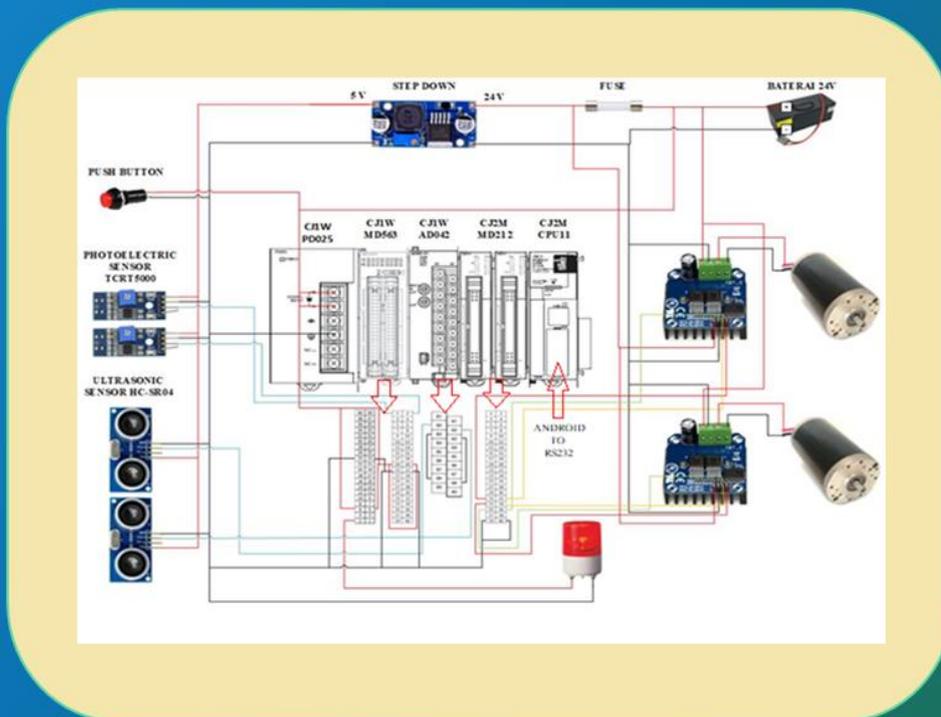


# Desain Sistem Kontrol Automatic Guided Vehicle (AGV)

## Menggunakan PLC:

Studi Kasus pada Sistem Penyimpanan dan Pengambilan Damage Core (Storage Systems Damage Core) secara Otomatis



Muhammad Hidayat

Dinda Hayu Pangestu

Syahril Ardi

**Desain Sistem Kontrol Automatic Guided Vehicle  
(AGV) Menggunakan PLC:  
Studi Kasus pada Sistem Penyimpanan dan  
Pengambilan *Damage Core (Storage Systems  
Damage Core)* secara Otomatis**

Muhammad Hidayat

Dinda Hayu Pangestu

Syahril Ardi

LP2M Politeknik Manufaktur Astra  
Jakarta

**Desain Sistem Kontrol Automatic Guided Vehicle (AGV) Menggunakan PLC:  
Studi Kasus pada Sistem Penyimpanan dan Pengambilan Damage Core  
(Storage Systems Damage Core) secara Otomatis**

**Penyusun:**

**Muhammad Hidayat**

**Dinda Hayu Pangestu**

**Syahril Ardi**

**ISBN: 978.623.97897.2.5**

ISBN 978-623-97897-2-5



**Editor:**

**Syahril Ardi**

**Penerbit:**

**LP2M Politeknik Manufaktur Astra**

**Jl. Gaya Motor Raya 8, Sunter II, Jakarta 14330**

**Telpon: (021) 6519555**

**Fax: (021) 6519821**

**Cetakan Pertama, November 2021**

**Hak Cipta dilindungi undang-undang.**

**Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak  
sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin dari penerbit.**

## Kata Pengantar

Penelitian ini dilakukan pada perusahaan dengan lini bisnis *complete machine, spareparts* dan *service*. Perusahaan menyediakan unit alat berat yang kemudian akan didistribusikan. Perusahaan memiliki warehouse untuk penyimpanan *damage core* yang nantinya akan dikirim ke pabrik untuk proses investigasi. Dalam prosesnya pencarian *damage core* terdapat beberapa permasalahan, yaitu lamanya waktu pencarian *damage core* karena adanya ketidaksesuaian data barang dengan penyimpanan barang. Hal tersebut menyebabkan *damage core* tidak dapat dikirim hingga menyebabkan kerugian. Melalui *service department*, perusahaan mengembangkan inovasi dengan membuat perancangan Sistem Kontrol *Automatic Guided Vehicle (AGV)*. Inovasi ini dikembangkan melalui perancangan AGV berbasis *Programmable Logic Control (PLC)*, yang berfungsi untuk melakukan penyimpanan dan pengambilan *Damage Core (Storage Systems Damage Core)* secara otomatis sesuai dengan lokasi penyimpan *Damage Core*. Dengan adanya penggunaan AGV pada sistem logistik pada *gudang* perusahaan dapat mengurangi *cost reduction*.

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
1 BAB I.....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Pembatasan Masalah .....	2
1.4. Tujuan dan Manfaat .....	2
1.4.1. Tujuan.....	2
1.4.2. Manfaat.....	2
1.5. Metode Penelitian.....	3
1.5.1. Studi Pustaka .....	3
1.5.2. Wawancara .....	3
1.6. Sistematika Penulisan .....	3
2 BAB II LANDASAN TEORI.....	5
2.1. Gudang .....	5
1.1.1. Fungsi gudang.....	5
1.1.2. Bangunan dan Tata Letak gudang .....	6
1.1.3. Aktivitas Pergudangan.....	6
1.1.4. Sistem Penyimpanan.....	7
2.2. Robot.....	7
2.2.1. Konstruksi Robot.....	8
2.3 Automatic Guided Vehicle (AGV).....	9
2.3.1. Jenis AGV.....	10
2.3.1. Tipe Navigasi AGV .....	11
2.3. Sistem Kontrol .....	16
2.3.1. Sistem Kontrol Terbuka ( <i>Open Loop</i> ) .....	16

2.3.2.	Sistem Kontrol Tertutup ( <i>Close Loop</i> ).....	17
2.3.3.	Sistem Kontrol AGV .....	17
2.4.	PLC .....	18
2.4.1.	Perangkat Keras PLC.....	18
2.4.2.	Prinsip Kerja PLC.....	20
2.4.4.	Pemrograman PLC .....	20
2.5.	Perangkat Input .....	23
2.5.1.	Sensor Photoelectric .....	23
2.5.2.	Sensor Ultrasonik .....	24
2.6.	Perangkat Output.....	25
2.7.1.	Motor DC.....	25
2.7.2.	Buzzer .....	26
3	BAB III .....	28
3.1	Pengenalan Damage Core .....	28
3.2	Proses Bisnis Damage Core .....	31
3.3.	Area Gudang.....	37
3.4.	Usulan Desain Serta Komponen Penyusun AGV.....	40
3.5.	Analisa dan pemilihan Komponen yang akan digunakan .....	62
3.6.	Komponen Input Tambahan .....	65
3.7	Komponen Output Tambahan .....	69
35	BAB IV .....	67
4.1	Perancangan Sistem Kontrol .....	67
4.1.1	Perancangan Perangkat Kontrol .....	67
4.1.2	Perancangan Perangkat Input/Output Pada PLC .....	69
4.1.3	Perancangan <i>Addressing</i> I/O .....	72
4.1.4	Perancangan <i>Flow Procces</i> AGV .....	74
4.2	Perancangan Komponen Elektrik.....	76
5	BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....	79
5.1.	Kesimpulan .....	79
5.2.	Saran.....	80
	DAFTAR PUSTAKA .....	xii

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gudang .....	5
Gambar 2.2 Robot <i>Mobile</i> <sup>2</sup> .....	9
Gambar 2.7 AGV ( <i>Automatic Guide Vehicle</i> ) <sup>3</sup> .....	10
Gambar 2.8 <i>Towing Vehicle</i> AGV .....	10
Gambar 2.9 <i>Unit Load</i> AGV .....	11
Gambar 2.10 <i>Pallet Truck</i> AGV .....	11
Gambar 2.11 <i>Wire Guided Vehicle</i> .....	12
Gambar 2.12 <i>Magnet Guided Vehicle</i> .....	13
Gambar 2.13 <i>Laser Guided Vehicle</i> .....	14
Gambar 2.14 <i>Differential Speed Control</i> .....	14
Gambar 2.15 <i>Steered Wheel Control</i> .....	15
Gambar 2.16 Kombinasi .....	15
Gambar 2.17 Diagram Blok Sistem Kendali .....	16
Gambar 2.18 Sistem Kontrol Terbuka ( <i>Open Loop</i> ) .....	16
Gambar 2.19 Sistem Kontrol Tertutup ( <i>Close Loop</i> ) .....	17
Gambar 2.20 PLC Block Diagram <sup>7</sup> .....	18
Gambar 2.21 Konsep <i>Scanning PLC</i> <sup>13</sup> .....	20
Gambar 2.22 <i>Structure Text</i> .....	21
Gambar 2.23 <i>Instruction List</i> <sup>16</sup> .....	22
Gambar 2.24 <i>Instruction List</i> <sup>18</sup> .....	22
Gambar 2.25 <i>Sequential Function Chart</i> <sup>20</sup> .....	23
Gambar 2.26 <i>Ladder Diagram</i> .....	23
Gambar 2.27 <i>Photoelectric Sensor</i> <sup>22</sup> .....	24
Gambar 2.28 Cara Kerja Sensor Ultrasonik <sup>23</sup> .....	25
Gambar 2.29 Simbol dan Gambar Motor DC .....	26
Gambar 2.30 Simbol Indikator Buzzer .....	27
Gambar 3.1 Salah satu contoh <i>Damage Core</i> .....	29
Gambar 3.2 <i>Flochart Take Out Damage Core</i> dari unit .....	32
Gambar 3.3 Flowchart Input <i>Damage Core</i> .....	35
Gambar 3.4 <i>Flowchart Take Out Damage Core</i> .....	37
Gambar 3.5 Gudang DC .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.6 Usulan <i>Layout Gudang DC</i> .....	38
Gambar 3.7 Usulan Lebar Gang dan Tinggi Rak .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.8 <i>Heavy Duty Rack</i> .....	39
Gambar 3.9 <i>Heavy Duty Rack</i> .....	39
Gambar 3.10 Usulan Desain Mekanik AGV .....	40
Gambar 3.11 Usulan Desain <i>Chassis</i> AGV .....	42
Gambar 3.12 Sensor Magnet .....	43

Gambar 3.13 Sensor <i>Photoelectric</i> .....	43
Gambar 3.14 Dimensi Sensor Magnet MGS-1600GY .....	44
Gambar 3.15 Motor DC.....	46
Gambar 3.16 Motor Servo.....	46
Gambar 3.17 Dimensi Motor DC 5D300GN-C.....	47
Gambar 3.18 Wiring Driver Motor BTS7960 .....	48
Gambar 3.19 Dimensi Motor Servo NX640MS .....	49
Gambar 3.20 Roda Omni .....	51
Gambar 3.21 Roda karet <i>Wheel only</i> .....	51
Gambar 3.22 Roboteq MDC1460 Kontroler Khusus AGV .....	52
Gambar 3.23 Arduino Mega 2560 .....	53
Gambar 3.24 <i>Programmable Logic Control</i> Omron CJ2M .....	53
Gambar 3.25 <i>Power Supply</i> CJ1W-PD025 .....	54
Gambar 3.26 Dimensi Omron CJ2M-CPU11.....	55
Gambar 3.27 Dimensi Omron MD212 .....	56
Gambar 3.28 Alokasi Pin Modul CJ2M-MD212.....	57
Gambar 3.29 Modul I/O Digital CJ1W-MD563.....	57
Gambar 3.30 Modul I/O CJ1W-AD042 .....	59
Gambar 3.31 Roboteq MDC-1460Tabel 3.25 Spesifikasi Roboteq MDC-1460 .....	61
Gambar 3.32 <i>Emergency Stop Button</i> .....	68
Gambar 3.33 <i>Rotary Lamp</i> .....	69
Gambar 4.1 Diagram Blok .....	67
Gambar 36.2 Blok Diagram I/O Pada PLC.....	69
Gambar 36.3 Sensor <i>Photoelectric</i> TCRT5000 .....	70
Gambar 36.4 <i>Push Button</i> .....	70
Gambar 36.5 <i>Emergency Stop Button</i> .....	70
Gambar 36.6 Sensor Ultrasonik HC-SR04 .....	71
Gambar 36.7 NodeMCU.....	71
Gambar 36.8 <i>Rotary Lamp</i> .....	72
Gambar 36.9 Driver Motor BTS7960 .....	72
Gambar 36.10 <i>Flowchart</i> Utama AGV.....	75
Gambar 36.11 <i>Flowchart</i> Manual AGV.....	76
Gambar 36.12 Wiring Komponen Elektrik.....	78

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 <i>Damage Core</i> berdasarkan panjang terkecil .....	29
Tabel 3.2 <i>Damage Core</i> berdasarkan lebar terkecil.....	30
Tabel 3.3 <i>Damage Core</i> berdasarkan tinggi terkecil .....	30
Tabel 3.4 <i>Damage Core</i> berdasarkan panjang terbesar .....	30
Tabel 3.5 <i>Damage Core</i> berdasarkan lebar tertinggi .....	31
Tabel 3.6 <i>Damage Core</i> berdasarkan tinggi terbesar.....	31
Tabel 3.7 Spesifikasi Sensor Magnet MGS1600GY .....	44
Tabel 3.8 Spesifikasi Sensor Magnet MGS1600GY .....	45
Tabel 3.9 Spesifikasi Sensor TCRT5000 .....	45
Tabel 3.10 Spesifikasi Input Output Sensor TCRT5000 .....	46
Tabel 3.11 Spesifikasi Motor DC 5D300GN-C .....	47
Tabel 3.12 Spesifikasi Driver Motor BTS7960 .....	48
Tabel 3.13 Spesifikasi Motor Servo NX640MS .....	49
Tabel 3.14 Spesifikasi Driver Motor Servo NX640MS.....	49
Tabel 3.15 Perbandingan Roda .....	52
Tabel 3.16 Spesifikasi <i>Power Supply</i> CJ1W-PD025 .....	54
Tabel 3.17 Spesifikasi Omron CJ2M-CPU11 .....	55
Tabel 3.18 Spesifikasi Input CJ2M-MD212 .....	56
Tabel 3.19 Spesifikasi Output CJ2M-MD212 .....	56
Tabel 3.20 Spesifikasi Input Modul I/O CJ1W-MD563 .....	57
Tabel 3.21 Spesifikasi Output Modul I/O CJ1W-MD563 .....	58
Tabel 3.22 Spesifikasi Modul I/O CJ1W-AD042 .....	59
Tabel 3.24 Spesifikasi Arduino Mega2560.....	60
Tabel 3.25 Spesifikasi Roboteq MDC-1460 .....	62
Tabel 3.26 Spesifikasi Roboteq MDC-1460 .....	62
Tabel 3.27 Perbandingan Desain <i>Chasis</i> .....	62
Tabel 3.28 Perbandingan Sensor Navigasi .....	63
Tabel 3.29 Perbandingan Motor.....	64
Tabel 3.30 Perbandingan Roda .....	64
Tabel 3.31 Perbandingan Kontroler .....	65
Tabel 3.32 Spesifikasi Sensor Ultrasonik .....	67
Tabel 3.33 Spesifikasi Schneider Emergency Stop Push Button XB7NS8442 ....	68
Tabel 3.34 Spesifikasi Schneider Emergency Stop Push Button XB7NS8442 ....	68
Tabel 3.35 Spesifikasi <i>Rotary Lamp</i> RS-100-R.....	69
Tabel 3.36 Spesifikasi <i>Rotary Lamp</i> RS-100-R.....	69
Tabel 4.1 Pengkabelan Pada Modul Input .....	73
Tabel 4.2 Pengkabelan Pada Modul Output.....	74

# BAB I. PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang

Penelitian ini dilakukan pada perusahaan dengan lini bisnis *complete machine, spareparts* dan *service*. Perusahaan menyediakan unit alat berat yang kemudian akan didistribusikan. Apabila terdapat keluhan maka perusahaan akan langsung berhadapan dengan pelanggan untuk menangani permasalahan tersebut. Masalah tersebut dapat diatasi oleh mekanik dengan berbagai cara, mulai dari *maintenance, repair*, sampai *replace* komponen/*part* pada unit tersebut. Masalah itu muncul tidak hanya pada unit yang sudah lama saja, melainkan pada unit baru yang masih *under warranty*. Ketika proses *replace* komponen/*part* terjadi pada unit yang masih *under warranty*, maka perusahaan mempunyai tanggung jawab untuk menyimpan komponen/*part* tersebut selama 8 bulan untuk dilakukan proses investigasi.

Pada penerapannya, sistem penyimpanan dan pengambilan *damage core* saat ini masih dilakukan secara manual menggunakan forklift dan manusia sebagai operatornya. Dengan sistem penyimpanan dan pengambilan *damage core* seperti ini memiliki kekurangan yaitu kekeliruan dalam penyimpanan *damage core* dan kekeliruan pengambilan *damage core* serta adanya resiko kecelakaan kerja bagi karyawan.

Oleh karena itu, kami membuat perancangan sistem otomatisasi menggunakan *Automatic Guided Vehicle* (AGV) beroda 4 dengan menggunakan motor dc. Kami berfokus pada pemberian usulan komponen yang dapat digunakan AGV, serta membuat perancangan *electrical wiring* komponen yang akan digunakan secara umum, dan pembuatan program yang akan digunakan oleh AGV berbasis PLC.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka perumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah bagaimana cara membuat dan merancang perancangan *Automatic Guided Vehicle* (AGV) yang digunakan untuk *Storage System Damage Core*?

## 1.3. Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Membahas *electrical wiring* AGV secara umum namun tidak membahas perhitungan arus
- b. Membahas komponen elektrik yang akan digunakan pada AGV
- c. Membahas sistem kontrol yang digunakan AGV
- d. Tidak membahas biaya pembuatan AGV
- e. Tidak membahas *budgeting planning* pembuatan AGV

## 1.4. Tujuan dan Manfaat

Adapun tujuan dan manfaat dari penelitian ini adalah:

### 1.4.1. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang sistem *logistic* menggunakan *Automatic Guided Vehicle* (AGV) yang dapat melakukan penyimpanan dan pengambilan *Damage Core* secara otomatis yang dapat meningkatkan efisiensi dan mengurangi biaya tenaga kerja dengan membatasi jumlah karyawan yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan. Serta tujuan terbesar yang ingin dicapai yaitu menurunkan nilai *damage corr cancel*.

### 1.4.2. Manfaat

Manfaat penelitian ini bagi mahasiswa/i atau pembaca adalah untuk memahami bagaimana cara memilih komponen yang dapat digunakan untuk menyusun AGV sesuai dengan kebutuhan serta pembuatan wiring diagram.

## 1.5. Metode Penelitian.

Kami menggunakan tiga metode yang berbeda untuk menunjang kelangsungan penelitian. Metode-metode tersebut adalah:

- 1.5.1. **Studi Pustaka.** Merupakan studi atau pembelajaran literatur dalam penulisan yang mendasarkan Analisis dalam penelitian dengan berbagai teori mengenai *Automatic Guided Vehicle* serta sistem yang akan menunjang masalah yang akan diteliti.
- 1.5.2. **Wawancara.** Proses memperoleh data dengan cara tanya jawab dengan karyawan yang terlibat pada bagian tersebut untuk mengetahui kondisi *gudang*.
- 1.5.3. **Perancangan dan Pembuatan.** Perancangan dan pembuatan yaitu melakukan perancangan dengan sistem yang sesuai dengan lingkungan industri, sehingga dapat memudahkan penggunaannya.

## 1.6. Sistematika Penulisan

### **BAB I Pendahuluan**

Pada bab ini menjelaskan gambaran umum tentang latar belakang perusahaan, latar belakang bidang/area kerja yang diteliti, latar belakang masalah yang ada, perumusan dan pembatasan masalah, tujuan dan manfaat penulisan, metodologi penelitian, serta sistematika penulisannya.

### **BAB II Landasan Teori**

Pada bab ini berisi pengertian-pengertian dari istilah-istilah yang digunakan dalam penelitian ini, serta teori-teori mengenai sistem otomatisasi, komponen elektrik yang digunakan, dan sebagainya yang mendukung penelitian ini.

### **BAB III Pengumpulan Data**

Pada bab ini berisi tentang data-data penunjang yang diperoleh dari hasil observasi terhadap pihak-pihak dan bagian terkait yang dibutuhkan untuk memudahkan dalam menganalisa masalah yang dihadapi. Selain itu pada bab ini juga membahas perancangan dalam membuat desain mekanik AGV yang akan digunakan.

### **BAB IV Perancangan dan Analisa**

Pada bab ini berisi tentang pembuatan desain komponen penyusun AGV dan perakitan komponen AGV serta pengkabelan komponen yang digunakan. Serta pengujian dari hasil pembuatan program tersebut.

### **BAB V Kesimpulan**

Pada bab ini merupakan tahapan akhir dari keseluruhan penelitian, yang menjelaskan kembali secara singkat inti dari penelitian ini. Serta saran berupa masukan atau usulan yang dapat diberikan kepada perusahaan atau pihak-pihak yang terkait langsung dengan penelitian berdasarkan penelitian yang telah dilakukan.

## **BAB II. LANDASAN TEORI**

### **2.1. Gudang**

Penyimpanan atau gudang adalah tempat penyimpanan untuk material baik bahan baku, barang setengah jadi maupun barang jadi yang siap dikirim ke pelanggan. Sebagian besar material disimpan di gudang di lokasi tertentu sampai material tadi diperlukan dalam proses produksi. Bentuk gudang tergantung ukuran dan kuantitas komponen dalam persediaan dan karakter sistem penanganan bahan dari produk atau kontainer yang digunakan.



**Gambar 2.1 Gudang**

#### **1.1.1. Fungsi gudang**

Fungsi dari pergudangan secara umum adalah untuk memaksimalkan penggunaan sumber-sumber yang ada. Sumber dari gudang dan pergudangan adalah ruangan, peralatan dan personil. Dalam perancangan gudang terdapat hal-hal yang harus diperhatikan, yaitu:

1. Memaksimalkan penggunaan ruangan.
2. Memaksimalkan penggunaan peralatan
3. Memaksimalkan penggunaan tenaga kerja.
4. Memaksimalkan kemudahan dalam penerimaan seluruh material dan pengiriman barang.
5. Memaksimalkan perlindungan terhadap material.

### 1.1.2. Bangunan dan Tata Letak gudang

Dalam merancang gudang perlu memperhatikan dari beberapa aspek yaitu:

1. Barang masuk, yaitu penerimaan bahan dan barang.
2. Penyimpanan dan pengelolaan barang.
3. Gerakan sepanjang proses pergudangan harus efektif.

Tata letak gudang yang paling baik harus dapat memaksimalkan penggunaan ruangan seperti tidak bersekat serta berlantai satu dengan sedikit sekali pengecualian. Bangunan gudang yang berlantai lebih dari satu dapat digunakan apabila biaya untuk penempatan gudang berlantai satu lebih mahal daripada biaya menaikkan dan menurunkan barang dalam gudang berlantai dua. Karena memang telah dirancang untuk menggerakkan barang atas dasar gaya berat.

### 1.1.3. Aktivitas Pergudangan

Dalam sistem pergudangan terdapat beberapa aktivitas yang akan dilakukan, yaitu:

1. Perpindahan (*Movement*) adalah proses memperbaiki perputaran persediaan dan mempercepat proses pesanan dari produksi hingga ke pengiriman utama.
2. *Cross Docking*, merupakan proses pemindahan barang dari area penerimaan menuju *shipping* tanpa melalui aktivitas penyimpanan di gudang. *Shipping* aktivitas, merupakan pengiriman produk yang meliputi proses pembuatan.
3. Penyimpanan (*storage*) merupakan aktivitas penyimpanan barang berupa bahan baku (*raw material*) dan barang jadi (*finished goods*).
4. Pertukaran informasi (*transfer information*) merupakan aktivitas pertukaran informasi seperti informasi mengenai stok barang yang ada di gudang, dan lainnya.

#### 1.1.4. Sistem Penyimpanan

Sistem penyimpanan adalah pengaturan tata letak suatu gudang dapat diatur dalam beberapa bentuk kebijakan penyimpanan yang ditentukan perusahaan, dimana metode terbaik yang akan diambil tergantung pada karakteristik barang. Kebijakan-kebijakan tersebut antara lain:

1. Kebijakan Penyimpanan Acak (*Random Storage Policy*) yaitu penyimpanan item yang datang di setiap lokasi yang tersedia, dimana setiap item mempunyai probabilitas sama pada setiap lokasi.
2. Kebijakan Penyimpanan Tetap (*Dedicated Storage Policy*) item disimpan pada lokasi tertentu tergantung tipe itemnya. Kebijakan demikian di desain dengan luas penyimpanan setiap item sama dengan level maksimal persediaan.
3. *Cube Per-Order Index Policy* rasio kebutuhan space penyimpanan item dengan jumlah transaksi *shipping* dan *receiving* untuk itemnya. Item *shipping* dan *receiving* terbesar sedikit dekat dengan titik Input/Output (I/O).
4. *Class Based Storage Policy* aplikasi efek pareto dimana 80% aktivitas *Storage/Retrieval* (S/R) oleh 20 % item, 15% S/R oleh 30%, dan 5% S/R oleh 50%.
5. Kebijakan Penyimpanan Pangsa (*Shared Storage Policy*) kebijakan yang berada pada titik ekstrem acak dan *dedicated storage policy*.

#### 2.2. Robot

Menurut *Robot Institute of America*, robot adalah sebuah manipulator yang dapat diprogram ulang untuk memindahkan *tools*, material, atau peralatan tertentu dengan berbagai program pergerakan untuk berbagai tugas mensinkronkan peralatan dengan pekerjaannya.

Robot adalah sebuah alat mekanik yang dapat melakukan tugas fisik, baik dengan pengontrolan manusia ataupun menggunakan program yang telah dibuat lebih dahulu. Robot biasanya digunakan untuk tugas yang berat, berbahaya, serta pekerjaan yang berulang dan kotor. Robot banyak digunakan pada sektor industri untuk membantu proses produksi, penggunaan robot lainnya termasuk untuk pembersihan limbah beracun, penjelajahan bawah air dan luar angkasa, pertambangan. Belakangan ini robot mulai memasuki pasaran konsumen dibidang hiburan, dan alat pembantu rumah tangga seperti penyedot debu dan pemotong rumput.

### **2.2.1. Konstruksi Robot**

#### **1. Robot Mobile**

Robot mobile memiliki ciri khas konstruksi yaitu aktuator berupa roda untuk menggerakkan keseluruhan badan robot tersebut, sehingga robot dapat melakukan perpindahan posisi dari satu titik ke titik yang lainnya. Robot mobile tidak memerlukan pergerakan yang berat, dan pembuatannya hanya dengan berbekal pengetahuan mengenai mikrokontroller dan sensor elektronik.



**Gambar 2.2 Robot Mobile**

Robot mobile dapat dibuat untuk mengikuti garis (*line followers*) atau mengikuti dinding (*wall followers*) ataupun mengikuti cahaya.

### **2.3 Automatic Guided Vehicle (AGV)**

Sebuah kendaraan pemandu otomatis atau *Automatic Guided Vehicle* (AGV) adalah robot mobile yang mengikuti tanda atau jalur di lantai, dan menggunakan penglihatan atau laser. Robot ini paling sering digunakan dalam aplikasi industri untuk memindahkan bahan di sekitar fasilitas manufaktur atau gudang. Penerapan kendaraan pemandu otomatis telah diperluas selama akhir abad ke-20 dan AGV tidak lagi terbatas pada lingkungan industri.

Sistem kendaraan dipandu otomatis, AGV banyak digunakan untuk mengangkut bahan di bidang manufaktur dan pergudangan. Sistem ini menawarkan banyak keuntungan dibandingkan bentuk lain dari transportasi material. Namun, desain dari sistem ini kompleks dengan keputusan saling terkait yang harus dibuat dan sebagian besar desain alternatif sistem yang tersedia. Secara khusus, desain sistem kontrol AGV bisa sangat menantang, dan itu bisa secara dramatis mempengaruhi biaya dan kinerja sistem.

Dalam sistem manufaktur otomatis atau semi-otomatis, *controller* AGV adalah bagian dari sistem kontrol. Sistem kontrol bertanggung jawab untuk *routing* produk melalui pengolahan stasiun dan berinteraksi dengan peralatan serta operator yang juga terlibat dalam produksi. Peran AGV adalah untuk memfasilitasi pengangkutan bahan, peralatan, perlengkapan, dan lain - lain antara pusat pengolahan individu sebagaimana ditentukan oleh sistem kontrol pada lantai (Sharma,2012).



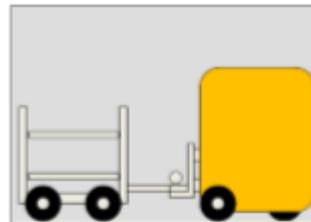
**Gambar 2.3 AGV (*Automatic Guide Vehicle*)<sup>3</sup>**

### **2.3.1. Jenis AGV**

*Automatic Guided Vehicle* memiliki jenis yang berbeda-beda berdasarkan fungsinya yaitu:

#### **1. *Towing Vehicle***

*Towing Vehicle* atau disebut juga dengan kendaraan penarik adalah tipe pertama yang diperkenalkan dan masih merupakan tipe yang sangat populer hingga saat ini. Kendaraan penarik dapat menarik berbagai jenis trailer dan memiliki kapasitas mulai dari 2.000 pound hingga 160.000 pound.



**Gambar 2.4 *Towing Vehicle* AGV**

## 2. *Unit Load Vehicle*

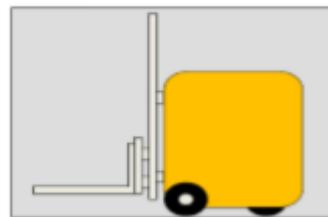
Merupakan tipe AGV yang dilengkapi dengan *deck*, yang memungkinkan pengangkutan muatan unit dan pemindahan muatan secara otomatis.



**Gambar 2.5** *Unit Load AGV*

## 3. *Pallet Truck*

AGV jenis ini dirancang untuk mengangkut palet dari lantai menuju rak yang lebih tinggi.



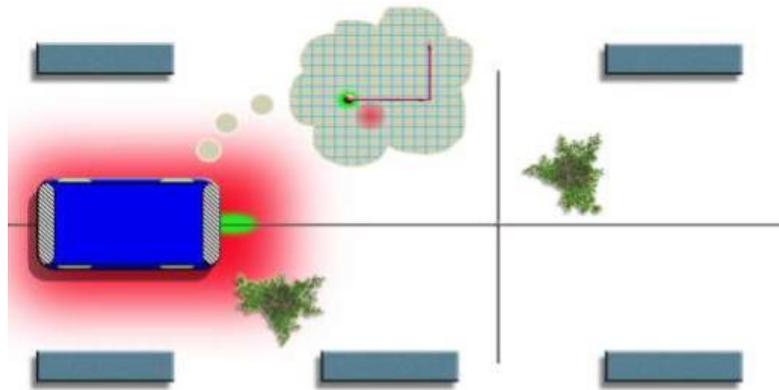
**Gambar 2.6** *Pallet Truck AGV*

### 2.3.1. Tipe Navigasi AGV

#### 1. AGV dengan Navigasi Kabel (*Wire Guided Vehicles*)

AGV jenis ini bergerak mengikuti serangkaian kabel listrik yang ditanam pada lantai pabrik. AGV menentukan posisi dan lintasannya dengan sensor kumparan yang mendeteksi medan elektromagnetik pada kabel navigasi. Teknologi ini mengharuskan biaya awal yang cukup besar untuk instalasi kabel tetapi memiliki ketelitian gerakan dan perpindahan yang tinggi. Meski demikian setiap perubahan lintasan (meskipun kecil) mengharuskan adanya pemotongan ataupun jalur kabel. Selain itu AGV harus bergerak agak lambat agar tidak kehilangan kontak dengan kabel navigasi

karena sistem ini rentan terhadap berbagai kejanggalan ataupun gangguan pada lantai pabrik.



**Gambar 2.7 Wire Guided Vehicle**

## **2. AGV dengan Navigasi Magnet (*Magnet Guided Vehicle*)**

AGV ini mengikuti rute yang dibentuk dari serangkaian jaringan magnet yang dipasang pada lantai pabrik. Serangkaian sensor linier memungkinkan AGV memonitor posisinya sepanjang jaringan magnet setiap kali melewati salah satu magnet. Meski demikian AGV ini bergerak dari satu magnet ke magnet lainnya secara buta, gerakannya hanya berdasar posisi magnet terakhir yang terdeteksi, AGV sama sekali tidak tau dimana posisinya.

Seperti halnya AGV dengan navigasi kabel, AGV dengan navigasi magnet memiliki kelemahan berupa ketergantungan pada struktur jaringan magnet yang tertanam pada lantai pabrik. Ketika diperlukan tambahan rute maka magnet-magnet harus dipindahkan dan ditata ulang. Ketelitian sistem ini rendah karena penentuan posisi dan arahnya hanya ketika AGV memasuki area deteksi medan magnet.



**Gambar 2.8 Magnet Guided Vehicle**

### **3. AGV dengan Navigasi Laser**

AGV dengan navigasi laser memiliki ketelitian yang lebih tinggi, dan fleksibel dalam pengoperasinya dan kecepatan pergerakan. Posisi AGV ditentukan sebanyak 8 kali perdetik. AGV dilengkapi dengan perangkat sinar laser yang dapat menentukan posisi dengan *margin error* dengan beberapa millimeter, AGV memindai dan membaca target yang bersifat reflektif yang dipasang pada dinding-dinding area kerja kemudian melakukan perhitungan triangulasi.

AGV yang dipandu laser memiliki kemungkinan untuk bergerak dalam kecepatan tinggi dan tidak bergantung pada stuktur yang harus terpasang pada lantai. Tiap perubahan pada lintasan cukup dengan modifikasi perangkat lunaknya. AGV dengan navigasi laser juga tidak terlalu sensitif terhadap berbagai ketidakraturan atau kekasaran lantai kerja. AGV jenis ini memungkinkan fleksibilitas yang tinggi dalam perorganisasian AGV dan pengoptimalan lintasannya.



**Gambar 2.9 Laser Guided Vehicle**

### 2.1.1. Kontrol Kemudi AGV

Untuk membantu navigasi AGV dapat menggunakan tiga sistem kontrol kemudi yang berbeda.

#### 1. *Differential Speed Control*

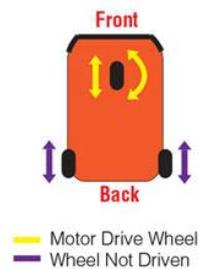
AGV dengan kontrol kemudi *differential speed control* atau kontrol kecepatan diferensial merupakan tipe yang paling umum. Dalam metode ini ada dua roda penggerak independen. Setiap drive digerakan pada kecepatan yang berbeda atau pada kecepatan yang sama untuk memungkinkan AGV untuk maju atau mundur. Metode kemudi ini paling sederhana karena tidak memerlukan motor dan mekanisme kemudi tambahan. AGV tipe ini sering digunakan untuk mengangkat beban dan berbelok di ruang sempit dan juga untuk bekerja berdekatan dengan mesin.



**Gambar 2.10 Differential Speed Control**

## 2. *Steered Wheel Control*

AGV dengan kontrol kemudi *steered wheel control* atau kontrol roda kemudi AGV. Jenis kemudi ini mirip dengan kemudi mobil, namun tidak dapat dikendalikan. Lebih umum menggunakan kendaraan roda tiga yang mirip dengan forklift roda tiga konvensional. AGV dengan tipe ini lebih tepat dalam mengikuti jalur yang diprogram daripada metode kontrol kecepatan diferensial. AGV jenis ini memiliki putaran yang lebih halus. Kontrol roda kemudi AGV dapat digunakan di semua aplikasi, tidak seperti *differential control*. AGV dengan jenis ini digunakan untuk menarik atau dengan bantuan operator untuk mengendalikannya.



**Gambar 2.11 *Steered Wheel Control***

## 3. **Kombinasi**

Tipe ini merupakan kombinasi antara *diferensial* dan *steered*. Dua motor penggerak independent ditempatkan disudut diagonal AGV dan kastor putar ditempatkan disudut lainnya. AGV dapat berputar seperti mobil (berputar dalam lengkungan) ke segala arah.

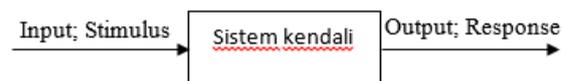


**Gambar 2.12 Kombinasi**

### 2.3. Sistem Kontrol

Sistem kendali atau sistem kontrol (*control system*) adalah suatu alat (kumpulan alat) untuk mengendalikan, memerintah, dan mengatur keadaan dari suatu sistem. Istilah sistem kendali ini dapat dipraktikkan secara manual untuk mengendalikan stir mobil pada saat kita mengendarai/menyetir mobil.<sup>4</sup>

Sistem kendali terdiri dari sub-sistem dan proses (atau *plants*) yang disusun untuk mendapatkan keluaran (*output*) dan kinerja yang diinginkan dari input yang diberikan. Gambar di bawah ini menunjukkan blok diagram untuk sistem kendali paling sederhana, sistem kendali membuat sistem dengan input yang diberikan menghasilkan output yang diharapkan.<sup>5</sup>

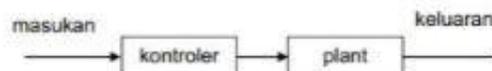


**Gambar 2.13 Diagram Blok Sistem Kendali**

Sistem kontrol dibagi menjadi 2, yaitu sistem kontrol terbuka (*Open Loop*) dan sistem kontrol tertutup (*close loop*).

#### 2.4.1. Sistem Kontrol Terbuka (*Open Loop*)

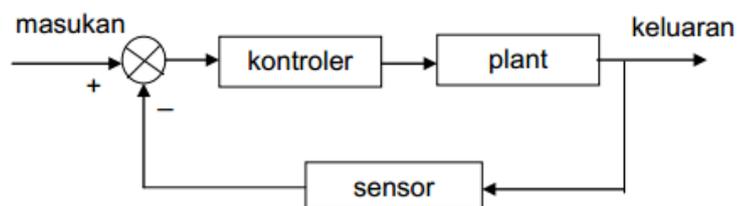
Sistem Kontrol Lingkar Terbuka (*Open Loop*) adalah sistem pengontrolan di mana besaran keluaran tidak memberikan efek terhadap besaran masukan, sehingga variable yang dikontrol tidak dapat dibandingkan terhadap harga yang diinginkan. Artinya, sistem kontrol terbuka keluarannya tidak dapat digunakan sebagai umpan balik dalam masukan.



**Gambar 2.14 Sistem Kontrol Terbuka (*Open Loop*)**

### 2.4.2. Sistem Kontrol Tertutup (*Close Loop*)

Sistem Kontrol tertutup adalah sistem kontrol yang sinyal keluarannya mempunyai pengaruh langsung pada aksi pengontrolan. Sistem kontrol tertutup juga merupakan sistem kontrol berumpan balik. Sinyal kesalahan penggerak, yang merupakan selisih antara sinyal masukan dan sinyal umpan balik (yang dapat berupa sinyal keluaran atau suatu fungsi sinyal keluaran atau turunannya). Diumpangkan ke kontroler untuk memperkecil kesalahan dan membuat agar keluaran sistem mendekati harga yang diinginkan.



**Gambar 2.15**Sistem Kontrol Tertutup (*Close Loop*)

### 2.4.3. Sistem Kontrol AGV

Kontrol yang digunakan pada AGV menggunakan control PLC atau Programmable Logic Control. PLC merupakan suatu bentuk khusus pengontrol berbasis-mikroprosesor yang memanfaatkan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi-instruksi dan untuk mengimplementasikan fungsi-fungsi semisal logika, sequencing, pewaktu (*timing*), pencacahan (*counting*), dan aritmetika guna mengontrol mesin-mesin dan proses-proses dan dirancang untuk dioperasikan oleh para insinyur yang hanya memiliki sedikit pengetahuan mengetahui komputer dan bahasa pemrograman.

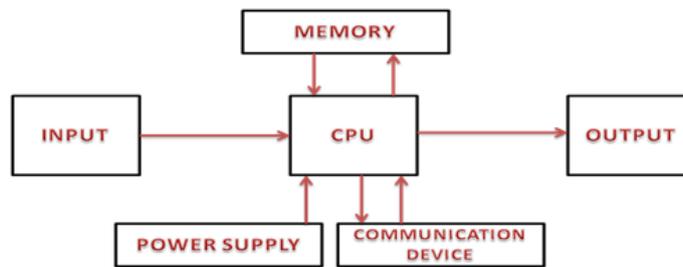
Berdasarkan komponen penyusunnya PLC dibagi menjadi 2 tipe, yaitu PLC *Compact* dan PLC Modular. PLC *Compact* memiliki komponen *processor*, I/O (*Input/Output*), dan catu daya yang melekat menjadi satu bagian pada satu unit yang tidak terpisahkan. PLC modular merupakan jenis PLC yang semua komponennya terpisah ke

dalam modul-modul. PLC jenis ini memungkinkan untuk ekspansi jumlah I/O dan memungkinkan penambahan modul-modul khusus.

## 2.4. PLC

### 2.5.1. Perangkat Keras PLC

Berikut adalah bagan dari sistem perangkat keras PLC dan masing-masing penjelasannya:



Gambar 2.16 PLC Block Diagram

#### 1. *Power Supply*

Unit *power supply* atau unit catu daya diperlukan untuk mengonversi tegangan masukan AC (220Volt ~ 50Hz) atau DC (24Volt) sumber menjadi tegangan rendah DC 5 Volt yang dibutuhkan oleh prosesor dan rangkaian-rangkaian dalam *input/output interface*. Kegagalan dalam pemenuhan tegangan oleh *power supply* dapat menyebabkan kegagalan operasi PLC.

#### 2. *CPU (Central Processing Unit)*

Setiap komponen dalam PLC memiliki fungsi yang berbeda seperti perangkat komputer lainnya. Komponen utama yang mengontrol seluruh sistem yang dikenal sebagai CPU. CPU bertugas melakukan berbagai macam manipulasi data masukan untuk menghasilkan data keluaran.<sup>9</sup> Kecepatan proses PLC pun juga sangat tergantung pada bagian CPU. Salah satu elemen pembangun CPU yang terpenting adalah *processor*. Elemen inilah yang melakukan perhitungan-perhitungan atau manipulasi data-data yang berasal dari luar.

#### 3. *Unit Memory*

Memori berfungsi menyimpan data -data yang akan di proses, program PLC maupun hasil pemrosesan dari *processor*. Unit memori ini sendiri dapat dibedakan atas 2 jenis, yaitu *Volatile Memory* dan *Non-Volatile Memory*.

*Volatile Memory* adalah suatu memori yang apabila sumber tegangannya dilepas maka data yang tersimpan akan hilang, sedangkan *Non-Volatile Memory*, merupakan kebalikan *Volatile Memory* yaitu suatu memori yang meski sumber tegangan dilepas data yang tersimpan tidak akan hilang. Ada beberapa jenis *Volatile Memory* yaitu RAM (*Random Access Memory*), SRAM (*Static RAM*) dan DRAM (*Dynamics RAM*), sedangkan salah satu jenis *Non-Volatile Memory* yaitu ROM (*Read Only Memory*). Memori jenis ROM hanya dapat dibaca saja dan tidak dapat di tambah ataupun diubah. Isi dari ROM berasal dari pabrik pembuatnya yang berupa sistem operasi dan terdiri dari program-program pokok yang diperlukan oleh sistem PLC.

#### **4. Modul *Input***

Modul *Input* merupakan bagian di mana modul yang menerima informasi dari perangkat-perangkat *input device* dan berfungsi untuk menyesuaikan tegangan dari *input device* dengan tegangan CPU sehingga dapat menghasilkan sinyal yang diinginkan. Setiap terminal pada modul *input* ini memiliki alamat khusus dalam sistem sehingga memudahkan dalam pembuatan program PLC.

#### **5. Modul *Output***

Modul *Output* Merupakan bagian di mana modul yang menerima sinyal dari CPU dan berfungsi untuk menyesuaikan tegangan dari CPU dengan tegangan *output device* sehingga tegangan yang dihasilkan sesuai dengan tegangan kerja *output* dan perangkat *output* pun dapat bekerja dengan baik.<sup>12</sup>

## 6. Modul Komunikasi

Terminal komunikasi memungkinkan bagi PLC untuk mendapatkan *upload* program dari PC atau perangkat pemrograman lain. Beberapa perangkat komunikasi juga memungkinkan PLC melakukan komunikasi adalah dengan menggunakan *serial*, *Profibus*, *DeviceNet*, *Ethernet* atau beberapa protokol komunikasi dengan perangkat lain.

### 2.5.2. Prinsip Kerja PLC

Operasi PLC yaitu peralatan luar (sensor dan actuator) dikoneksikan dengan modul *input* atau modul *output* PLC yang tersedia. Selama prosesnya CPU melakukan tiga operasi utama yang dinamakan *scanning*, yaitu:

1. Membaca data masukan dari perangkat luar via modul *input* (*Read*).
2. Mengeksekusi program kendali yang tersimpan di memori PLC (*Execute*).
3. *Updating* atau memperbaharui data pada modul *output* (*Write*).

Interaksi antara ketiga komponen dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.17 Konsep *Scanning* PLC

### 2.4.4. Pemrograman PLC

Dalam pembuatan suatu sistem yang menggunakan PLC, maka pemrograman sangat penting karena dengan membuat

program, maka perangkat masukan dan perangkat keluaran dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Berikut adalah 5 bahasa pemrograman PLC berdasarkan standar IEC 61131-3:

### 1. *Structure Text*

*Structure Text* merupakan bahasa pemrograman berbasis teks.<sup>14</sup> *Structure Text* dikembangkan agar terlihat seperti sintaksis bahasa pemrograman tingkat tinggi seperti PHP, Python atau C dengan loop, variabel, kondisi dan operator. Berikut contoh dari bahasa pemrograman *Structure Text*.

```
x : BOOL;
P_STEP : INT;
END_VAR
P_STEP := 3;
CASE PROGRAM_STEP OF
1: P_STEP := P_STEP+1;
2: P_STEP := P_STEP+2;
3: P_STEP := P_STEP+3;
ELSE
PROGRAM_STEP := PROGRAM_STEP+10;
END_CASE;
LIMIT_SWITCH1 := TRUE;
LIMIT_SWITCH2 := FALSE;
IF LIMIT_SWITCH1 OR LIMIT_SWITCH2 THEN
OUTPUT5 := FALSE;
P_TRIGGER := TRUE;
END_IF;
```

**Gambar 2.18** *Structure Text*

### 2. *Instruction List*

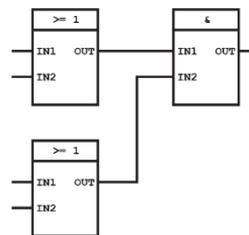
*Instruction List* merupakan bahasa pemrograman PLC yang menyerupai pemrograman bahasa assembly. *Instruction List* memiliki kelebihan pada kecepatan eksekusi program. Seperti bahasa assembly pada umumnya, daftar instruksi adalah bahasa overhead yang rendah dan dieksekusi lebih cepat daripada bahasa grafis.<sup>15</sup> Berikut adalah contoh dari bahasa pemrograman *Instruction List*

1.1	LD	I 0.0	Input Contact
1.2	MOVW	# 980 , VW200	Put 980 in VW200
1.3	LD	SM 0.5	Pulse generator
1.4	EU		Raising edge
1.5	SLW	VW200 # 1	Shift Left Word (1) bit
1.6	LD	SM1.1	Overflow =1 if last bit shifted output =1
1.7	=	Q0.0	Output Coil
1.8	MEND		End programming

**Gambar 2.19 Instruction List**

### 3. *Function Block Diagram*

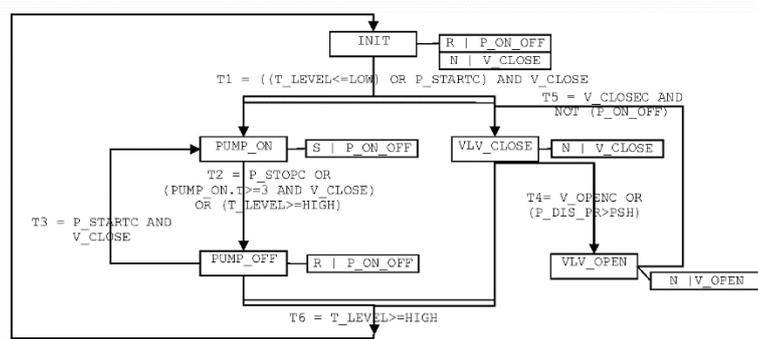
*Function Block Diagram* menggambarkan fungsi antara variabel input dan output. Input dan output dari blok dihubungkan bersama melalui koneksi atau jalur di lingkungan pemrograman. Blok yang dibuat mewakili beberapa fungsi misalnya elementer seperti *MOVE* atau *COMPARE*, atau fungsi logika seperti logika *AND* atau logika *OR*.<sup>17</sup> Berikut contoh *Function Block Diagram*



**Gambar 2.20 Instruction List**

### 4. *Sequential Function Chart*

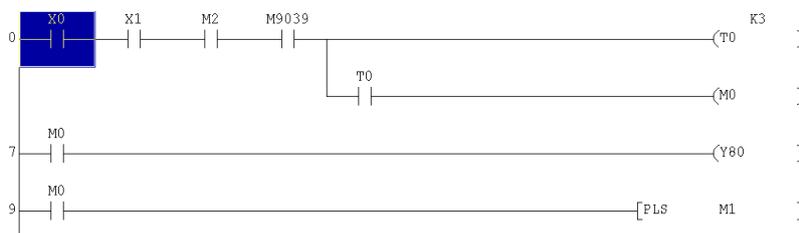
*Sequential Function Chart* merupakan bahasa pemrograman grafis yang cocok untuk tugas memecah proses besar dan kompleks menjadi potongan-potongan kecil yang lebih mudah dilihat dan dipahami daripada dengan lingkungan pemrograman hanya berbasis teks. Program SFC dapat mencakup teknik pemrograman logis standar seperti loop umpan balik dan percabangan. Berikut adalah contoh dari bahasa pemrograman *Sequential Function Chart*



Gambar 2.21 Sequential Function Chart

5. Ladder diagram

Ladder diagram merupakan bahasa pemrograman PLC yang berupa skema mirip anak tangga (*ladder*), mempresentasikan aliran energi dari kiri ke kananyang dikendalikan oleh fungsi-fungsi logika, timer, counter atau fungsi khusus lain. Berikut



Gambar 2.22 Ladder Diagram

2.5. Perangkat Input

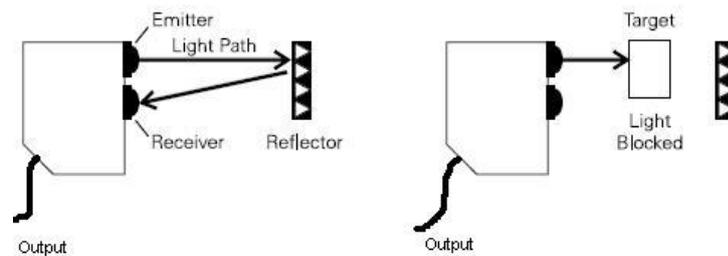
2.6.1. Sensor Photoelectric

Photo sensor adalah alat atau sensor yang dapat mendeteksi cahaya, cahaya yang dimaksud adalah cahaya berupa infrared atau sejenisnya yang dipancarkan oleh pemancar yang disebut emitter dan memiliki panjang gelombang yang berbeda-beda.

Sensor ini dapat mendeteksi benda dengan jarak yang bervariasi itu tergantung dari tipe dan jenisnya, ada berbagai jenis dan tipe alat ini. Pada prakteknya, sensor ini ada yang menggunakan *reflector* dan ada juga yang tanpa *reflector*. *Reflector* adalah suatu alat terbuat dari plastik yang permukaan bagian dalamnya berbentuk prisma atau segi enam

berfungsi untuk memantulkan cahaya yang dikirim oleh Emitter, kemudian ada juga photo sensor yang tanpa menggunakan *reflector*, umumnya sensor jenis ini memiliki dua buah atau berpasangan artinya ada pengirim dan ada penerima.

Jenis sensor tanpa reflector memiliki dua unit, yang pertama adalah Pengirim atau emitter, bertugas sebagai sumber cahaya untuk dikirimkannya ke bagian penerima, yang kedua adalah Penerima atau receiver bertugas sebagai penerima cahaya yang dikirimkan oleh emitter, cahaya yang dikirimkan oleh pengirim harus center dengan penerima agar cahaya terkirim benar - benar terdeteksi oleh receiver, sehingga sensor dapat bekerja dengan baik.



**Gambar 2.23 Photoelectric Sensor**

### 2.6.2. Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik adalah sebuah sensor yang berfungsi untuk mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik dan sebaliknya. Cara kerja sensor ini didasarkan pada prinsip dari pantulan suatu gelombang suara sehingga dapat dipai untuk membaca jarak suatu benda dengan frekuensi tertentu. Disebut senso ultrasonic karna sensor ini menggunakan gelombang ultrasonik.

Cara kerja sensor ultrasonik yaitu gelombang ultrasonik dibangkitkan melalui sebuah alat yang disebut dengan piezoelektrik dengan frekuensi tertentu. Piezoelektrik ini akan menghasilkan gelombang ultrasonik (umumnya berfrekuensi 40 kHz) ketika sebuah osilator diterapkan pada benda tersebut. Secara umum, alat ini akan

menembakan gelombang ultrasonik menuju suatu area atau suatu target. Setelah gelombang menyentuh gelombang target, maka target akan memantulkan kembali gelombang tersebut. Gelombang pantulan pada target akan ditangkap oleh sensor, kemudian sensor menghitung selisih antara waktu pengiriman gelombang dan waktu penerimaan gelombang pantul.



**Gambar 2.24 Cara Kerja Sensor Ultrasonik**

## 2.6. Perangkat Output

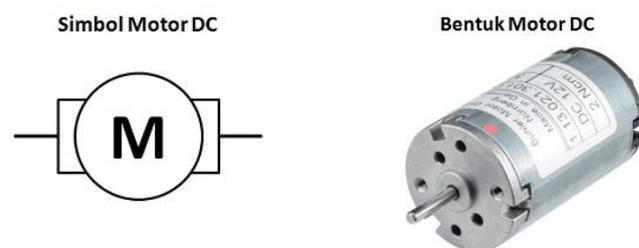
### 2.7.1. Motor DC

Motor Listrik DC atau *DC Motor* adalah suatu perangkat yang mengubah energi listrik menjadi energi kinetik atau gerakan (*motion*). Motor DC ini juga dapat disebut sebagai Motor Arus Searah. Seperti namanya, DC Motor memiliki dua terminal dan memerlukan tegangan arus searah atau DC (*Direct Current*) untuk dapat menggerakannya. Motor Listrik DC ini biasanya digunakan pada perangkat-perangkat Elektronik dan listrik yang menggunakan sumber listrik DC seperti Vibrator Ponsel, Kipas DC dan Bor Listrik DC.

Motor Listrik DC atau *DC Motor* 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. Motor Listrik DC tersedia dalam berbagai ukuran rpm dan bentuk. Kebanyakan Motor Listrik DC memberikan kecepatan rotasi sekitar 3000 rpm hingga 8000 rpm dengan tegangan operasional dari 1,5V hingga 24V. Apabila

tegangan yang diberikan ke Motor Listrik DC lebih rendah dari tegangan operasionalnya maka akan dapat memperlambat rotasi motor DC tersebut sedangkan tegangan yang lebih tinggi dari tegangan operasional akan membuat rotasi motor DC menjadi lebih cepat. Namun ketika tegangan yang diberikan ke Motor DC tersebut turun menjadi dibawah 50% dari tegangan operasional yang ditentukan maka Motor DC tersebut tidak dapat berputar atau terhenti.

Sebaliknya, jika tegangan yang diberikan ke Motor DC tersebut lebih tinggi sekitar 30% dari tegangan operasional yang ditentukan, maka motor DC tersebut akan menjadi sangat panas dan akhirnya akan menjadi rusak. Pada saat Motor listrik DC berputar tanpa beban, hanya sedikit arus listrik atau daya yang digunakannya, namun pada saat diberikan beban, jumlah arus yang digunakan akan meningkat hingga ratusan persen bahkan hingga 1000% atau lebih (tergantung jenis beban yang diberikan). Oleh karena itu, produsen Motor DC biasanya akan mencantumkan *Stall Current* pada Motor DC. *Stall Current* adalah arus pada saat poros motor berhenti karena mengalami beban maksimal.



**Gambar 2.25 Simbol dan Gambar Motor DC**

### 2.7.2. Buzzer

Buzzer adalah suatu komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Pada dasarnya prinsip kerja buzzer hampir sama dengan *loudspeaker*, jadi buzzer juga terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi

electromagnet, kumparan tadi akan tertarik ke dalam atau keluar, tergantung dari arah arus dan polaritas magnetnya, karena kumparan dipasang pada diafragma maka setiap gerakan kumparan akan menggerakkan diafragma secara bolak-balik sehingga membuat udara bergetar yang akan menghasilkan suara. Buzzer biasa digunakan sebagai indikator bahwa proses telah selesai atau terjadi kesalahan pada sebuah alat (alarm).



**Gambar 2.26 Simbol Indikator Buzzer**

## 2.8. Usaha

Usaha adalah besarnya energi untuk merubah posisi yang diberikan gaya pada benda atau objek. Usaha yang dilakukan untuk objek didefinisikan sebagai perkalian antara jarak yang ditempuh. Rumus usaha dinotasikan dengan:

$$W = F \cdot x$$

$$P = \frac{W}{T}$$

$$P = \frac{F \cdot S}{t}$$

$$P = m \cdot g \cdot V$$

Di mana:

W = Usaha yang dilakukan (Joule)

F = Gaya yang diberikan (N)

P = Daya (Watt/N.m/s)

$m$	= Massa (kg)
$g$	= Gaya Gravitasi ( $m/s^2$ )
$V$	= Kecepatan (m/s)
$S$	= Jarak (m)
$x$	= Jarak perpindahan objek (m)

## BAB III. PENGUMPULAN DATA

### 3.1 Pengenalan Damage Core

Pada setiap unit yang bermasalah, perusahaan akan langsung berhadapan dengan pelanggan untuk menangani permasalahan tersebut. Masalah tersebut dapat diatasi oleh mekanik dengan berbagai cara, mulai dari perawatan, perbaikan, hingga penggantian komponen pada unit tersebut. Ketika proses penggantian komponen terjadi pada unit yang masih dalam masa garansi, perusahaan mempunyai tanggung jawab untuk menyimpan komponen tersebut selama 8 bulan untuk dilakukan proses investigasi oleh pihak perusahaan. Komponen yang disimpan oleh perusahaan tersebut dinamakan *Damage Core (DC)*.

Selama 8 bulan masa penyimpanan, kondisi *damage core* harus seperti kondisi awal saat kerusakan itu terjadi, seperti tidak ada kerusakan yang diakibatkan penyimpanan ataupun saat dibawa dari lokasi unit beroperasi ke gudang *damage core*. Selain itu selama 8 bulan penyimpanan tidak boleh ada komponen yang hilang karena akan berakibat pada saat proses investigasi di KLTD/*Factory*. KLTD/*Factory* ini merupakan tempat dimana komponen tersebut dibuat. Sehingga semua komponen yang bermasalah akan diminta kembali oleh *factory* pembuat komponen tersebut.

Proses investigasi yang dilakukan oleh KLTD/*Factory* ini bertujuan untuk mengetahui penyebab kerusakan yang terjadi pada *damage core* tersebut. Jika penyebab kerusakan akibat kesalahan pemakaian oleh pelanggan maka pihak pelanggan yang akan menanggung biaya perbaikan hingga penggantian *damage core* tersebut. Tetapi jika penyebab kerusakan terjadi akibat kesalahan desain ataupun cacat pada komponen maka pihak pelanggan tidak akan menanggung biaya perbaikan hingga penggantian *damage core*. Dengan adanya proses *investigasi* ini diharapkan dapat mengurangi jumlah kerusakan yang terjadi pada komponen produk. Jika perusahaan tidak bisa

mengembalikan *damage core* yang telah diminta oleh KLTD/*Factory* dengan berbagai alasan seperti *damage core* hilang, *damage core* rusak, dan sebagainya, maka perusahaan yang akan menanggung biaya *damage core* kepada pelanggan.



**Gambar 3.1** Salah satu contoh *Damage Core*

*Damage core* disimpan di gudang, penyimpanan *damage core* disesuaikan dengan kategori beratnya. *Damage core* dengan berat diatas 500kg akan disimpan di luar gudang dan *damage core* dibawah 500kg akan disimpan di dalam gudang. Berikut adalah daftar komponen yang disimpan didalam gudang *DC* serta pembagian komponen berdasar kategorinya.

**Tabel 3.1** *Damage Core* berdasarkan panjang terkecil

No	Komponen	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)
1.	Engine Piston Ring	10	10	100
2.	Bushing Arm	30	30	90
3.	Engine Front Seal	50	50	100
4.	Radiator Cap	70	70	100

**Tabel 3.2 *Damage Core* berdasarkan lebar terkecil**

No	Komponen	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)
1.	Engine Piston Ring	10	10	100
2.	Bushing Arm	30	30	90
3.	Engine Front Seal	50	50	100
4.	Radiator Cap	70	70	100

**Tabel 3.3 *Damage Core* berdasarkan tinggi terkecil**

No	Komponen	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)
1.	O-Ring	75	75	10
2.	Elbow	50	50	30
3.	Pressure Safety Valve	85	85	30.8
4.	Pressure Unloading Valve	77.5	77.5	30.9
5.	Hammer Pressure Relief	82.3	82.3	31

**Tabel 3.4 *Damage Core* berdasarkan panjang terbesar**

No	Komponen	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)
1.	Arm	4000	4000	1000
2.	Bucket Cylinder	3100	3100	350
3.	Engine	1750	1750	1750
4.	Hose DN 50	1500	1500	40
5.	Link Assy	1000	1000	300

**Tabel 3.5 *Damage Core* berdasarkan lebar tertinggi**

No	Komponen	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)
1.	Arm	4000	4000	1000
2.	Bucket Cylinder	3100	3100	350
3.	Engine	1750	1750	1750
4.	Hose DN 50	1500	1500	40
5.	Link Assy	1000	1000	300

**Tabel 3.6 *Damage Core* berdasarkan tinggi terbesar**

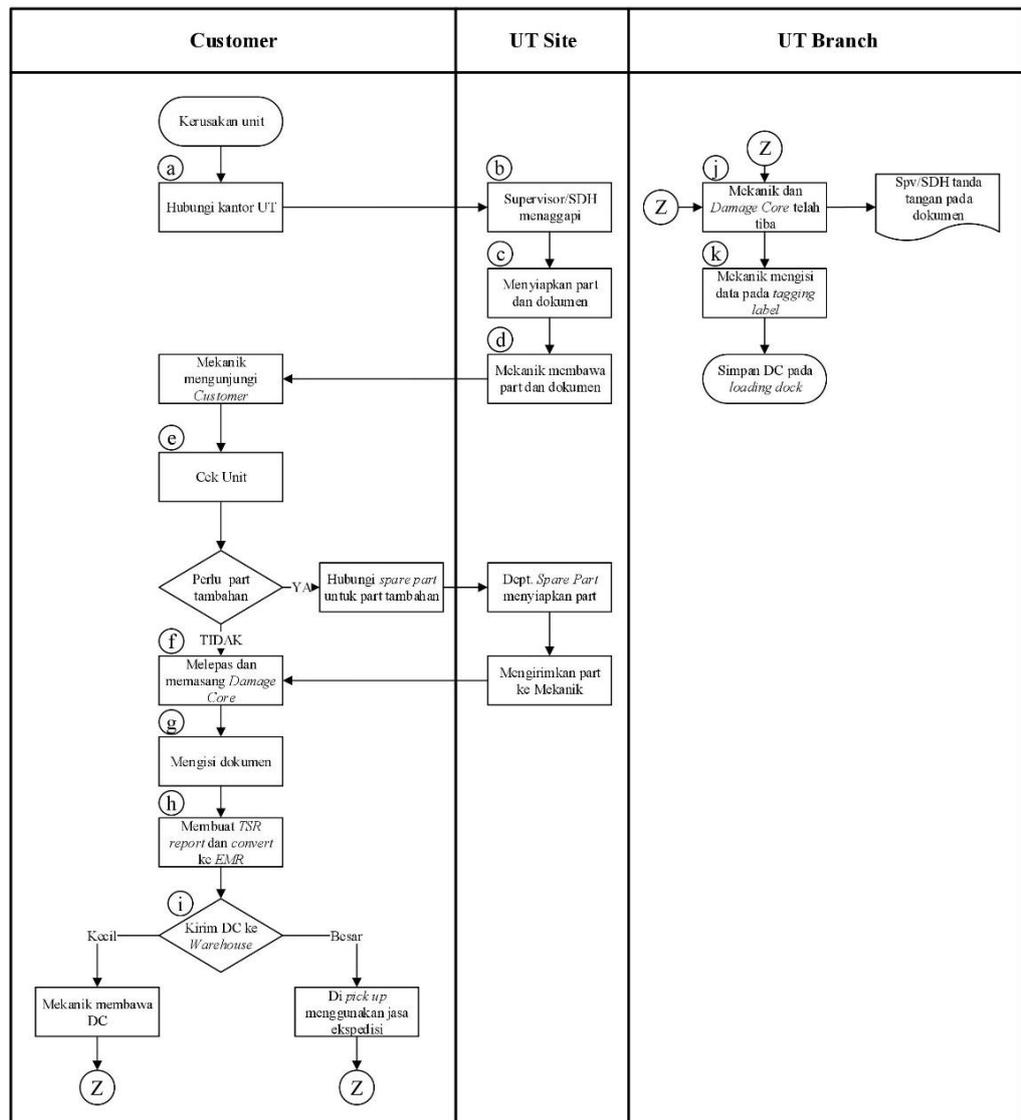
No	Komponen	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)
1.	Engine	1750	1750	1750
2.	Hydraulic Pump	1750	1750	1000
3.	Main Pump	400	400	800
4.	Floating Seal	100	100	750
5.	Pump	200	200	600

### 3.2 Proses Bisnis *Damage Core*

Proses bisnis *Damage Core* ini dibagi menjadi tiga bagian, yaitu proses *take out damage core*, *input damage core at Gudang*, dan *search damage core at Gudang*. Berikut adalah penjelasannya mengenai masing-masing proses.

#### 3.2.1 Take Out *Damage Core* Dari Unit

*Take Out Damage Core* dari unit merupakan proses pengambilan *parts*/komponen yang mengalami kerusakan pada suatu unit dan digantikannya dengan *parts*/komponen yang baru. Berikut adalah *flow process* dari *take out damage core* dari unit.



**Gambar 3.2 Flochart Take Out Damage Core dari unit**

**a. Hubungi kantor**

Hubungi kantor merupakan panggilan dari customer untuk perusahaan, panggilan ini dilakukan oleh *customer* dikarenakan pada unitnya terjadi kerusakan atau performa yang tidak normal. *Customer* berhak menghubungi pihak kantor jika terjadi kerusakan atau hal apapun yang berhubungan dengan unit yang dimiliki.

b. *Supervisor/SDH* menanggapi

Ketika pihak UT mendapat panggilan dari *customer*, *Supervisor* ataupun *Service Department Head (SDH)* akan merespon panggilan tersebut dengan menanyakan kerusakan ataupun gejala yang terjadi pada unit tersebut. Jika memang *customer* tidak mengetahui kerusakan pada unit tersebut, *supervisor* ataupun *Service Department Head* akan menanyakan dengan detail agar tidak terjadi kesalahan saat unit akan diperbaiki.

c. Menyiapkan *Part* dan Dokumen

Setelah *Supervisor/SDH* mengetahui kerusakan pada unit tersebut, mereka akan menyiapkan *part/komponen* dan *document* yang akan dibawa oleh mekanik. *Supervisor/SDH* akan menghubungi *Spare Parts Department* untuk menyiapkan *part/komponen* yang dibutuhkan. Dokumen yang digunakan adalah *Work Order*, *Service Report*, *Technical Service Report*, dan Berita Acara Penyerahan Pekerjaan.

d. Mekanik Membawa *Part* dan Dokumen

Setelah semua dokumen dan *part* sudah sesuai, Mekanik akan membawanya ke lokasi terjadinya kerusakan pada unit tersebut. Selain itu Mekanik juga perlu membawa *consumable part* seperti oli, grease, dll. Dan juga Mekanik perlu membawa kamera yang digunakan untuk dokumentasi sebagai data pendukung saat proses perbaikan unit.

e. Cek Unit

Setelah itu Mekanik akan pergi menuju lokasi *service* dan segera melakukan pengecekan pada unit. Selain untuk memastikan kerusakan pada unit ini, Mekanik juga memeriksa bagian lain dari unit tersebut untuk memastikan bahwa penyebab kerusakan mesin tidak hanya terjadi pada satu *part/komponen* saja. Dalam pengecekan ini, Mekanik juga perlu mengetahui apakah diperlukan *part/komponen* tambahan atau tidak. Jika memang perlu adanya *part* tambahan maka Mekanik akan menghubungi *Spare Parts Department* untuk menyiapkan *part* yang dibutuhkan dan mengirimkannya ke lokasi. Jika tidak perlu *part/komponen* tambahan maka Mekanik akan segera mengganti *part* tersebut.

f. Melepas dan Memasang *Damage Core*

Lalu Mekanik segera melepas *part*/komponen yang rusak tersebut dan menggantinya dengan *part*/komponen yang baru. *Part* yang rusak tersebut disebut *damage core*. Setelah proses pemasangan selesai akan dilakukan *Test Trial Performance* pada unit tersebut. Hal ini bertujuan agar proses pemasangan sudah sesuai dan tidak ada kerusakan yang lain pada unit tersebut dan memastikan bahwa unit sudah siap untuk digunakan.

g. Mengisi Dokumen.

Setelah itu mekanik mengisi semua dokumen yang dibawanya yaitu *Work Order*, *Service Report*, *Technical Service Report*, dan Berita Acara Penyerahan Pekerjaan.

h. Membuat *TSR Report* dan *Convert to EMR*

Setelah dokumen *Technical Service Report* telah selesai diisi maka mekanik akan mengkonversikan data pada *TSR* menjadi *EMR (Emergency Machine Return)*. *EMR* ini akan dikirimkan ke *Head Office* untuk proses selanjutnya.

i. Kirim *Damage Core* ke Gudang

Setelah semua kegiatan telah selesai dilakukan oleh mekanik, *damage core* akan dibawa oleh Mekanik ke *DC* gudang. Untuk proses pengirimannya ini jika *damage core* tersebut dapat dibawa sekaligus oleh Mekanik, maka Mekanik akan membawa *damage core* tersebut. Tetapi jika Mekanik tidak bisa membawa *damage core* tersebut dikarenakan ukurannya yang besar atau jumlahnya yang banyak maka Mekanik akan membawanya dengan bantuan jasa *Courir* ataupun ekspedisi.

j. Mekanik dan *Damage Core* telah tiba

Ketika Mekanik dan *damage core* sudah tiba di *Branch* atau lokasi gudang *damage core* maka Mekanik akan segera menyerahkan semua dokumen yang ia bawa ke Supervisor/SDH. Kemudian Mekanik akan segera mengisi *tagging label* yang berisi informasi mengenai identitas dari *damage core* tersebut.

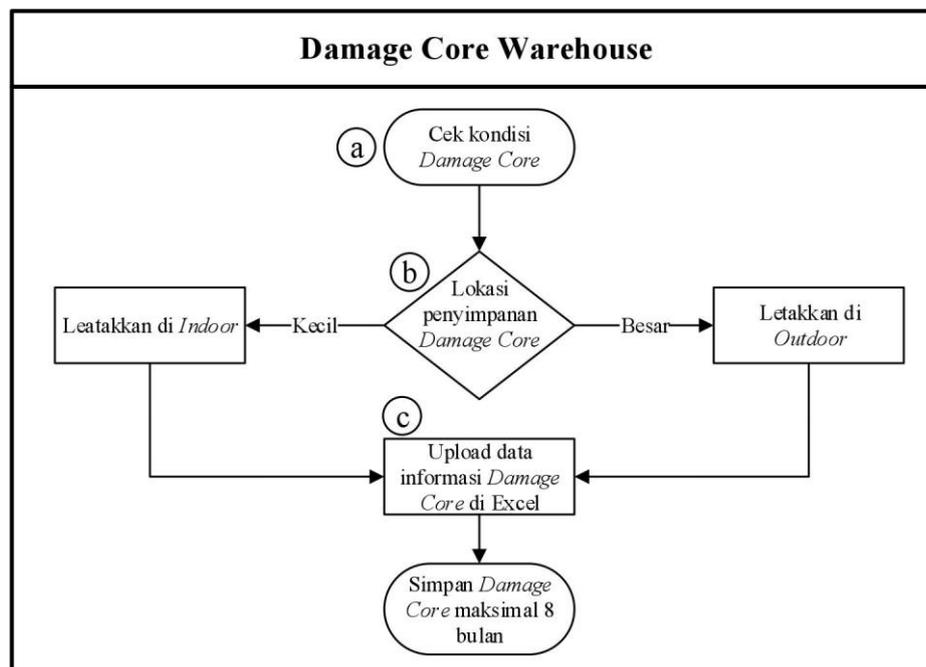
k. Mekanik Mengisi Data Pada *Tagging Label*

Sebelum *damage core* disimpan didalam gudang, Mekanik diharuskan untuk mengisi identitas mengenai *damage core* yang ia bawa. Pengisian *tagging*

label ini yang akan digunakan sebagai informasi *damage core* ketika disimpan di dalam *Gudang*.

### 3.3.2 Input Damage Core

*Input Damage Core* merupakan proses penyimpanan *damage core* di dalam gudang *damage core*. Perusahaan mempunyai kewajiban untuk menyimpan *damage core* selama 8 bulan. Berikut adalah *flow process* dari *input damage core*:



Gambar 3.3 Flowchart Input Damage Core

a. Cek Kondisi *Damage Core*

Sebelum *damage core* disimpan didalam gudang, *damage core* perlu dilakukan pemeriksaan, mulai dari kondisi *damage core* yang ada, ukuran dimensi *damage core*, dan identitas pada *tagging label damage core*.

b. Lokasi Penyimpanan *Damage Core*

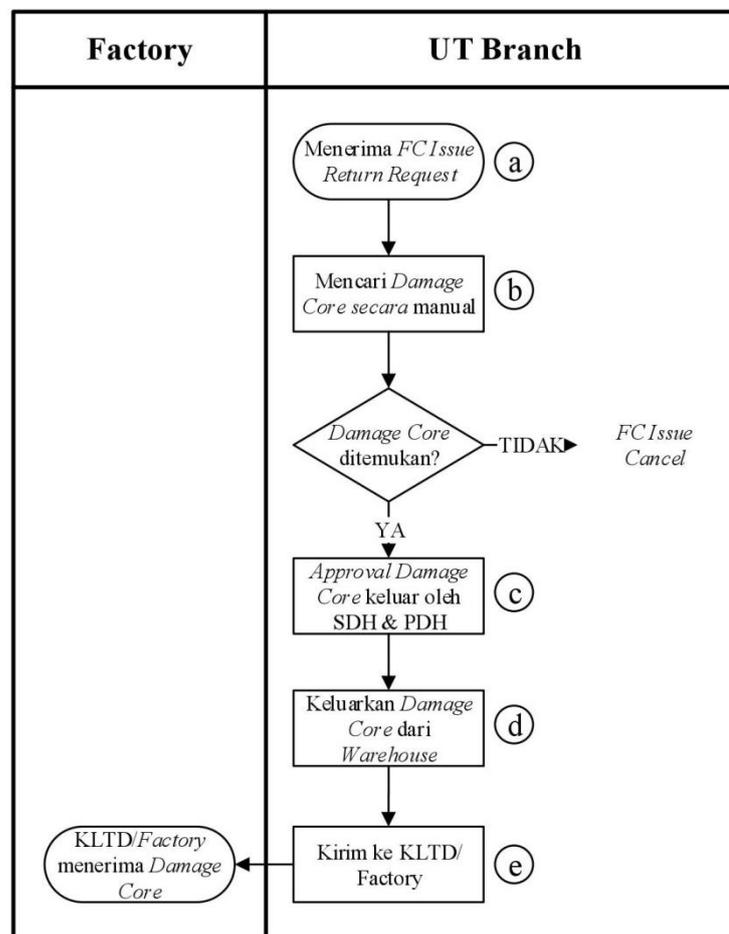
Ketika *damage core* sudah dicek maka *Storage Man* akan menyimpan *damage core* sesuai dengan ukuran *damage core* tersebut. Jika *damage core* memiliki ukuran yang besar maka *damage core* akan disimpan diluar gudang. Tetapi jika *damage core* memiliki ukuran yang kecil ataupun sedang maka *damage core* akan disimpan didalam gudang.

c. Upload Data Informasi *Damage Core* di Excel

Selanjutnya *Storage Man* akan menyimpan data-data terkait informasi *damage core* tersebut. Data-data (*tagging number*, model, *serial number*, *part number*) yang di *input* ini nantinya yang akan digunakan sebagai informasi seluruh *damage core* di gudang. Setelah itu punya kewajiban untuk menyimpan *damage core* tersebut selama 8 bulan. Selama 8 bulan tersebut, pihak KLTD/Factory bisa meminta *damage core* tersebut kepada pihak perusahaan untuk keperluan analisa kerusakan. Jika *damage core* tersebut sudah lebih dari 8 bulan didalam gudang dan tidak ada *FC Issue Return Request* maka barang tersebut milik hak perusahaan sehingga KLTD/Factory tidak bisa meminta *damage core* tersebut untuk dikembalikan untuk proses analisa kerusakan.

### 1.3.3 Take Out Damage Core

*Take out damage core* merupakan proses pengambilan atau mengeluarkan *damage core* yang disimpan didalam *gudang* untuk dikembalikan kepada KLTD/*Factory*. Proses ini dimulai dari ketika *FC Issue return request* dibuat oleh KLTD/*Factory* hingga barang sesuai dengan permintaan sampai di KLTD/*Factory*. Berikut adalah *flow process* dari *search damage core*



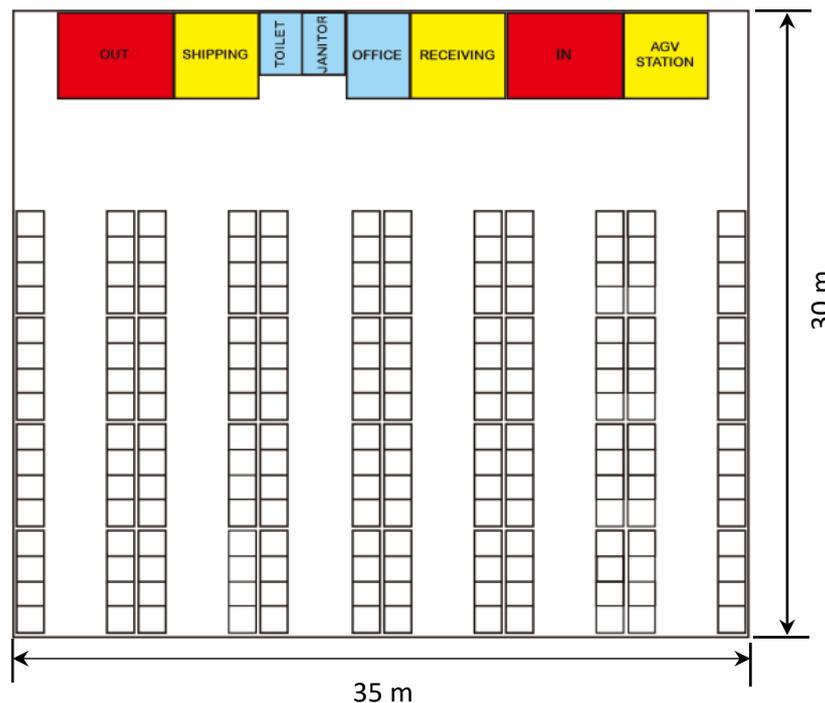
Gambar 3.4 Flowchart Take Outt Damage Core

### 3.3. Area Gudang

Gudang DC merupakan tempat untuk menyimpan *damage core* yang berasal dari *pelanggan*. Ditempat ini semua *damage core* yang telah melalui proses klaim kepada perusahaan akan disimpan dalam waktu tertentu atau sampai perusahaan meminta *damage core* tersebut untuk proses investigasi.

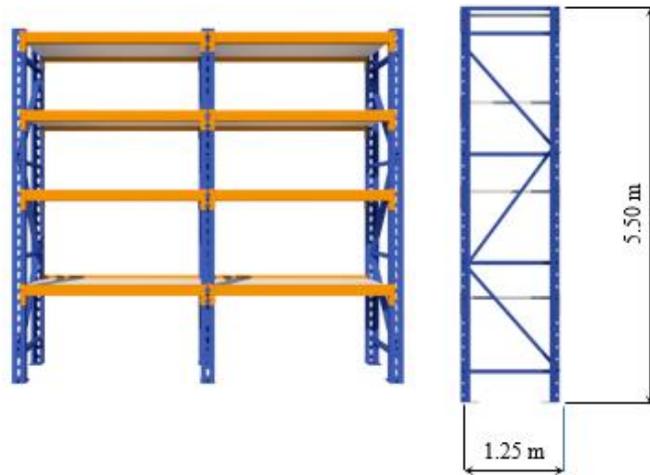
Adanya Gudang *DC* memungkinkan perusahaan lebih mudah dalam melakukan kontrol dan dapat menghemat waktu pengiriman karena gudang berada di satu area yang dekat dengan transportasi apapun.

Perusahaan mempunyai luas area gudang *DC* mencapai  $10.146 \text{ m}^2$ . gudang ini terdiri dari area *indoor* yang diperuntukan untuk *part* yang berukuran kecil dan area *outdoor* diperuntukan untuk *part* berukuran besar. Dengan luas yang ada *part* yang disimpan tidak hanya *part* baru melainkan *Damage core* yang berasal dari perusahaan cabang dan tambang daerah kalimantan. *Damage core* merupakan *part* yang dianggap penyimpanannya tidak diutamakan sehingga luas area penyimpanan *Damage core* pada gudang ini yang diizinkan hanya sebesar  $1.500 \text{ m}^2$ . Dengan luas area yang tersedia, berikut ditampilkan tata letak rak pada gudang *DC* perusahaan.

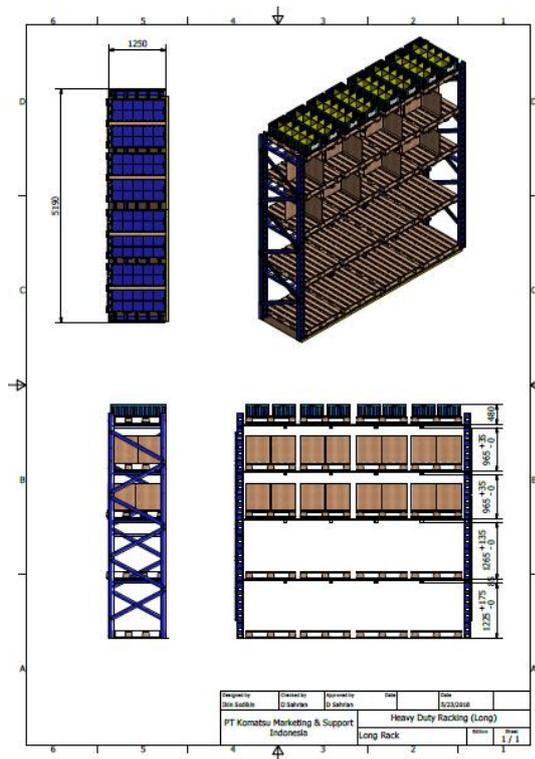


**Gambar 3.5 Usulan *Layout* Gudang *DC***

Sesuai dengan tata letak yang ada maka kami menampilkan rak yang digunakan untuk penyimpanan *damage core* pada gudang *DC*.



Gambar 3.6 Heavy Duty Rack



Gambar 3.7 Heavy Duty Rack

### 3.4. Usulan Desain Serta Komponen Penyusun AGV

Metode penyimpanan dan pengeluaran *damage core* (DC) dilakukan secara manual dengan menggunakan forklift. Penggunaan forklift dianggap terlalu lampau berkaitan dengan industri yang telah memasuki era 4.0. Untuk itu kami dan department service membuat perancangan berupa sistem otomatisasi untuk penyimpanan, pengambilan *damage core* yang terintegrasi dengan sistem monitoring. Ide ini dituangkan dengan adanya perancangan *Automatic Guided Vehicle* (AGV). AGV diharapkan dapat membantu pekerjaan mekanik untuk melakukan penyimpanan dan pencarian DC. Untuk itu perusahaan menginginkan AGV yang dapat berjalan dengan kecepatan 200mm/s diharapkan dapat berjalan dengan kecepatan yang lebih cepat dari forklift, serta desain AGV diharapkan memiliki dimensi yang lebih kecil dari forklift. Perusahaan mengharapkan AGV dengan kontroler yang kuat dan aman seperti PLC. Serta dengan sensor navigasi *low budget* namun dapat membaca jalur dengan teliti komponen lainnya dapat menyesuaikan. Sesuai dengan keinginan perusahaan kami melampirkan beberapa usulan komponen yang akan digunakan.

#### 34.1.1 Usulan Desain AGV

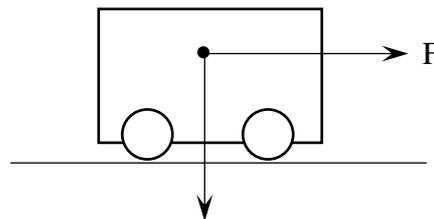


**Gambar 3.8 Usulan Desain Mekanik AGV**

Usulan desain yang dibuat menyesuaikan dengan luas gudang serta kondisi gudang saat ini. Luas gudang yang diperkenankan untuk menyimpan *damage core* adalah  $1500\text{ m}^2$  untuk itu kami membuat

rancangan AGV dengan sangat memaksimalkan ruangan. Usulan ukuran AGV yang akan digunakan pada gudang memiliki panjang 2.8 m, lebar 1.1 m, serta tinggi 2.5 m. Penggunaan *forklift* terlalu memakan banyak ruangan karena *forklift* yang digunakan memiliki ukuran panjang 3.1 m, lebar 1.1 m, dan tinggi 2.4 m. Ditinjau dari perbedaan ukuran *forklift* dan AGV, penggunaan *forklift* memakan banyak tempat untuk mobilisasi jika dibandingkan dengan AGV. Untuk itu dengan adanya AGV, nantinya dapat meminimalkan penggunaan ruangan untuk mobilisasi AGV serta jumlah rak dapat dimaksimalkan untuk penyimpanan *damage core*. Berdasarkan usulan mengenai desain AGV, maka dengan ini kami melampirkan perhitungan daya yang dibutuhkan AGV untuk mengangkat beban.

Kecepatan AGV yang diinginkan, yaitu 200mm/s (0.2m/s)



$$m = 500\text{Kg} + 100\text{Kg} = 600\text{Kg}$$

$$W = m \cdot g$$

$$W = 600\text{Kg} \cdot 10\text{m/s}^2$$

$$W = 6000 \text{ N}$$

$$F_s = \mu_s \cdot W$$

$$F_s = 0,9 \cdot 6000 \quad (0,9 \text{ didapat dari koefisien gesek roda yang digunakan})$$

$$F_s = 5400 \text{ N}$$

$$P = \frac{W}{t} \dots\dots\dots (1)$$

$$W = F \cdot s \dots\dots\dots (2)$$

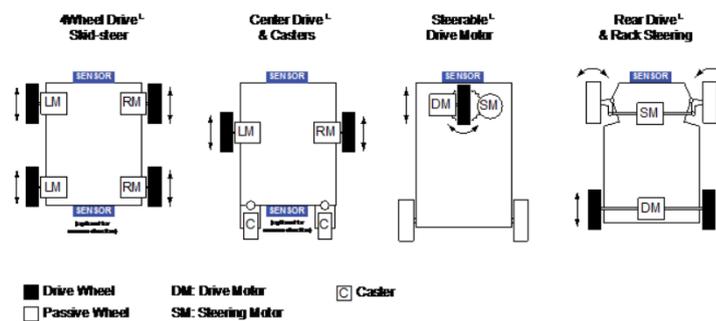
$$P = W \cdot \frac{s}{t} \dots\dots\dots (3)$$

$$P = 5400 \cdot 0,2 \quad (\text{Nilai } 0,2 \text{ diperoleh dari asumsi kecepatan AGV})$$

$$P = 1080 \text{ Watt}$$

Maka beban keseluruhan AGV 1080 Watt, sehingga beban keseluruhan dibebankan kepada 4 motor. Sehingga setiap motor harus memiliki daya minimal sebesar 270 Watt untuk menarik AGV dan beban sebesar 600 Kg.

### 34.1.2 Usulan Desain Chassis



**Gambar 3.9 Usulan Desain Chassis AGV**

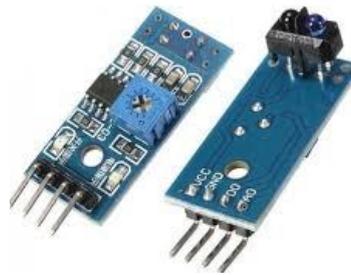
Seperti yang telah dibahas sebelumnya, kami melampirkan usulan kontrol kemudi yang dapat digunakan untuk AGV. Penggunaannya dapat disesuaikan dengan kebutuhan AGV yang digunakan. Jika menginginkan penggunaan daya motor yang rendah maka dapat menggunakan 4 *Wheel Drive Slid-Steer* konstruksi ini menggunakan 4 buah motor untuk aktuator. Penggunaan konstruksi ini cocok untuk AGV yang memiliki beban berat agar motor yang digunakan memiliki daya yang lebih maksimal. Penggunaan *Center drive and caster* hanya memiliki dua buah aktuator dan roda lainnya hanya mengikuti. Penggunaan desain ini memerlukan dua buah motor dengan daya yang tinggi. *Steerable drive motor* memiliki satu buah aktuator yang dapat berbelok dengan fleksibel dan dengan dua buah roda lainnya sebagai pengikut. *Rear drive rack and steering* hampir sama dengan 4 *Wheel Drive Slid-Steer* perbedaannya adalah pada dua roda belakang yang dapat berbelok ke kiri dan ke kanan serta lebih fleksibel. Pemilihan penggunaan *chassis design* dapat menyesuaikan

kebutuhan yang diinginkan perusahaan terhadap pergerakan AGV serta mempertimbangan luas jalur yang digunakan untuk mobilisasi AGV.

### 34.1.3 Usulan Sensor Navigasi AGV

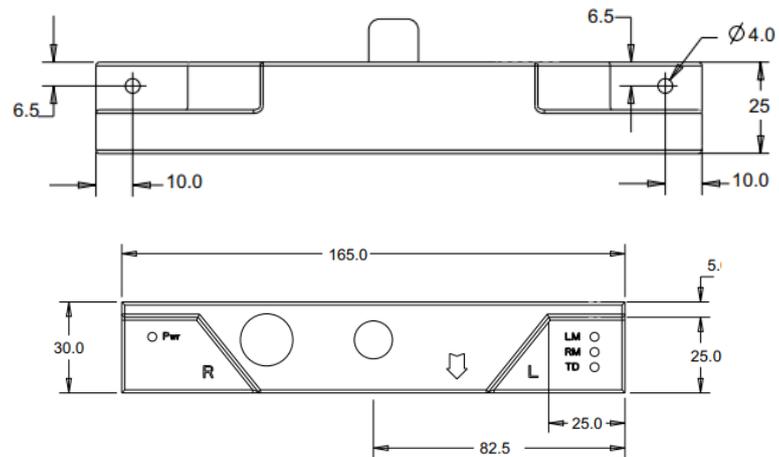


**Gambar 3.10** Sensor Magnet



**Gambar 3.11** Sensor *Photoelectric*

Seperti yang telah dibahas pada bab sebelumnya, kami melampirkan usulan navigasi yang dapat digunakan untuk AGV. Penggunaannya dapat disesuaikan dengan *budget* perusahaan serta tingkat keakuratan sensor yang diinginkan perusahaan dalam membaca jalur. Penggunaan sensor magnet memiliki tingkat keakuratan yang sangat tinggi, jika terdapat *error* saat pembacaan jalur proses penyesuaian jalur pada sensor magnet sangat teliti. Namun penggunaan sensor magnet membutuhkan *budget* cukup besar karena harga sensor magnet yang mahal. Berikut spesifikasi sensor magnet merk Roboteq tipe MGS-1600MY.



**Gambar 3.12 Dimensi Sensor Magnet MGS-1600GY**

**Tabel 3.7 Spesifikasi Sensor Magnet MGS1600GY**

Parameter	Min	Max	Unit
Power supply input voltage	-1	35	Volts
Digital input voltage	-1	15	Volts
Digital output current		20	mA
Analog output current		10	mA
Digital output current			
Digital input 0 level	-1		
Digital input 1 level	3		
Analog output range	0		

**Tabel 3.8 Spesifikasi Sensor Magnet MGS1600GY**

Parameter	Min	Max	Unit
Power supply input voltage	-1	35	Volts
Digital input voltage	-1	15	Volts
Digital output current		20	mA
Analog output current		10	mA
Digital output current		20	mA
Digital input 0 level	-1	1	Volts
Digital input 1 level	3	15	Volts
Analog output range	0	3	Volts

Sedangkan jika menggunakan sensor *photoelectric* tidak membutuhkan *budget* yang besar serta penggunaannya yang lebih mudah, tingkat keakurasian sensor *photoelectric* tidak sebaik sensor magnet namun penggunaannya dapat *disetting* agar sesuai dengan keinginan perusahaan dalam membaca jalur dan menyesuaikan jalur saat terdapat *error*. Berikut spesifikasi sensor *photoelectric* TCRT5000.

**Tabel 3.9 Spesifikasi Sensor TCRT5000**

Jarak Deteksi	0.2 – 15 mm
Tegangan	3.3 – 5 V
Nilai Output	Digital (1 atau 0)
Chipset	LM 393

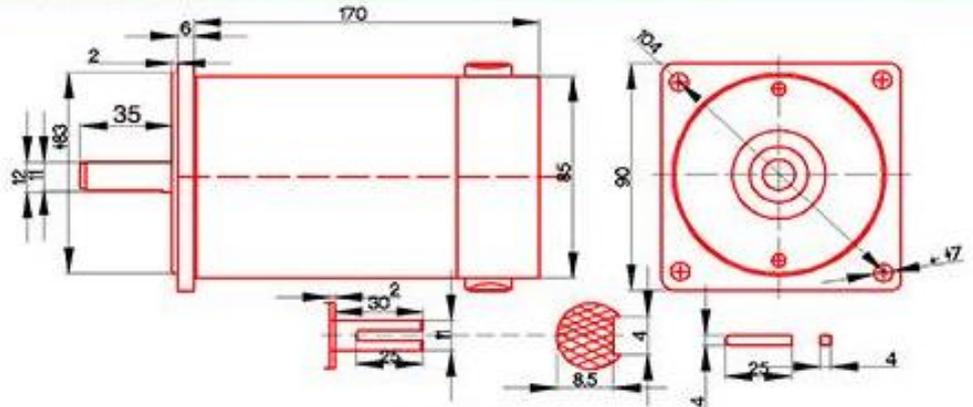
**Tabel 3.10 Spesifikasi Input Output Sensor TCRT5000**

Parameter	Value	Unit
Input voltage	5	Volts
Input current	60	mA
Output voltage	5	Volts
Output current	100	mA

**34.1.4 Usulan Motor AGV**

Seperti yang telah dibahas pada bab sebelumnya, kami melampirkan usulan motor yang dapat digunakan untuk AGV. Penggunaan motor dapat disesuaikan dengan keinginan perusahaan. Jika menginginkan aktuator dengan harga yang relatif murah maka dapat memilih motor DC sebagai aktuator. Namun motor DC memiliki kekurangan yaitu proses pengaturannya yang cenderung sulit, serta motor DC jika digunakan untuk kecepatan tinggi dapat menimbulkan bising serta motor DC tidak dilengkapi dengan driver

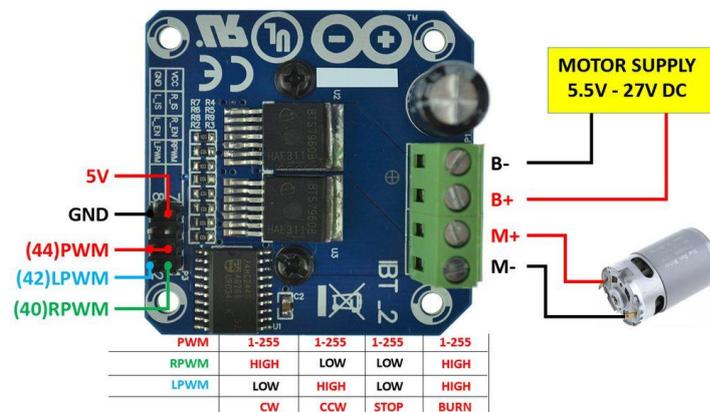
motor. Berikut spesifikasi motor DC 5D300GN-C dan driver motor BTS7960 yang dapat digunakan untuk motor DC.



**Gambar 3.15 Dimensi Motor DC 5D300GN-C**

**Tabel 3.11 Spesifikasi Motor DC 5D300GN-C**

Type	5D300GN-G-24-30S
Rotating Speed	1800-3000 RPM
Voltage	24VDC
Power Output	300 Watt
Current	18 A
RPM	3000
Torque	9.20 Kg.m
Motor Size	90*173 mm
Out Shaft Size	12*35 mm
Weight	3.9 Kg
Speed Adjustment	Yes
CW/CCW	Yes

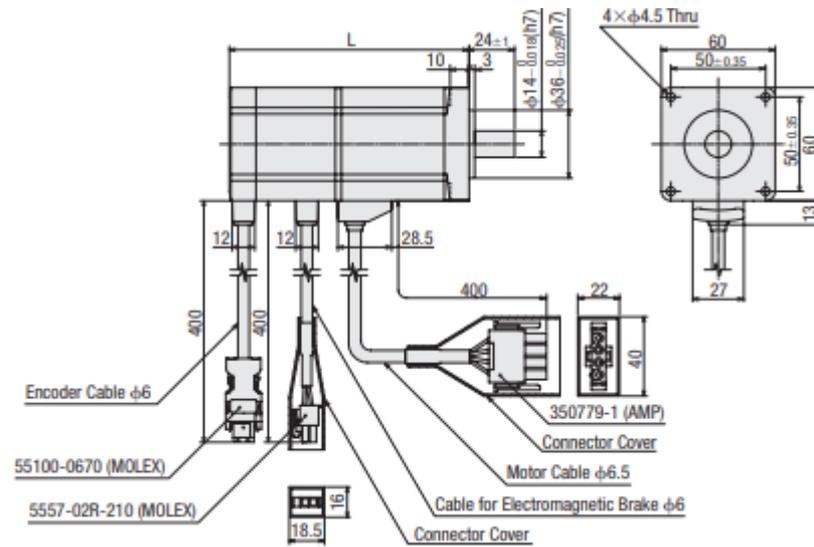


**Gambar 3.16 Wiring Driver Motor BTS7960**

**Tabel 3.12 Spesifikasi Driver Motor BTS7960**

Parameter	Min	Max	Unit
Operating voltage	5.5	27.5	Volts
Supply voltage	-0.3	45	Volts
Logic input voltage	-0.3	5.3	Volts
Current	7	15	mA
HS pulse drain current	-60	601	mA
LS pulse drain current	-60	601	mA

Sedangkan motor servo jika digunakan untuk aktuator pada AGV dengan kecepatan yang tinggi tidak menimbulkan suara bising karena motor servo memungkinkan untuk menghasilkan daya yang lebih tinggi, serta motor servo lebih presisi dibanding dengan motor DC serta memiliki pengontrolan yang lebih mudah. Namun jika ingin menggunakan motor servo maka *budget* yang harus dikeluarkan lebih besar karena motor servo lebih mahal dari motor DC. Berikut spesifikasi motor servo merk Oriental tipe NX640MS.



**Gambar 3.17 Dimensi Motor Servo NX640MS**

**Tabel 3.13 Spesifikasi Motor Servo NX640MS**

Parameter	Value
Input voltage	3Phasa 200-300 VAC
Input current	2.8 A
Rated speed	3000
Maximum speed	5500
Rated torque	1.27 N.m

**Tabel 3.14 Spesifikasi Driver Motor Servo NX640MS**

Parameter	Value
Input voltage	4.75 – 26.4 VDC
Output voltage	30 VDC
Output current	10 mA

Torque limiting	0 – 300%
-----------------	----------

### 34.1.5 Usulan Roda AGV



Setelah menentukan penggunaan motor yang akan digunakan maka selanjutnya menentukan roda yang akan digunakan untuk AGV. Penggunaan roda menyesuaikan dengan beban yang akan dibawa serta motor yang akan digunakan. Kami memberikan usulan untuk roda yang akan digunakan yaitu roda omni dan roda karet *wheel only* dengan dimensi yang sama yaitu 100mm. Jika ditinjau dari sisi perbedaan putaran roda omni lebih baik karena dapat mengantisipasi slip dibanding roda karet. Namun koefisien gesek yang dihasilkan roda karet lebih baik karena roda karet cenderung lebih lunak dibanding dengan roda omni, dan juga roda karet lebih murah dibandingkan dengan roda omni. Berdasarkan kekurangan dan kelebihan yang dimiliki roda omni dan roda karet, maka kami menyimpulkan, jika perusahaan ingin menggunakan roda karet maka kemungkinan untuk slip lebih dapat diantisipasi oleh roda karet karena koefisien gesek roda karet namun roda karet tidak disarankan untuk penggunaan pada tikungan yang tajam serta roda karet memiliki harga yang cenderung lebih murah daripada roda omni. Sedangkan roda omni dapat diandalkan untuk tikungan tajam karena kemampuan berbelok roda omni 90° namun harga yang dimiliki roda omni lebih

mahal dibandingkan roda karet. Berikut tabel perbandingan roda omni dan roda karet.

**Tabel 3.15 Perbandingan Roda**

Jenis Roda	Koefisien Gesek	Kemampuan Berbelok	Kisaran Harga
Roda Omni	0.65-0.7	90°	Rp. 400.000,- sampai dengan Rp. 500.000,-
Roda Karet	0.9-1	45°	Rp. 30.000,- sampai dengan Rp. 50.000,-

#### 34.1.6 Usulan Kontroler AGV

Terdapat dua jenis kontroler yang dapat digunakan oleh AGV, yaitu kontroler yang khusus dibuat untuk AGV atau kontroler konvensional yang harus diprogram untuk AGV. Gambar 3.22 memperlihatkan jenis AGV tersebut.



**Gambar 3.20 Roboteq MDC1460 Kontroler Khusus AGV**

Kontroler Konvensional yang diprogram untuk AGV



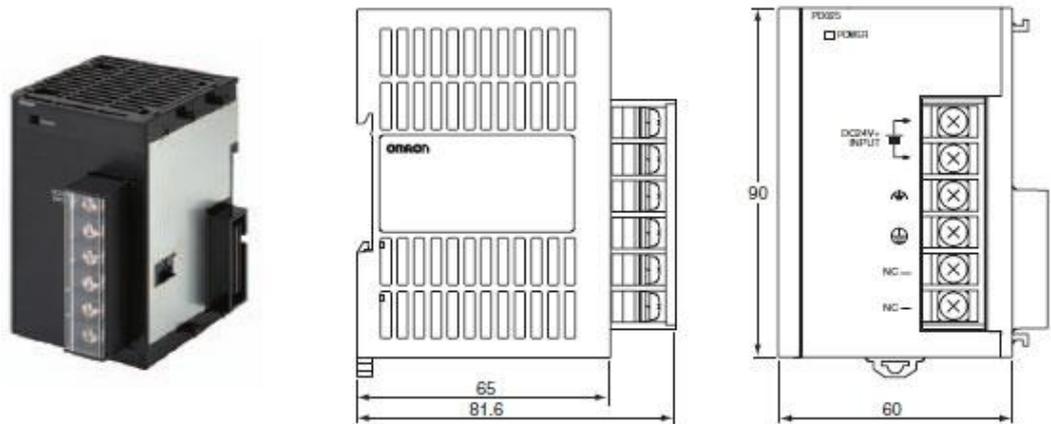
**Gambar 3.21 Arduino Mega  
2560**



**Gambar 3.22 Programmable  
Logic Control Omron CJ2M**

Terdapat 2 jenis kontroler yang dapat digunakan untuk AGV, yaitu kontroler konvensional dan kontroler khusus AGV. Kontroler konvensional dibagi menjadi 2 jenis yaitu, mikrokontroler dan *Programmable Logic Control* (PLC). Penggunaan mikrokontroler yang diusulkan adalah arduino serta PLC yang diusulkan adalah PLC Omron CJ2M. Pemilihan kontroler dapat menyesuaikan keinginan perusahaan. Pada dunia industri kontroler yang umumnya digunakan adalah PLC, namun tidak menutup kemungkinan untuk penggunaan mikrokontroler. PLC cenderung lebih banyak digunakan karena PLC memiliki beberapa kelebihan yaitu PLC memiliki bahasa pemrograman yang cenderung lebih mudah, pemasangan I/O pada PLC lebih mudah serta lebih aman karena terdapat pelindung sehingga dapat meminimalisir terjadinya *error* pada rangkaian *hardware*, serta PLC tahan terhadap suhu tinggi dan getaran. Namun PLC cenderung memiliki dimensi yang lebih besar dibandingkan dengan mikrokontroler serta harga PLC lebih mahal dibandingkan dengan mikrokontroler. Namun penggunaan PLC membutuhkan modul I/O tambahan, dengan ini kami memberikan usulan PLC yang dapat digunakan yaitu PLC CJ2M-CPU11 dengan *Power Supply* CJ1W-PD025 dan tambahan modul I/O CJ2M-MD212 dan CJ1W-MD563. Berikut spesifikasi PLC merk Omron

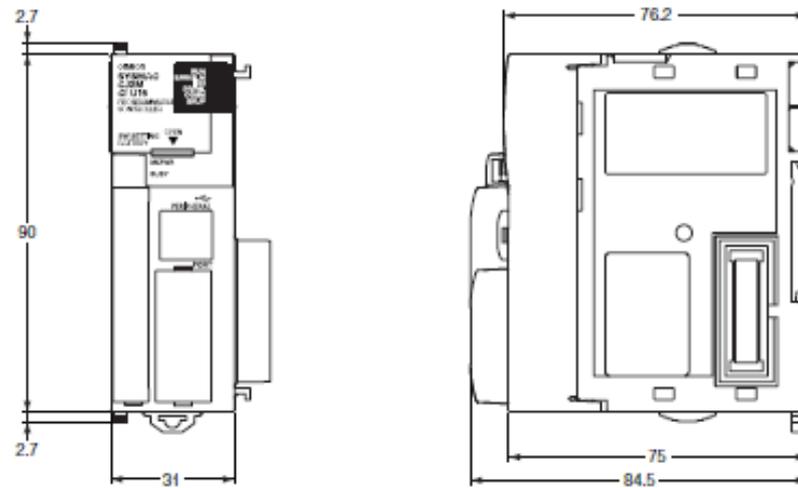
tipe CJ2M CPU11 beserta komponen yang digunakan untuk PLC CJ2M CPU11.



**Gambar 3.23 Power Supply CJ1W-PD025**

**Tabel 3.16 Spesifikasi Power Supply CJ1W-PD025**

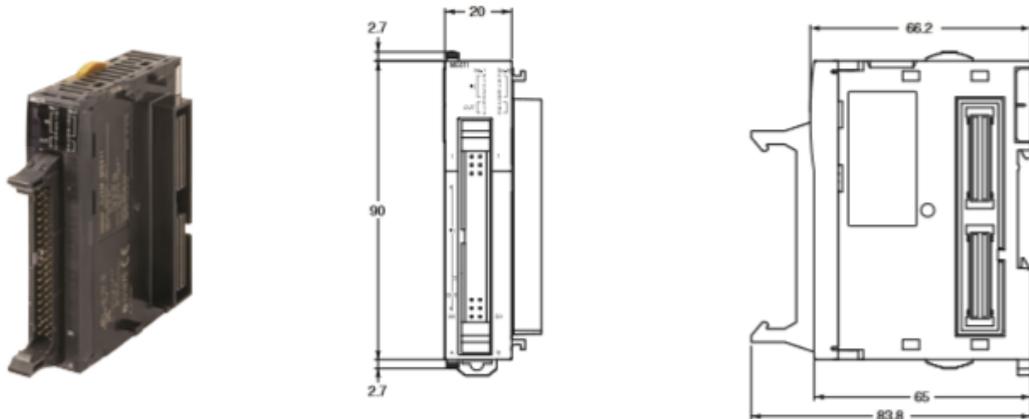
Spesifikasi	Keterangan
Supply Power	24 VDC
Operating Voltage and Frequency Ranges	19.2 sampai 28.8 VDC
Power Consumption	Maksimal 50 W
Ambient Operating Temperature	0-55°C
Ambient Operating Humidity	10%-90% (tanpa kondensasi)



**Gambar 3.24 Dimensi Omron CJ2M-CPU11**

**Tabel 3.17 Spesifikasi Omron CJ2M-CPU11**

Spesifikasi	Keterangan
Execution Time	Basic Instruction : 0.04 $\mu$ s min Special Instruction : 0.06 $\mu$ s min
Maximum Number of Connectable Basic I/O Unit	Tidak terbatas, namun maksimal dua unit Input Interrupt CJ1W-INT01 yang dapat dipasang
Current Consumption	5VDC, 0.5A
Communication Port	Peripheral (USB) Port Serial Port.
Berat	130g



**Gambar 3.25 Dimensi Omron MD212**

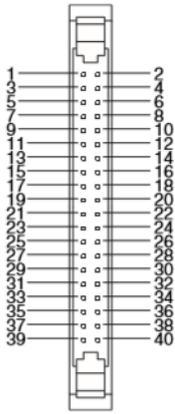
**Tabel 3.18 Spesifikasi Input CJ2M-MD212**

Spesifikasi	Keterangan
External Interface	40-pin MIL Connector
Input Voltage Range	24 VDC + 10%/-15%
Input Current	5.5 mA – 13 mA typical
Number of Input Circuit	10 pin Input
On Voltage/Current	17.4 VDC min., 3 mA min.
Off Voltage/Current	1 mA max. at 5 VDC max.
On Respons Time	0.8 ms max.
Off Respons Time	0.8 ms max.

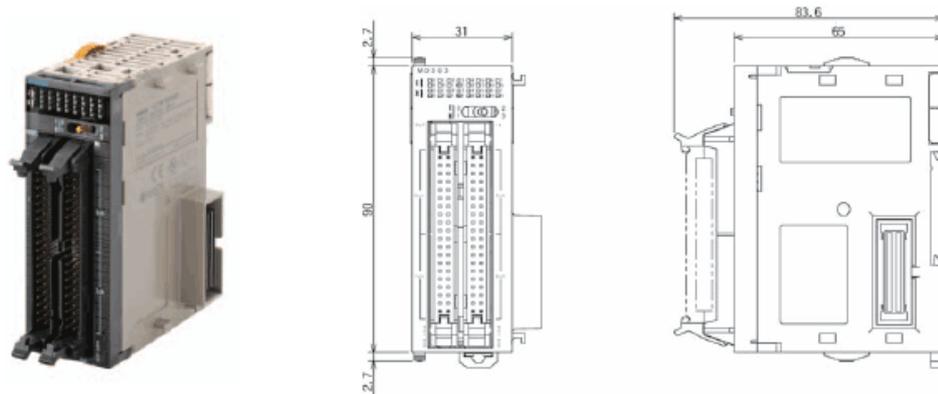
**Tabel 3.19 Spesifikasi Output CJ2M-MD212**

Spesifikasi	Keterangan
Output Spesification	Sourcing-type
Input Voltage Range	5 – 24 VDC
Allowable Voltage Range	4.75 – 26.4 VDC
Maximum Switching	0.3 A/output
Number of Output Circuit	6 pin Output

Maximum Inrush Current	0.3 A/output
On Respos Time	0.1 ms max.
Off Respos Time	0.1 ms max.

Pin layout	Terminal symbol	Input signal type	Pin	*	Terminal symbol	Input signal type	Pin	*	
	IN00/IN10	24 VDC	1	A1	IN01/IN11	24 VDC	2	B1	
		LD+	3	A2		LD+	4	B2	
		0 V/LD-	5	A3		0 V/LD-	6	B3	
	IN02/IN12	24 VDC	7	A4	IN03/IN13	24 VDC	8	B4	
		LD+	9	A5		LD+	10	B5	
		0 V/LD-	11	A6		0 V/LD-	12	B6	
	IN04/IN14	24 VDC	13	A7	IN05/IN15	24 VDC	14	B7	
		LD+	15	A8		LD+	16	B8	
		0 V/LD-	17	A9		0 V/LD-	18	B9	
	IN06/IN16	24 VDC	19	A10	IN07/IN17	24 VDC	20	B10	
		LD+	21	A11		LD+	22	B11	
		0 V/LD-	23	A12		0 V/LD-	24	B12	
	IN08/IN18	24 VDC	25	A13	IN09/IN19	24 VDC	26	B13	
		LD+	27	A14		LD+	28	B14	
		0 V/LD-	29	A15		0 V/LD-	30	B15	
	OUT00/OUT10	---	---	31	A16	OUT01/OUT11	---	32	B16
	OUT02/OUT12	---	---	33	A17	OUT03/OUT13	---	34	B17
	OUT04/OUT14	---	---	35	A18	OUT05/OUT15	---	36	B18
	Power supply input +V for outputs	---	---	37	A19	Power supply input +V for outputs	---	38	B19
	COM	---	---	39	A20	COM	---	40	B20

Gambar 3.26 Alokasi Pin Modul CJ2M-MD212



Gambar 3.27 Modul I/O Digital CJ1W-MD563

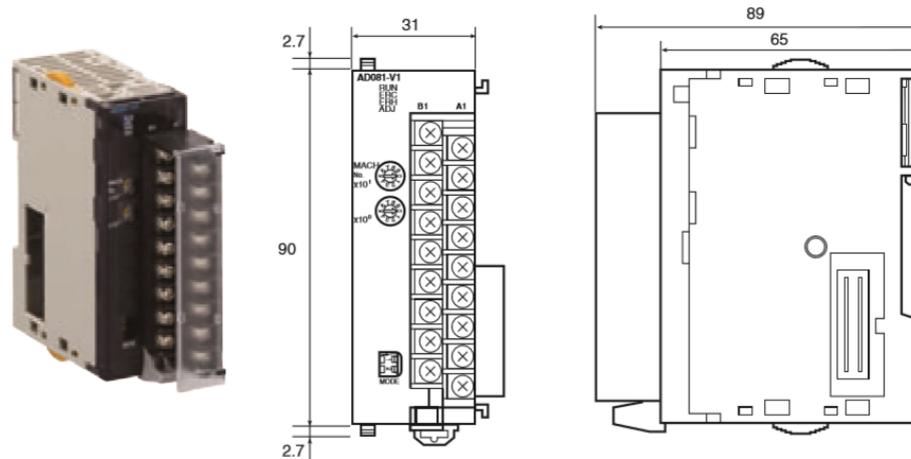
Tabel 3.20 Spesifikasi Input Modul I/O CJ1W-MD563

Spesifikasi	Keterangan
-------------	------------

Input rated voltage	5 VDC
Input current	Approx 3.5 mA (at 5 VDC)
Maximum input load current	35 mA/point, 560 mA/common, 1.12 A/unit
On voltage input	3.0 VDC min.
Off voltage input	1.0 VDC max.
ON response time input	8.0 ms max
OFF response time input	8.0 ms max
Number of input circuits	32 points (16 points, 2 circuits)

**Tabel 3.21 Spesifikasi Output Modul I/O CJ1W-MD563**

Spesifikasi	Keterangan
Output rated voltage	5 VDC
Operating load output voltage range	4.5 – 5.5 VDC
Maximum output load current	35 mA/point, 560 mA/common, 1.12 A/unit
Leakage output current	0.1 mA max
ON response time output	0.2 ms max
OFF response time output	0.3 ms max
Number of output circuits	32 points (16 points, 2 circuits)



**Gambar 3.28 Modul I/O CJ1W-AD042**

**Tabel 3.22 Spesifikasi Modul I/O CJ1W-AD042**

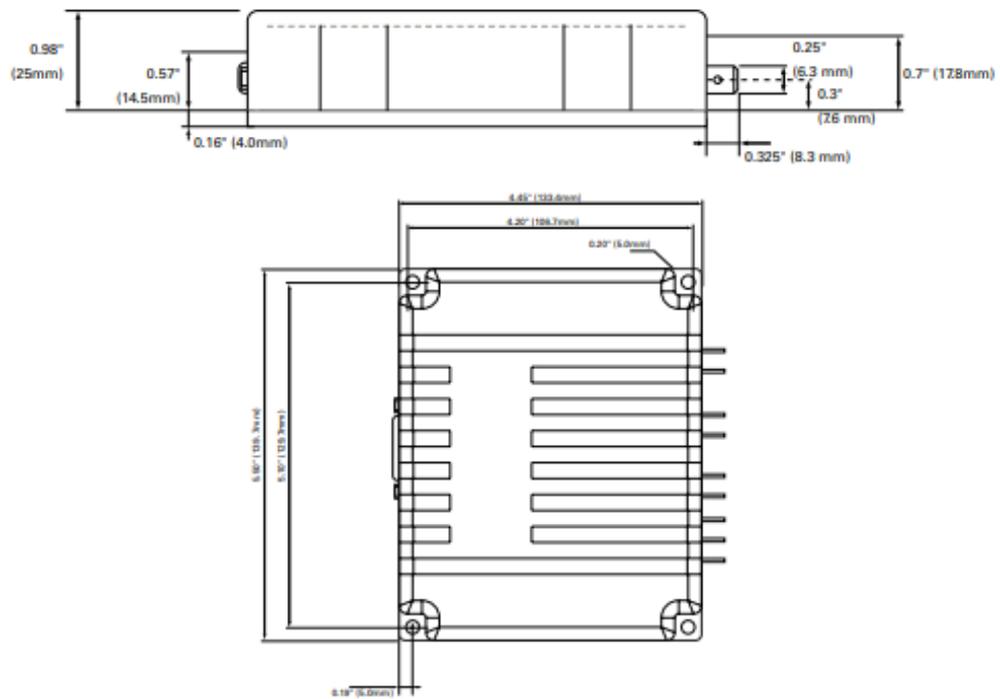
Spesifikasi	Keterangan
Number of Analog Input	4 Inputs
Signal Range dan Resolution	1 - 5V (1/10.000) 0 - 10V (1/20.000) -5 - 5V (1/20.000) -5 - 10V (1/40.000) 4 - 20 mA (1/10.000)
Power Consumption	520 mA max. 5 VDC
External Terminal	18-point detachable terminal blok
Weight	140g

Sedangkan mikrokontrol, khususnya arduino memiliki dimensi yang lebih kecil dan harganya lebih murah dibandingkan dengan PLC. Namun arduino memiliki beberapa kekurangan yaitu arduino memiliki bahasa pemrograman yang lebih sulit karena menggunakan bahasa C++, pemasangan I/O yang cenderung lebih sulit dan tidak aman dibandingkan dengan PLC karena arduino tidak memiliki pelindung pada modul I/O sehingga kemungkinan terjadi *error* pada rangkaian *hardware* lebih besar dibandingkan dengan

PLC, serta arduino tidak memiliki daya tahan pada suhu tinggi dan getaran seperti PLC. Namun pemilihan dapat disesuaikan dengan keinginan perusahaan, jika menginginkan kontroler dengan harga yang lebih murah dapat memilih arduino namun jika menginginkan penggunaan kontroler dengan daya tahan yang lebih baik jika digunakan pada suhu tinggi dan getaran serta mudah dalam melakukan perawatan maka dapat memilih PLC sebagai kontroler AGV. Berikut spesifikasi masing-masing kontroler.

**Tabel 3.23 Spesifikasi Arduino Mega2560**

<i>Microcontroller</i>	<b>ATmega 2560</b>
Tegangan Operasi	5V
<i>Inputvoltage</i> (disarankan)	7-12V
<i>InputVoltage</i> (limit)	6-20V
Jumlah pin I/O digital	54 (15 pin digunakan sebagai <i>output</i> PWM)
Jumlah pin <i>input</i> analog	16
Arus DC tiap pin I/O	40 mA
Arus DC untuk pin 3.3V	50 mA



**Gambar 3.29 Roboteq MDC-1460**

**Tabel 3.24 Spesifikasi Roboteq MDC-1460**

Parameter	Measure point	Min	Typical	Max	Units
Main 5V Output Voltage	Ground to 5V pin on DSub15	4.7	4.9	5.1	Volts
5V Output Current	5V pin on DSub15			100	mA
Digital Output Voltage	Ground to Output pins			40	Volts
Digital Output Current	Output pins, sink current			1	Amps
Output On resistance	Output pin to ground		0.75	1.5	Ohm
Output Short circuit threshold	Output pin	1.05	1.4	1.75	Amps
Input Impedances	AIN/DIN Input to Ground		53		kOhm
Digital Input 0 Level	Ground to Input pins	-1		1	Volts
Digital Input 1 Level	Ground to Input pins	3		30	Volts
Analog Input Range	Ground to Input pins	0		5.1	Volts
Analog Input Precision	Ground to Input pins		0.5		%

**Tabel 3.25 Spesifikasi Roboteq MDC-1460**

Parameter	Measure point	Min	Typical	Max	Units
Analog Input Resolution	Ground to Input pins		1		mV
Pulse durations	Pulse inputs	20000		10	us
Pulse repeat rate	Pulse inputs	50		250	Hz
Pulse Capture Resolution	Pulse inputs		1		us
Frequency Capture	Pulse inputs	100		1000	Hz
Encoder count	Internal	-2.147		2.147	10 <sup>9</sup> Counts
Encoder frequency	Encoder input pins			1M(1)	Counts/s

### 3.5. Analisa dan pemilihan Komponen yang akan digunakan

Setelah menampilkan usulan komponen penyusun AGV, kami melampirkan tabel perbandingan masing-masing komponen yang akan digunakan untuk AGV.

#### 3.5.1 Pemilihan Desain Chasis yang akan digunakan

Mengacu pada gambar 3.7 maka selanjutnya Tabel 3.26 memperlihatkan perbandingan dari masing-masing desain.

**Tabel 3.26 Perbandingan Desain Chasis**

No	Desain Chasis	Efisien	Keandalan	Harga
1	4 Wheel Drive Shid-Steer	V	V	-
2	Center drive and caster	X	X	-

3	<i>Streerable drive motor</i>	X	X	-
4	<i>Rear drive rack and steering</i>	V	X	-

Dapat dilihat pada tabel perbandingan 4 *Wheel Drive Shid-Steer* lebih cocok digunakan untuk untuk AGV pada gudang perusahaan. karena dengan penggunaan 4 *Wheel Drive Shid-Steer* maka dapat menggunakan motor dengan daya yang lebih maksimal dibandingkan menggunakan desain *chasis* lainnya serta lebih efisien dan lebih memungkinkan untuk digunakan pada gudang DC.

### 3.5.2 Pemilihan Sensor Navigasi yang akan digunakan

Mengacu pada gambar 3.8 dan gambar 3.9 maka selanjutnya Tabel 3.27 memperlihatkan perbandingan dari masing-masing sensor navigasi tersebut.

**Tabel 3.27 Perbandingan Sensor Navigasi**

No	Jenis Navigasi	Efisien	Keandalan	Harga
1	Sensor Magnet	V	V	X
2	Sensor <i>Photoelectric</i>	V	V	V

Dapat dilihat pada tabel perbandingan, maka penggunaan sensor navigasi yang akan digunakan untuk AGV yaitu menggunakan sensor *photoelectric* karena lebih murah, serta penggunaannya yang mudah dan juga lebih efisien, untuk keandalannya tidak sebaik sensor magnet namun dapat disesuaikan tingkat kepresisian sensor dalam membaca jalur.

### 3.5.3 Pemilihan Motor yang akan digunakan

Mengacu pada gambar 3.11 dan gambar 3.12 maka selanjutnya Tabel 3.29 memperlihatkan perbandingan dari masing-masing motor tersebut.

**Tabel 3.28 Perbandingan Motor**

No	Jenis Motor	Efisien	Keandalan	Harga
1	Motor DC	V	V	V
2	Motor Servo	V	V	X

Dapat dilihat pada tabel perbandingan, penggunaan motor yang akan digunakan adalah motor DC karena motor DC lebih umum digunakan serta motor DC memiliki harga yang lebih murah dibandingkan motor servo namun motor DC cukup handal untuk digunakan pada AGV.

### 3.5.4 Pemilihan Roda yang akan digunakan

Mengacu pada gambar 3.16 dan gambar 3.17 maka selanjutnya Tabel 3.29 memperlihatkan perbandingan dari masing-masing roda tersebut.

**Tabel 3.29 Perbandingan Roda**

No	Jenis Roda	Efisien	Keandalan	Harga
1	Roda Omni	V	V	X
2	Roda Karet	V	V	V

Dapat dilihat pada tabel perbandingan, kami memilih menggunakan roda karet karena roda karet memiliki kemampuan untuk mengantisipasi slip lebih baik dari pada roda omni, serta roda karet memiliki harga yang lebih murah dibandingkan dengan roda omni.

### 3.5.5 Pemilihan Kontroler yang akan digunakan

Mengacu pada gambar 3.18, gambar 3.19 dan gambar 3.20 maka selanjutnya Tabel 3.30 memperlihatkan perbandingan dari masing-masing kontroler tersebut.

**Tabel 3.30 Perbandingan Kontroler**

No	Jenis Kontroler	Efisien	Keandalan	Harga
1	Roboteq	V	V	X
2	Arduino 2560	X	X	V
3	PLC Omron CJ2M	V	V	V

Dapat dilihat pada tabel perbandingan, penggunaan kontroler yang akan digunakan untuk AGV kami memilih penggunaan PLC Omron dengan tipe CJ2M karena penggunaan PLC lebih disarankan untuk jangka panjang dibandingkan dengan arduino karena PLC lebih tahan terhadap suhu tinggi dan juga getaran. Modul I/O yang dimiliki PLC dapat disesuaikan dengan kebutuhan dan modul I/O pada PLC lebih aman karena memiliki pelindung sehingga resiko terjadinya *error* pada *hardware* dapat diminimalisir, serta untuk pemrograman PLC lebih mudah dibandingkan dengan pemrograman arduino. Jika PLC dibandingkan dengan Roboteq keduanya tahan terhadap suhu tinggi serta tahan getaran dan juga modul I/O yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan serta Roboteq lebih mudah dibandingkan dengan PLC karena Roboteq dibuat khusus untuk AGV dengan jenis aktuator yang telah ditentukan juga. Namun harga Roboteq lebih mahal dibandingkan dengan PLC, dengan keandalan yang sama dalam segi fungsi, ketahanan serta efisiensi.

### 3.6. Komponen Input Tambahan

#### 3.6.1 Sensor Ultrasonik

Pada *Automatic Guided Vehicles* (AGV) menggunakan sensor ultrasonik digunakan sebagai *safety device* untuk menghentikan proses AGV apabila terdapat halangan didepan AGV guna melindungi pekerja. Penggunaan sensor ultrasonik

dilandasi karena jika terdapat halangan pada jalur AGV maka AGV dapat berhenti.



**Gambar 3. Sensor Ultrasonik**

**Tabel 3.31 Spesifikasi Sensor Ultrasonik**

Operating Voltage	3.3 – 5 VDC
Working voltage	5 VDC
Quiescent Current	<2 mA
Working current	15 mA
Working frequency	40 Hz
Resolution	0.3 cm
Max range	400 cm
Min range	2 cm
Measuring Angle	15 degree
Sensitivity	-65dB min
Sound Pressure	112dB
Dimension	45mm x 20mm x 15mm

### 3.6.2 Push Button

Pada *Automatic Guided Vehicles* (AGV) menggunakan *push button* tipe *normally close* yang digunakan untuk menjalankan AGV pada saat *trial* AGV atau saat AGV tidak dapat dijalankan secara otomatis.



**Gambar 3. Push Button**

**Tabel 3.32 Spesifikasi Schneider Emergency Stop Push Button XB7NS8442**

Type	2-pin push button
Hole size	12 mm
Voltage	24 V
Current	0.3 A

### 3.6.3 Emergency Button

Pada *Automatic Guided Vehicles* menggunakan tipe *normally close* atau *emergency switch* yang digunakan sebagai tombol *safety device* untuk menghentikan proses bila terjadi masalah pada mesin untuk melindungi pekerja. Penggunaan *Emergency stop* dilandasi karena jika terjadi keadaan abnormal pada mesin ada tombol untuk memutuskan sumber tegangan.



**Gambar 3.30 Emergency Stop Button**

**Tabel 3.33 Spesifikasi Schneider Emergency Stop Push Button XB7NS8442**

Shape of signaling unit head	Round
Reset	Turn to release

Contacts type and composition	1 NC
Electrical Durability	1000000 cycle
Voltage	24 V
Current	0.3 A

### 3.7 Komponen Output Tambahan

#### 3.4.7.1. Rotary Lamp

Pada AGV diperlukan komponen output tambahan yang digunakan sebagai komponen *safety* pada AGV, *rotary lamp* diperlukan sebagai indikator AGV *on* dan sebagai indikator AGV menerima perintah. Berikut kami tampilkan *rotary lamp* dengan spesifikasi yang dibutuhkan.



**Gambar 3.31 Rotary Lamp**

**Tabel 3.34 Spesifikasi Rotary Lamp RS-100-R**

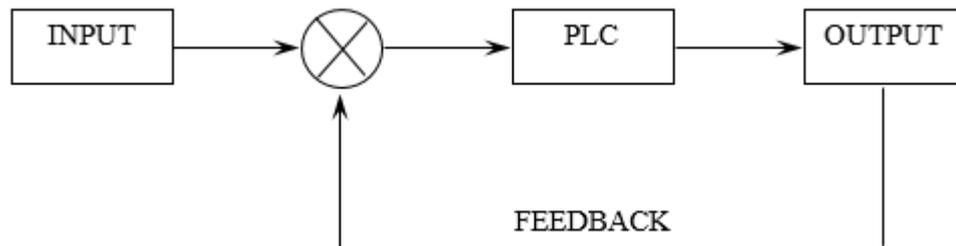
**Tabel 3.35 Spesifikasi Rotary Lamp RS-100-R**

Model Number	RS-100-R
Rated Voltage	24 VDC
Led Modul Color	Red

## BAB IV. PERANCANGAN DAN ANALISA

### 4.1 Perancangan Sistem Kontrol

Perancangan sistem kontrol meliputi perancangan perangkat kendali, perangkat input dan output pada PLC, serta perancangan elektrikal. Gambar 35.1 memperlihatkan diagram blok sistem kontrol yang digunakan.



Gambar 35.1 Diagram Blok

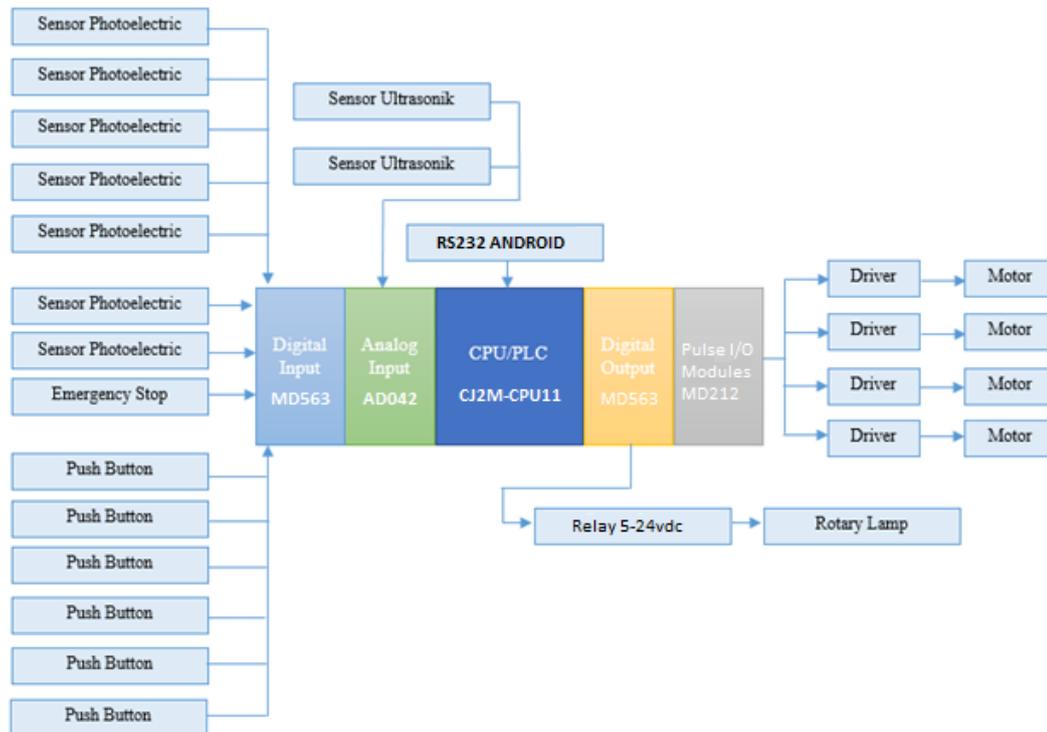
#### 4.1.1 Perancangan Perangkat Kontrol

Pada bab sebelumnya terdapat beberapa kontroler yang dapat digunakan sebagai kontroler AGV, yaitu arduino (mikrokontrol), PLC, dan Roboteq (kontroler khusus AGV). Kami memilih menggunakan PLC digunakan sebagai perangkat untuk mengendalikan AGV dalam proses penyimpanan dan pengeluaran *damage core*. Dalam perancangan ini, PLC dipilih sebagai perangkat kendali proses karena keunggulannya yang fleksibel, mudah dalam menemukan masalah, pada program yang dibuat serta dalam melakukan pembaharuan, dapat di monitoring secara langsung, serta bahasa pemrograman yang mudah dipelajari. Selain itu, pengguna dapat mendeteksi masalah secara *online* dengan

melihat susunan program. PLC yang dipilih merupakan PLC jenis modular yang memungkinkan untuk menambahkan modul I/O yang dapat disesuaikan dengan masukan dan keluaran dari AGV yang digunakan. Jika PLC dan Roboteq (kontroler khusus AGV) memiliki ketahanan yang sama karena memiliki klaim kontroler standar industri, namun jika dibandingkan harga PLC dan Roboteq maka PLC dipilih karena lebih murah dibandingkan dengan Roboteq dengan ketahanan yang sama. Namun bila PLC dibandingkan dengan Arduino dalam segi harga maka arduino lebih unggul karena Arduino lebih murah dan dimensi yang dimiliki lebih kecil, tetapi dalam segi ketahanan dan fungsi Arduino tidak lebih baik dari PLC karena Arduino memiliki modul I/O yang tidak aman dibandingkan dengan PLC karena arduino tidak memiliki komponen pengaman untuk modul I/O, serta bahasa pemrograman yang digunakan Arduino cenderung lebih sulit karena menggunakan bahasa C++. Untuk itu kami mempertimbangkan penggunaan PLC untuk kontroler AGV.

#### 4.1.2 Perancangan Perangkat Input/Output Pada PLC

Rancangan perangkat masukan (*input*) dan perangkat keluaran (*output*) pada PLC dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 35.2 Blok Diagram I/O Pada PLC**

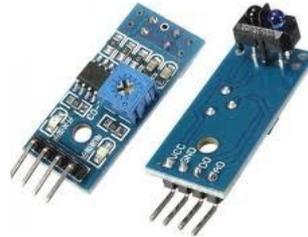
Pada Gambar 4.2 Dapat diketahui jumlah *input* dan *output* yang digunakan dalam perancangan sistem kontrol ini. Sistem menggunakan 17 (tujuh belas) masukan dan 5 (lima) keluaran dengan rincian 14 (empat belas) input digital, 2 (dua) input analog dan 1 (satu) input CPU PLC yaitu menggunakan serial serta 4 (empat) output analog dan 1 (satu) output digital.

##### 1. Perangkat Input Digital

###### a. Sensor *Photoelectric*

Pada sistem ini, sensor *photoelectric* berfungsi untuk membaca jalur yang dibuat untuk navigasi AGV. Prinsip kerja sensor *photoelectric* seperti saklar, energi cahaya diubah menjadi sinyal listrik. Dengan ada reflektor yang berfungsi

untuk memantulkan cahaya yang dipancarkan *photoelectric*. Sensor *photoelectric* yang digunakan adalah tipe TCRT5000.



**Gambar 35.3 Sensor *Photoelectric* TCRT5000**

**b. *Push Button***

Pada sistem ini, *push button* digunakan untuk menjalankan AGV apabila AGV *out of track* saat trial atau saat menjalankan proses maka dibutuhkan *push button* mengembalikan AGV ke *track* yang telah ditentukan.



**Gambar 35.4 *Push Button***

**c. *Emergency Stop Button***

Pada sistem ini, tombol *emergency* termasuk komponen *safety* yang digunakan hanya pada saat keadaan darurat. Misalnya saat AGV berjalan tidak sesuai dengan perintah yang diberikan. Prinsip kerja tombol *emergency* sama dengan tombol pada umumnya.



**Gambar 35.5 *Emergency Stop Button***

## 2. Perangkat Input Analog

### a. Sensor Ultrasonik

Pada sistem ini, sensor ultrasonik berfungsi sebagai salah satu komponen *safety* pada AGV. Prinsip kerja sensor ultrasonik menggunakan pantulan suara, yaitu dengan cara menembakkan gelombang ultrasonik pada objek tertentu. Setelah gelombang menyentuh objek, maka gelombang akan dipantulkan kembali ke sensor tersebut, lalu sensor akan menghitung selisih antara waktu pengiriman dan waktu penerimaan gelombang pantul.

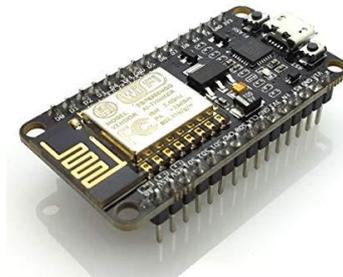


**Gambar 35.6 Sensor Ultrasonik HC-SR04**

## 3. Perangkat Input Serial

### a. NodeMCU

Pada sistem ini, NodeMCU berfungsi sebagai perantara pemberi perintah yang diberikan oleh sistem Android. AGV hanya akan berjalan apabila mendapatkan perintah dari NodeMCU. Gambar 35.7 memperlihatkan NodeMCU.



**Gambar 35.7 NodeMCU**

#### 4. Perangkat Output Digital

##### a. *Rotary Lamp*

Pada sistem ini, *rotary lamp* digunakan sebagai indikator AGV hidup dan juga sebagai komponen *safety* saat AGV bermobilisasi. Dengan tujuan adanya *rotary lamp* diharapkan karyawan dapat menjaga jarak saat berada pada jalur mobilisasi AGV. Gambar 35.8 memperlihatkan *rotary lamp* yang digunakan.



**Gambar 35.8 Rotary Lamp**

##### b. Driver Motor

Pada sistem ini, driver motor digunakan untuk mengatur arah putaran dan kecepatan motor yang digunakan oleh AGV. Gambar 35.9 memperlihatkan driver motor yang digunakan.



**Gambar 35.9 Driver Motor BTS7960**

#### 4.1.3 Perancangan *Addressing I/O*

Pengkabelan pada PLC terbagi menjadi 4 bagian yaitu; pengkabelan pada modul input digital, pengkabelan pada modul

output digital, pengkabelan pada modul input analog dan pengkabelan pada modul output analog dan modul output analog. Pengkabelan pada PLC dapat dilihat pada gambar-gambar di bawah.

**Tabel 35.1 Pengkabelan Pada Modul Input**

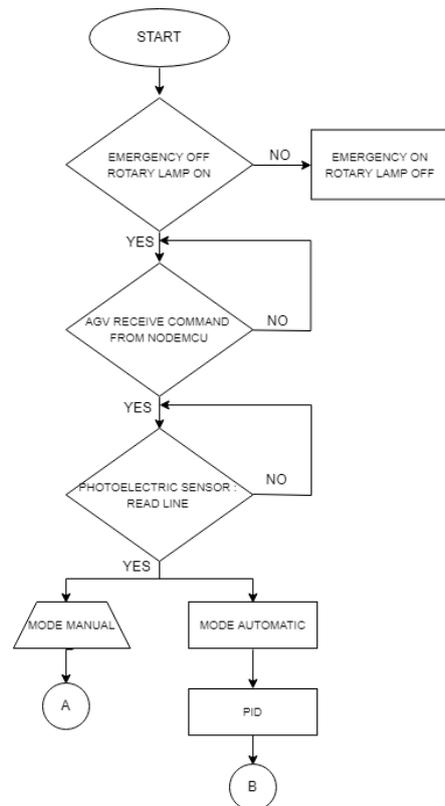
Alamat Input	Keterangan	Jenis Input
0.00	<i>Emergency Stop</i>	Digital
0.01	Sensor <i>Photoelectric</i> 1	Digital
0.02	Sensor <i>Photoelectric</i> 2	Digital
0.03	Sensor <i>Photoelectric</i> 3	Digital
0.04	Sensor <i>Photoelectric</i> 4	Digital
0.05	Sensor <i>Photoelectric</i> 5	Digital
0.06	Sensor <i>Photoelectric</i> 6	Digital
0.07	Sensor <i>Photoelectric</i> 7	Digital
0.08	Sensor Ultrasonik 1	Analog
0.09	Sensor Ultrasonik 2	Analog
0.10	Push Button 1	Digital
0.11	Push Button 2	Digital
0.12	Push Button 3	Digital
0.13	Push Button 4	Digital
0.14	Push Button 5	Digital
0.15	Push Button 6	Digital

**Tabel 35.2 Pengkabelan Pada Modul Output**

Alamat Output	Keterangan	Jenis Output
100.00	<i>Rotary Lamp</i>	Digital
200.00	Driver Motor 1	Analog
200.01	Driver Motor 2	Analog
200.02	Driver Motor 3	Analog
200.03	Driver Motor 4	Analog

#### **4.1.4 Perancangan *Flow Procces* AGV**

Berikut perancangan *flow process* dari sistem kerja AGV yang akan digunakan pada gudang perusahaan. terbagi menjadi beberapa bagian seperti *flowchart* dibawah ini.

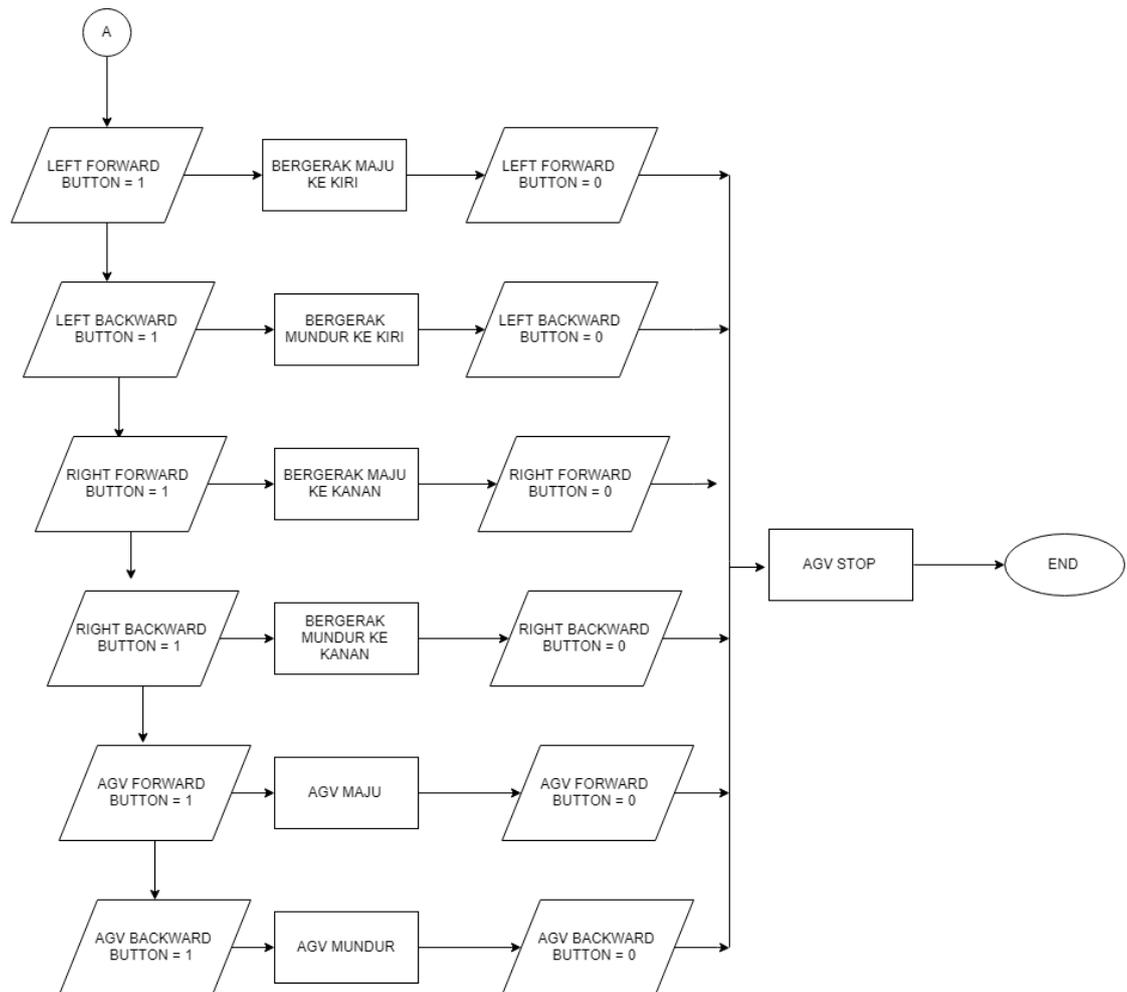


**Gambar 35.10 Flowchart Utama AGV**

Berikut ini penjelasan mengenai *flowchart* utama AGV:

1. Pastikan *emergency stop* tidak tertekan dan *rotary lamp* sudah menyala.
2. Pastikan AGV telah menerima perintah dari NodeMCU
3. Pastikan seluruh sensor *photoelectric* dapat membaca jalur
4. Pilih mode manual atau otomatis
5. Mode manual digunