33	11,37	03:40	BERHASIL
9	255	53	0,33	12,11	03:31	BERHASIL

Tabel 4.8 adalah hasil pengujian prototipe mesin *Depalletizer* menggunakan 2 plat dengan berat 250 gram pada peengujian ini juga sama mendapatkan hasil pengujian yang sama dengan pengujian sebelumnya tapi pada pengujian ini rpm mulai turun dikarenakan beban yang lebih berat.



Gambar 4.16 pengujian dengan 2 plat 250gram

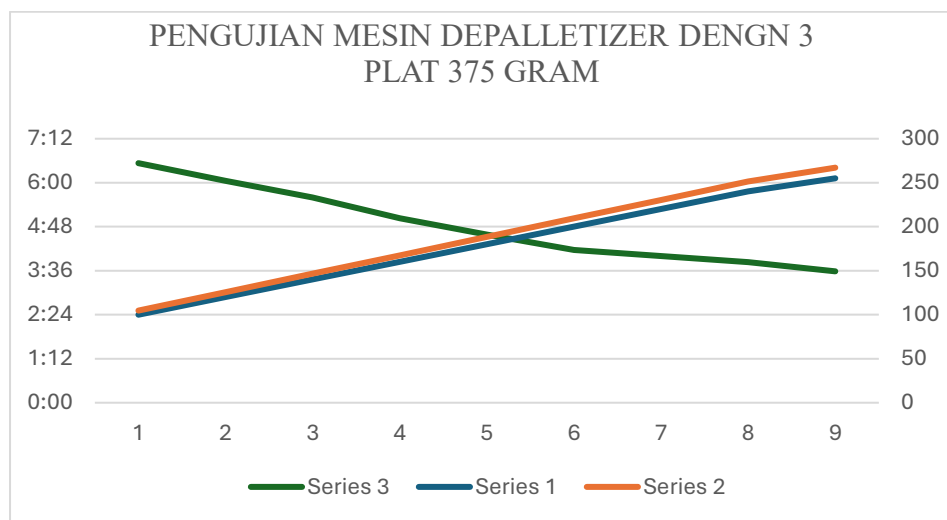
Gambar 4.16 menunjukkan pengujian prototipe *Depalletizer* pada saat mengangkat pelat 2 dengan berat 250 gram .Pada saat pwm di tingkatan pergerakan *Depalletizer* menjadi semakin cepat dan waktu yang dibutuhkan akan semakin sedikit.

Tabel 4.9 pengujian intergrasi plat 3

MASSA BESI :375gram PLAT:3						
NO	PWM	RPM GEARBOX	ARUS	TEGANGAN	WAKTU	KETERANGAN
1	100	19	0,3	4,7	6:32	BERHASIL
2	120	22	0,3	5,69	6:03	BERHASIL
3	140	25	0,3	6,64	5:36	BERHASIL
4	160	27	0,3	7,57	5:02	BERHASIL
		32				
55	180		0,31	8,54	04:35	BERHASIL
6	200	37	0,31	9,47	04:10	BERHASIL

7	220	41	0,32	10,42	04:00	BERHASIL
8	240	46	0,33	11,37	03:50	BERHASIL
9	255	51	0,33	12,11	03:35	BERHASIL

Tabel 4.9 adalah hasil pengujian prototipe mesin *Depalletizer* menggunakan 3 plat dengan berat 375 gram sama hal nya dengan peguujian 250 gram pada pengujian ini juga rpm ikut turun dikarenakan beban pengujian yang lebih berat



Gambar 4.17 pengujian dengan 3 plat 375gram

Gambar 4.17 menunjukkan pengujian prototipe *Depalletizer* pada saat mengangkat pelat 2 dengan berat 250 gram .Pada saat pwm di tingkatan pergerakan *Depalletizer* menjadi semakin cepat dan waktu yang dibutuhkan akan semakin sedikit

Tabel 4.10 penngujian inntergrasi plat 4

MASSA BESI :500 gram PLAT:4						
NO	PWM	RPM GEARBOX	ARUS	TEGANGAN	WAKTU	KETERANGAN
1	100	-	-	-	-	GAGAL PLAT JATUH
2	120	-	-	-	-	GAGAL PLAT JATUH

3	140	-	-	-	-	GAGAL PLAT JATUH
4	160	-	-	-	-	GAGAL PLAT JATUH
55	180	-	-	-	-	GAGAL PLAT JATUH
6	200	-	-	-	-	GAGAL PLAT JATUH
7	220	-	-	-	-	GAGAL PLAT JATUH
8	240	-	-	-	-	GAGAL PLAT JATUH
9	255	-	-	-	-	GAGAL PLAT JATUH

Tabel 4.10 adalah pengujian pada saat mengangkat 4 plat dengan total 500gram terjadi kegagalan sistem yaitu magnet gagal mengangkat semua plat dikarenakan pada salah satu plat berada pada daerah non efektif magnet jadi besi tidak tertarik oleh magnet.

Dari 4 pengujian di atas mendapatkan kesimpulan bahwa pengujian integrasi mesin *Depalletizer* pada 4 variasi massa pelat (125 gram, 250 gram, dan 375 gram, 500 gram), terdapat korelasi linier yang konsisten antara nilai PWM dari *mikrokontroler* ESP32 dengan performa tegangan motor, kecepatan mekanis, dan durasi operasional. Peningkatan nilai PWM dari 100 menjadi 255 secara proporsional menaikkan tegangan masukan motor dari 4,7 V menjadi 12,11 V. Kenaikan tegangan ini terbukti efektif dalam memangkas waktu siklus kerja mesin; sebagai contoh, pada beban 125 gram, durasi perpindahan material berhasil direduksi secara signifikan dari 05:52 (PWM 100) menjadi hanya 03:26 (PWM 255). Tren efisiensi waktu yang serupa juga terjadi pada seluruh variasi beban lainnya.

Lebih lanjut, analisis silang terhadap ketiga tabel tersebut menunjukkan adanya pengaruh gaya inersia beban terhadap kecepatan putar aktual (RPM) dan konsumsi arus. Meskipun menerima tegangan (PWM) yang sama, penambahan beban mekanis menyebabkan terjadinya sedikit penurunan pada kecepatan putaran

gearbox. Sebagai contoh, pada kondisi PWM maksimal (255), kecepatan rotasi tercatat sebesar 55 RPM untuk beban 125 gram, lalu turun menjadi 53 RPM pada beban 250 gram, dan menjadi 51 RPM pada beban 375 gram. Penurunan kecepatan aktual ini secara logis menyebabkan waktu tempuh pemindahan menjadi sedikit lebih lama seiring bertambahnya massa material (03:26 pada 125 g, 03:31 pada 250 g, dan 03:35 pada 375 g). Dari segi elektrik, sistem kontrol motor melakukan kompensasi daya untuk mengatasi hambatan beban tersebut, yang terlihat dari peningkatan konsumsi arus pada putaran rendah, meskipun pada akhirnya cenderung stabil di angka batas atas sistem, yaitu 0,33 A pada putaran tinggi (PWM 240 dan 255).

Namun pada pwm 100 meskipun status material bisa dibilang berhasil tapi waktu yang dibutuhkan pada proses tersebut termasuk sangat lama (05:52 sampai 06:32) hal ini bisa menyebabkan keausan pada gear box di karena kan rpm tidak cukup untuk meenggerakan gear box dengan baik pada beban yang cukup berat

Keberhasilan perpindahan material pada sistem ini juga sangat bergantung pada performa dan karakteristik mekanisme *lifting* berbasis elektromagnet. Berdasarkan observasi teknis, gaya tarik magnet bekerja secara maksimal dan mampu menahan material dengan kuat hanya pada rentang jarak celah (*gap*) 0–1 mm. Selain batasan jarak, performa daya angkat ini sangat dipengaruhi oleh area cakupan medan magnet efektif (*effective magnetic area*), yaitu sejauh 5 cm dari titik pusat penampang magnet. Apabila dimensi permukaan material berada di luar area efektif tersebut, kerapatan fluks magnetik tidak akan mencukupi untuk menarik beban, yang mengakibatkan material terlepas atau bahkan tidak menempel sama sekali. Namun, dengan memperhatikan batasan jarak dan area efektif magnet tersebut, serta mengatasi fluktuasi mekanis beban, indikator pengujian secara keseluruhan menunjukkan status "BERHASIL". Hal ini menegaskan bahwa desain sistem mekanik, elektrik, dan elektromagnetik pada prototipe *Depalletizer* ini andal, stabil, dan mampu beroperasi 100% secara otomatis hingga batas pembebanan 375 gram

4.3. Desain akhir *Depalletizer*

Subbab ini menjelaskan desain akhir pada mesin *Depalletizer* dan setiap fungsi pada mesin.



Gambar 4.18 desain akhir *Depalletizer*

Realisasi fisik pada desain akhir ini tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dengan rancangan awal yang telah dimodelkan menggunakan perangkat lunak *AutoCAD*. Setiap komponen dan subsistem pada mesin *Depalletizer* ini memiliki fungsi spesifik masing-masing yang saling terintegrasi secara sistematis, sehingga keseluruhan sistem dapat beroperasi dengan tingkat sinkronisasi dan kinerja yang optimal.

1. Motor DC
2. Gearbox
3. Box panel kontrol
4. Magnet electro
5. Silinder akuator
6. Rantai penarik
7. Pillow block and gear

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 5.

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pembuatan, serta pengujian komprehensif yang telah diuraikan pada Bab 4, maka dapat ditarik kesimpulan yang menjawab seluruh rumusan masalah dan tujuan dari tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Prototipe sistem *magnet lifting Depalletizer* berbasis ESP32 telah berhasil dirancang dan dibangun. Realisasi fisik alat menunjukkan tingkat presisi dan sinkronisasi yang tinggi, selaras dengan rancangan awal pemodelan pada perangkat lunak AutoCAD. Sistem penggerak utama mekanik berhasil diwujudkan

menggunakan kombinasi motor DC dengan *custom gearbox* rasio 1:45, poros (*shaft*), serta sistem rantai penarik yang mampu menstranslasikan pergerakan material dari titik *forward* ke *backward* secara stabil dan linier. Desain ini membuktikan bahwa konsep alat berat pemindah material industri dapat direplikasi secara fungsional ke dalam bentuk prototipe akademik.

2. Implementasi sistem kontrol otomatis melalui integrasi subsistem mekanik, elektrik, dan *software* (ESP32) terbukti berhasil dan berjalan sekuensial:

- Integrasi Sensor dan Umpan Balik: Sensor *proximity* NJK (dengan prinsip NPN) berhasil diintegrasikan ke ESP32 menggunakan relai perantara untuk memastikan sinyal logika (*High/Low*) terbaca aman. *Limit switch* juga berfungsi optimal sebagai sistem umpan balik posisi (*positional feedback*) untuk membatasi gerakan silinder.

- Integrasi Aktuator dan Keamanan Daya: Kendala perbedaan tegangan (*voltage mismatch*) berhasil diatasi menggunakan MOSFET sebagai *driver* untuk menguatkan sinyal 3.3 V dari ESP32 menuju koil relai 5 V tanpa terjadi panas berlebih (*overheating*). Selain itu, relai AC sukses diaplikasikan sebagai mekanisme *Safety Interlock* untuk mencegah lonjakan arus sesaat (*inrush current*).

- Integrasi Perangkat Lunak: Algoritma kontrol logika (*state machine*) pada *mikrokontroler* ESP32 terbukti andal dalam mengeksekusi tahapan *Homing* (inisialisasi awal posisi aman) dan Auto Mode (siklus kerja operasional berulang secara mandiri).

3. Kinerja sistem *magnet lifting* beserta batas kemampuannya dalam memindahkan material pada skala prototipe telah teruji dengan parameter berikut:

- Batas Maksimum Gaya Angkat (Beban & Jarak): Prototipe sistem elektromagnet ini memiliki batas maksimum kemampuan angkat yang aman pada beban pelat besi 375 gram. Magnet hanya dapat menempel kuat pada jarak celah (*gap*) 0–1 mm dengan area efektif medan magnet maksimal sejauh 5 cm dari titik pusat penampang magnet. Sistem mengalami kegagalan pada beban 500 gram karena dimensi pelat melebihi cakupan area efektif magnetik, sehingga kerapatan fluks magnet turun drastis.

- Kinerja Perpindahan Material: Kecepatan siklus perpindahan material sangat bergantung pada variasi sinyal PWM, tegangan motor, dan gaya inersia beban.

Rentang kerja optimal berada pada PWM 100 hingga 255 (berkorelasi dengan tegangan 4.7 V hingga 12,11 V).

-Efisiensi Sistem: Beban pelat memberikan efek inersia yang menurunkan putaran *gearbox* aktual (dari 55 RPM pada 125 g, turun menjadi 51 RPM pada 375 g di kondisi PWM maksimal). Meskipun terjadi fluktuasi waktu (waktu tercepat 03:26 pada beban 125 g) dan sedikit kenaikan konsumsi arus akibat kompensasi beban mekanis, sistem secara konsisten mencatatkan keberhasilan operasional 100% pada rentang beban 125–375 gram.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil pengujian, analisis, serta keterbatasan yang ditemukan pada prototipe mesin *Depalletizer* ini, berikut adalah beberapa saran teknis yang direkomendasikan untuk pengembangan lebih lanjut jika terdapat alokasi pendanaan berikutnya:

1. Penggantian *mikrokontroler* dari menggunakan esp 32 menjadi plc
2. Upgrade motor dc menjadi ac
3. Pengambahan tombol manual untuk mempermudah perbaikan
4. Pembuatan alat dalam skala besar agar dapat digunakan di kampus untuk mengangkat plat baja atau pun pembelajaran industri
5. Upgrade magnet elektromagnetic menjadi epm (electro permanent magnet)

Itu adalah beberapa saran pengembangan pada alat *Depalletizer*.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

Daftar pustaka

Isna, A. (2025). *Rancang bangun sistem otomasi palletizing menggunakan model pemrograman industri berorientasi objek*. Jurnal Teknologi Industri.

Ibrahim, B. (2025). *Perancangan semi-automatic material handling and feeding machine pada industri pembuatan baut*. Jurnal Teknik Mesin.

Hadi, Z. (2020). *Modul praktikum pengenalan ESP32*. Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.

Honeywell Automation. (2022). *Depalletizing solutions for warehouse automation*. Honeywell Process Solutions.

Holy Motor. (2022). *What is a NEMA 17 stepper motor?* Holry Motor Technical Article.

- HVR Magnet. (2022). *Magnetic gripper working principle*. HVR Magnet Blog.
- Jurnal Teknik Universitas Jenderal Achmad Yani. (2022). *Perancangan sistem otomasi berbasis PLC*. Jurnal Teknik Unjani.
- Jurnal Teknobiz Universitas Pancasila. (2021). *Implementasi sistem kontrol otomasi industri*. Journal Teknobiz.
- MDPI. (2021). *Automation and robotic handling systems for industrial applications*. Applied Sciences, 11(24).
- Packaging World Insights. (2023). *Unlock efficiency: Mastering palletizing and depalletizing for streamlined operations*.
- Petro Training Asia. (2021). *Mengenal lifting plan: pengertian, manfaat, tujuan, dan contoh*.
- Physics Stack Exchange. (2016). *Electromagnetic force equation clarification*.
- Radius Indonesia. (2021). *Pulse width modulation (PWM) pada sistem kontrol dan instrumentasi industri*.
- Tech-Long. (2023). *Palletiser and depalletiser machine overview*. Tech-Long Packaging Machinery.
- WelTec. (2020). *Electromagnetic force equation reference*. WelTec Learning Resources.
- Zetek UAE. (2020). *Electromagnetic lock ELOCK-300 datasheet*.
- Ditempel.com. (2021). *Membedakan motor dc unipolar dan bipolar*.
- Electins.id. (2022). *ESP32 DevKit V1 specification and application*.

LAMPIRAN

DATASHEET ESP32

ESP32 Series

Datasheet Version 5.2

2.4 GHz Wi-Fi + Bluetooth® + Bluetooth LE SoC

Including:

ESP32-D0WD-V3
ESP32-U4WDH
ESP32-S0WD – [Not Recommended for New Designs \(NRND\)](#)
ESP32-D0WD – [Not Recommended for New Designs \(NRND\)](#)
ESP32-D0WDQ6 – [Not Recommended for New Designs \(NRND\)](#)
ESP32-D0WDQ6-V3 – [Not Recommended for New Designs \(NRND\)](#)
ESP32-D0WDR2-V3 – [End of Life \(EOL\)](#), upgraded to ESP32-D0WDRH2-V3



www.espressif.com

DATASHEET MAGNET



elock-300

Features

elock-300 electromagnetic locks offer cost effective solution with easy installation & suitable for variety of application . It has no moving parts thus keeping maintenance to a minimum.
All types of brackets are available to ease installation for both in-swing & out-swing doors.

Specification

- 300lbs holding force
- Dual voltage 12 & 24 Vdc
- Current drawn 330mA / 165mA
- MOV surge protection
- Fail-Safe type
- Miniature size suitable for small doors
- Dimension : -
Magnet : 170(L) X 40(W) X 22(D) mm
Armature Plate : 130(L) X 33(W) X 11(D) mm

elock[®]
Your Security is Our Responsibility

Kyodensha Technologies (M) Sdn Bhd 00000043
Information Communication Technologies (M) Sdn Bhd 00000044
Digit Innovation Technologies (M) Sdn Bhd 00000045

No. 7 Jalan TPP 1/15, Taman Industri Puchong
Batu 12, Jalan Puchong, 47100 Puchong
Selangor, Malaysia

TEL +603 8961 4566 +603 8661 3201
FAX +603 8961 1715
WEB www.elock2u.com
EMAIL sales@elock2u.com

environment shall not exceed 50%. When the ambient temperature is 20 °C, the relative humidity of the working environment shall not exceed 90%.

C) Atmospheric pressure: 86kPa ~ 106kPa.

D) Protection class: IP50.

This series of controller is designed for embedded automation system, external protection should be provided during installation, and it is recommended to be placed in the control box.

1.4 Electrical Parameters

The controller can provide at most 2 channels of output, which have been configured before delivery. For details, see Table 1.1 Circuit Description.

Table 1.1 Circuit Description		
No.	Model	Output Number
1	HEPC21-100	1
2	HEPC21-200	2

This product can be used for 110V, 220V, 380V, 450V voltage grades. Each voltage needs to be equipped with a different voltage grade transformer before leaving the factory, the details are determined by the user before ordering, before users apply, please check in advance whether the input voltage on the controller nameplate is the same as the operating voltage, otherwise, the controller will be burned.

Table 1.2 shows the electrical parameters of HEPC21 with different voltage levels.

Table 1.2 The Electrical Parameters with Different Voltage Levels.				
No.	Input Voltage	Output Voltage	Output Current	Max Power Dissipation
1	AC110V	Max(DC45V)	Max(100A)	4.5kw(max)
2	AC220V	Max(DC90V)	Max(100A)	9kw(max)
3	AC380V	Max(DC170V)	Max(100A)	17kw(max)
4	AC450V	Max(DC200V)	Max(100A)	20kw(max)

1.5 Controller Composition

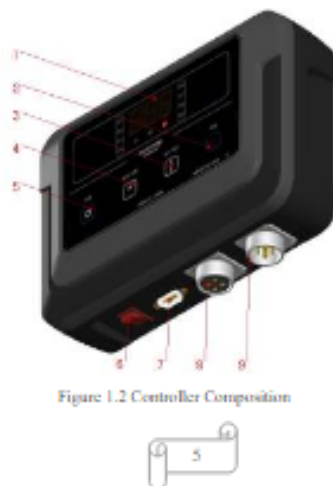
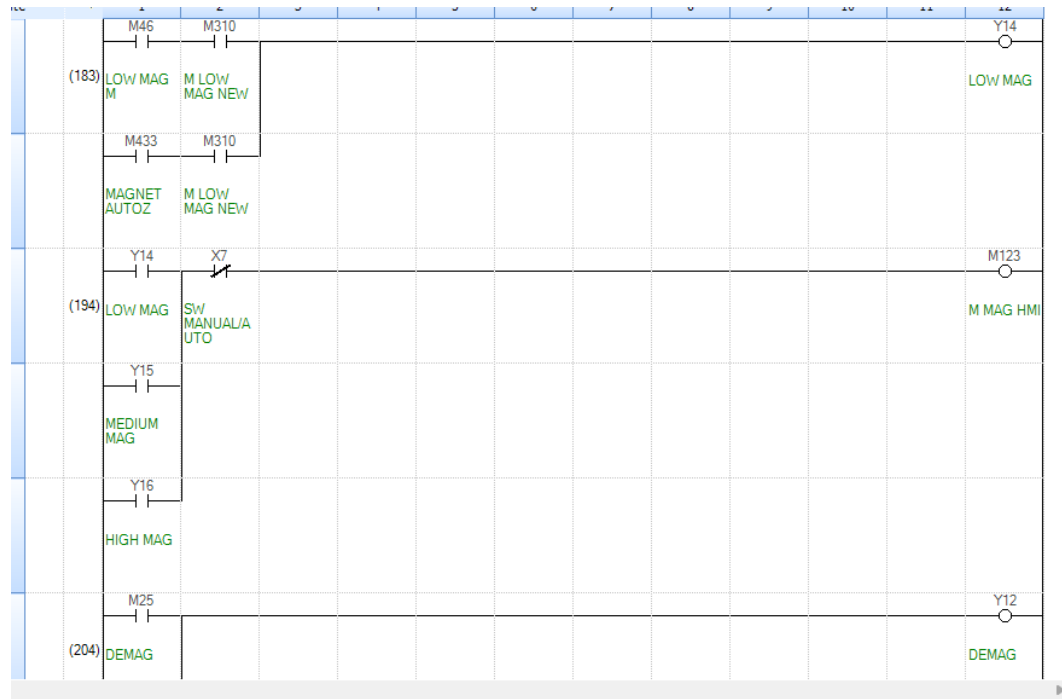


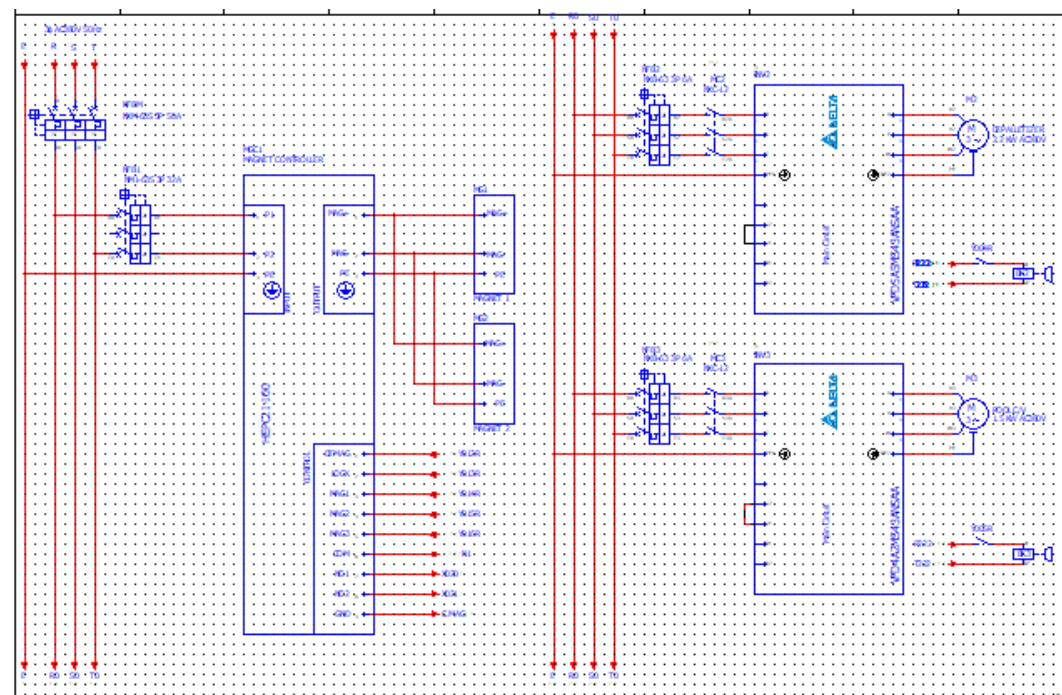
Figure 1.2 Controller Composition

Lampiran 3.1

PLC INDUSTRI



WIRING INDUSTRI



data pergerakan *Depalletizer* dari industri

depall forward								
tegangan(V)	frekuensi(Hz)	arus(A)		waktu (S)				
		clamp meter	inverter	0	10kg	20kg	30kg	40kg
400V	10	7	1,64	22	22	22	22	21
	20	7	1,71	14	14	14	14	14
	30	6,6	1,76	9	9	9	9	9
	40	6	1,77	7	7	7	7	7
	50	5,1	1,78	5	5	5	5	5
depall backward								
tegangan(V)	frekuensi(Hz)	arus(A)		waktu (S)				
		clamp meter	inverter	0	10kg	20kg	30kg	40kg
400V	10	7,3	1,67	22	22	22	21	21
	20	7,1	1,71	14	14	14	13	13
	30	6,8	1,75	9	9	9	9	9
	40	6,2	1,78	7	7	7	7	7
	50	5,3	1,78	5	5	5	5	5

Coding *Depalletizer*

```

//
=====

// ESP32 Control System - State Machine + LCD I2C 20x4

// PX1=25 PX2=33 PX3=32 LM34=34

// RELAY_SILINDER=27 RELAY_MAGNET=26

// EN_BTS=18 LPWM=14 RPWM=13

//
=====

#include <Wire.h>

#include <LiquidCrystal_I2C.h>

// --- Pin Definitions ---

#define PX1      25

#define PX2      33

#define PX3      32

#define LM34     34

#define RELAY_SILINDER 27

#define RELAY_MAGNET  26

#define EN_BTS     18

#define LPWM       14

#define RPWM       13

```

```
// --- PWM Settings ---
```

```
#define PWM_FREQ 1000
```

```
#define PWM_RES 8
```

```
#define MOTOR_SPEED 180 // 0-255
```

```
// --- LCD Initialization ---
```

```
// Alamat I2C umumnya 0x27 atau 0x3F, ukuran 20 kolom x 4 baris
```

```
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
```

```
//
```

```
=====
```

```
=====
```

```
// State Definitions
```

```
//
```

```
=====
```

```
=====
```

```
enum State {
```

```
    IDLE,
```

```
    HOMING_INIT,
```

```
    HOMING_WAIT_LM34,
```

```
    HOMING_MOTOR_RIGHT,
```

```
    HOMING_SUCCESS,
```

```
    AUTO_SILINDER_ON,
```

```

    AUTO_WAIT_PX2,

    AUTO_MAGNET_ON,

    AUTO_WAIT_SILINDER_OFF,

    AUTO_WAIT_LM34,

    AUTO_MOTOR_LEFT_PX3,

    AUTO_DELAY_BEFORE_CYCLE,

    AUTO_SILINDER_CYCLE,

    AUTO_RETURN_WAIT_LM34,

    AUTO_RETURN_MOTOR_RIGHT
};

```

```

State currentState = IDLE;

```

```

unsigned long stateTimer = 0;

```

```

State lastState = IDLE; // Untuk mendeteksi perubahan state agar LCD tidak
refresh terus

```

```

//

```

```

=====
=====

```

```

// Helpers (Motor, Relay, & LCD)

```

```

//

```

```

=====
=====

```

```

void motorStop() {

```

```

    ledcWrite(LPWM, 0);

    ledcWrite(RPWM, 0);
}

```

```

void motorRight() {

    ledcWrite(LPWM, 0);

    ledcWrite(RPWM, MOTOR_SPEED);

}

```

```

void motorLeft() {

    ledcWrite(LPWM, MOTOR_SPEED);

    ledcWrite(RPWM, 0);

}

```

```

void allRelayOff() {

    digitalWrite(RELAY_SILINDER, LOW);

    digitalWrite(RELAY_MAGNET, LOW);

}

```

// Fungsi khusus agar tulisan di LCD tidak berkedip (anti-flicker)

```

void lcdPrintRow(int row, String text) {

    // Pad text dengan spasi sampai 20 karakter untuk menghapus sisa tulisan
    lama

```

```

while (text.length() < 20) {

    text += " ";

}

lcd.setCursor(0, row);

lcd.print(text.substring(0, 20)); // Potong jika lebih dari 20 karakter

}

```

```

void logState(const char* name) {

    Serial.print("[STATE] ");

    Serial.println(name);

    lcdPrintRow(0, "STATE: " + String(name));

}

```

```

//
=====

=====

// Setup

//
=====

=====

```

```

void setup() {

    Serial.begin(115200);

    delay(200);

```

```

// Initialize LCD I2C

lcd.init();

lcd.backlight();

lcd.clear();

lcdPrintRow(0, "=== TA ALI UTAMA ===");

lcdPrintRow(1, "  SYSTEM BOOTING  ");

delay(1500);


// Sensor inputs dengan pull-up (aktif LOW)

pinMode(PX1, INPUT_PULLUP);

pinMode(PX2, INPUT_PULLUP);

pinMode(PX3, INPUT_PULLUP);

pinMode(LM34, INPUT_PULLUP);


// Relay outputs

pinMode(RELAY_SILINDER, OUTPUT);

pinMode(RELAY_MAGNET, OUTPUT);

allRelayOff();


// Motor driver BTS7960

pinMode(EN_BTS, OUTPUT);

digitalWrite(EN_BTS, HIGH);

```

```

// Sintaks baru ledc ESP32 Core v3.x.x

ledcAttach(LPWM, PWM_FREQ, PWM_RES);

ledcAttach(RPWM, PWM_FREQ, PWM_RES);


motorStop();


currentState = IDLE;

logState("IDLE");

lcdPrintRow(1, "STANDBY / OFFLINE ");

lcdPrintRow(2, "Ketik 'homing' ");

lcdPrintRow(3, "di Serial Monitor ");

}


//
=====

=====

// Loop

//
=====

=====

void loop() {

    // Baca semua sensor (aktif = LOW → true jika LOW)

    bool px1 = (digitalRead(PX1) == LOW);

    bool px2 = (digitalRead(PX2) == LOW);

```

```

bool px3 = (digitalRead(PX3) == LOW);

bool lm34 = (digitalRead(LM34) == LOW);


// Baca perintah serial

String cmd = "";

if (Serial.available()) {

    cmd = Serial.readStringUntil('\n');

    cmd.trim();

    cmd.toLowerCase();

}


// Deteksi perubahan State untuk kebersihan log Serial & LCD

if (currentState != lastState) {

    lastState = currentState;

    // Clear baris informasi setiap ganti state agar bersih

    lcdPrintRow(1, "");

    lcdPrintRow(2, "");

    lcdPrintRow(3, "");

}

```

//

=====

==

```

switch (currentState) {

// -----

// IDLE: tunggu perintah "homing"

// -----

case IDLE:

    allRelayOff();

    motorStop();

    if (cmd == "homing") {

        currentState = HOMING_INIT;

    }

    break;

// -----

// HOMING: relay semua OFF, tunggu LM34 LOW

// -----

case HOMING_INIT:

    allRelayOff();

    motorStop();

    logState("HOMING INIT");

    lcdPrintRow(1, "Relay OFF      ");

    lcdPrintRow(2, "Tunggu LM34 LOW... ");

    currentState = HOMING_WAIT_LM34;

```

break;

case *HOMING_WAIT_LM34*:

if (lm34) {

Serial.println("[*HOMING*] LM34 LOW → motor putar KANAN");

logState("*HOMING* MOTOR");

lcdPrintRow(1, "LM34 Aktif (LOW) ");

lcdPrintRow(2, "Motor: PUTAR KANAN ");

lcdPrintRow(3, "Mencari Sensor PX1 ");

motorRight();

currentState = *HOMING_MOTOR_RIGHT*;

}

break;

case *HOMING_MOTOR_RIGHT*:

if (px1) {

motorStop();

Serial.println("[*HOMING*] PX1 LOW → motor STOP");

if (lm34) {

currentState = *HOMING_SUCCESS*;

logState("*HOMING* SUCCESS");

lcdPrintRow(1, "PX1 & LM34 Terpenuhi");

lcdPrintRow(2, "Ketik 'auto' ");

```

        lcdPrintRow(3, "Untuk Mulai Kerja ");

    } else {

        Serial.println("[HOMING] Menunggu LM34 LOW kembali...");

        logState("HOMING WAIT LM34");

        lcdPrintRow(1, "PX1 OK, LM34 HIGH? ");

        lcdPrintRow(2, "Menunggu LM34 LOW ");

        currentState = HOMING_WAIT_LM34;

    }

}

break;

case HOMING_SUCCESS:

    if (cmd == "auto") {

        currentState = AUTO_SILINDER_ON;

        logState("AUTO START");

    }

    break;

// -----

// AUTO: Silinder ON, tunggu PX2 LOW (max 25 detik)

// -----

case AUTO_SILINDER_ON:

    digitalWrite(RELAY_SILINDER, HIGH);

```

```

Serial.println("[AUTO] Silinder ON");

logState("AUTO: PICK UP");

lcdPrintRow(1, "Silinder: ON (Turun)");

lcdPrintRow(2, "Tunggu Item (PX2)  ");

stateTimer = millis();

currentState = AUTO_WAIT_PX2;

break;

case AUTO_WAIT_PX2:

    if (px2) {

        Serial.println("[AUTO] PX2 LOW → Magnet ON");

        lcdPrintRow(1, "Item OK (PX2 LOW)  ");

        lcdPrintRow(2, "Magnet: ON      ");

        lcdPrintRow(3, "Hold Jeda 2 Detik  ");

        digitalWrite(RELAY_MAGNET, HIGH);

        stateTimer = millis();

        currentState = AUTO_MAGNET_ON;

    } else if (millis() - stateTimer >= 25000UL) {

        // PERBAIKAN TEKS: Diubah ke 25 detik sesuai logika millis kamu

        Serial.println("[AUTO] TIMEOUT 25 detik! Silinder OFF → kembali
HOMING");

        lcdPrintRow(1, "TIMEOUT ITEM 25s!  ");

        lcdPrintRow(2, "Silinder: OFF    ");

```

```

    lcdPrintRow(3, "Reset Ke Homing... ");

    delay(2000); // Beri waktu user membaca error di LCD

    digitalWrite(RELAY_SILINDER, LOW);

    currentState = HOMING_INIT;

}

break;

```

```

case AUTO_MAGNET_ON:

```

```

    if (millis() - stateTimer >= 2000UL) {

        digitalWrite(RELAY_SILINDER, LOW);

        Serial.println("[AUTO] 2 detik setelah PX2 LOW → Silinder OFF");

        logState("AUTO: LIFT UP");

        lcdPrintRow(1, "Silinder: OFF (Naik)");

        lcdPrintRow(2, "Magnet: Tetap ON ");

        lcdPrintRow(3, "Tunggu Posisi Atas ");

        currentState = AUTO_WAIT_LM34;

    }

    break;

```

```

case AUTO_WAIT_LM34:

```

```

    if (px2 && lm34) {

        Serial.println("[AUTO] PX2 & LM34 LOW → motor putar KIRI");

        logState("AUTO: JEDA JALAN");
    }

```

```

lcdPrintRow(1, "Silinder Sudah Atas ");

lcdPrintRow(2, "Delay Jalan: 15s... ");


delay(15000);


logState("AUTO: GO TO PX3");

lcdPrintRow(1, "Motor: PUTAR KIRI ");

lcdPrintRow(2, "Menuju Drop Zone ");

lcdPrintRow(3, "Mencari Sensor PX3 ");

motorLeft();

currentState = AUTO_MOTOR_LEFT_PX3;

}

break;


case AUTO_MOTOR_LEFT_PX3:

if (px3) {

    motorStop();

    Serial.println("[AUTO] PX3 LOW → motor STOP");

    logState("AUTO: DROP ZONE");

    lcdPrintRow(1, "Tiba di PX3 (LOW) ");

    lcdPrintRow(2, "Motor: STOP ");

    lcdPrintRow(3, "Jeda Berhenti: 2s ");

    stateTimer = millis();

```

```
currentState = AUTO_DELAY_BEFORE_CYCLE;
```

```
}
```

```
break;
```

```
case AUTO_DELAY_BEFORE_CYCLE:
```

```
if (millis() - stateTimer >= 2000UL) {
```

```
    Serial.println("[AUTO] Delay 2 detik selesai → Silinder ON 20 detik");
```

```
    lcdPrintRow(1, "Silinder: ON (Turun)");
```

```
    lcdPrintRow(2, "Proses Drop: 20s  ");
```

```
    digitalWrite(RELAY_SILINDER, HIGH);
```

```
    stateTimer = millis();
```

```
    currentState = AUTO_SILINDER_CYCLE;
```

```
}
```

```
break;
```

```
case AUTO_SILINDER_CYCLE: {
```

```
    unsigned long elapsed = millis() - stateTimer;
```

```
    // Update sisa waktu hitung mundur proses drop di LCD baris ke-3
```

```
    int sisaWaktu = (23000UL - elapsed) / 1000;
```

```
    if (sisaWaktu >= 0) {
```

```
        lcdPrintRow(3, "Sisa Waktu: " + String(sisaWaktu) + "s  ");
```

```
}
```

```

if (elapsed >= 20000UL && elapsed < 20100UL) {

    Serial.println("[AUTO] 20 detik → Magnet OFF");

    lcdPrintRow(1, "Drop Selesai    ");

    lcdPrintRow(2, "Magnet: OFF (Lepas) ");

    digitalWrite(RELAY_MAGNET, LOW);

}

```

```

if (elapsed >= 23000UL) {

    Serial.println("[AUTO] 23 detik → Silinder OFF");

    logState("AUTO: LIFT UP");

    lcdPrintRow(1, "Silinder: OFF (Naik)");

    lcdPrintRow(2, "Tunggu Posisi Atas ");

    digitalWrite(RELAY_SILINDER, LOW);

    currentState = AUTO_RETURN_WAIT_LM34;

}

break;

}

```

```

case AUTO_RETURN_WAIT_LM34:

    if (lm34) {

        Serial.println("[AUTO] LM34 LOW → motor putar KANAN kembali ke
PX1");

```

```

logState("AUTO: JEDA PULANG");

lcdPrintRow(1, "Silinder Sudah Atas ");

lcdPrintRow(2, "Delay Pulang: 15s... ");


delay(15000);


logState("AUTO: GO TO PX1");

lcdPrintRow(1, "Motor: PUTAR KANAN ");

lcdPrintRow(2, "Kembali Ke Awal ");

lcdPrintRow(3, "Mencari Sensor PX1 ");

motorRight();

currentState = AUTO_RETURN_MOTOR_RIGHT;
}

break;


case AUTO_RETURN_MOTOR_RIGHT:

    if (px1) {

        motorStop();

        Serial.println("[AUTO] PX1 LOW → motor STOP → ulangi siklus AUTO
otomatis");

        logState("AUTO: SIKLUS ULANG");

        lcdPrintRow(1, "Tiba di PX1 (Awal) ");

        lcdPrintRow(2, "Looping Otomatis... ");

```

```
    delay(1000);

    currentState = AUTO_SILINDER_ON;

}

break;

default:

    currentState = IDLE;

    break;

}

}
```

rancang bangun sistem lifting de_sc_mr68h9gf_fudn

ORIGINALITY REPORT

7%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

1	repository.ppns.ac.id Internet	190 words — 1%
2	repository.unhas.ac.id Internet	85 words — 1%
3	repository.its.ac.id Internet	82 words — 1%
4	jtv.itp.ac.id Internet	68 words — 1%
5	repository.upnvj.ac.id Internet	35 words — < 1%
6	etd.repository.ugm.ac.id Internet	32 words — < 1%
7	wokwi.com Internet	30 words — < 1%
8	www.coursehero.com Internet	29 words — < 1%
9	repository.pnb.ac.id Internet	26 words — < 1%
10	repository.unpas.ac.id Internet	

26 words — < 1 %

11 eprints.umk.ac.id
Internet

22 words — < 1 %

12 text-id.123dok.com
Internet

20 words — < 1 %

13 www.scribd.com
Internet

19 words — < 1 %

14 repository.unair.ac.id
Internet

18 words — < 1 %

15 docplayer.info
Internet

17 words — < 1 %

16 repositori.stikvinc.ac.id
Internet

17 words — < 1 %

17 eprints.umpo.ac.id
Internet

16 words — < 1 %

18 elib.pnc.ac.id
Internet

14 words — < 1 %

19 media.neliti.com
Internet

14 words — < 1 %

20 repository.upi.edu
Internet

14 words — < 1 %

21 International Commission on Large Dams.
"Twenty-Eighth International Congress on Large
Dams: Vingt-Huitième Congrès International Des Grands
Barrages", CRC Press, 2025

13 words — < 1 %

Publications

22	etd.umy.ac.id Internet	12 words — < 1%
23	repository.unej.ac.id Internet	12 words — < 1%
24	eprints.amikom.ac.id Internet	11 words — < 1%
25	eprints.polsri.ac.id Internet	10 words — < 1%
26	kc.umn.ac.id Internet	10 words — < 1%
27	dspace.uui.ac.id Internet	9 words — < 1%
28	koin24.co.id Internet	9 words — < 1%
29	trijurnal.lemlit.trisakti.ac.id Internet	9 words — < 1%
30	normasetyowati.blogspot.com Internet	8 words — < 1%
31	repository.usd.ac.id Internet	8 words — < 1%
32	skkni-api.kemnaker.go.id Internet	8 words — < 1%
33	qdoc.tips Internet	6 words — < 1%

EXCLUDE QUOTES	ON	EXCLUDE SOURCES	OFF
EXCLUDE BIBLIOGRAPHY	ON	EXCLUDE MATCHES	OFF

BIODATA PENULIS



- | | |
|---------------------------|---|
| 1. Nama Lengkap | : Muhammad Ali Zaenal Mutaqin |
| 2. NRP | : 0423030042 |
| 3. Program Studi | : D3-Teknik Kelistrikan Kapal |
| 4. Jenis Kelamin | : Laki -Laki |
| 5. Agama | : Islam |
| 6. Tempat, Tanggal lahir | : Surabaya, 07 Febuari 2002 |
| 7. Alamat | : Jl.Simo Kalangan 2/297, RT04, RW07,
Simomulyo, Sukomanunggal, Surabaya |
| 8. No. Telp/HP | : 0881027241211 |
| 9. Email | : m.alizaenal.mxtitl2.32@gmail.com |
| 10. Nama Orang Tua/Wali | |
| a. Ayah | : Busairi |
| b. Ibu | : Riana |
| 11. Alamat Orang Tua/Wali | : Jl.Simo Kalangan 2/297, RT04, RW07,
Simomulyo, Sukomanunggal, Surabaya |

Riwayat Pendidikan

- | | |
|-----------|---|
| 2009-2015 | : SD Kemala Bhayangkari 6 Surabaya |
| 2015-2018 | : SMP Negeri 25 Surabaya |
| 2018-2021 | : SMK Negeri 7 Surabaya |
| 2023-2026 | : Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya |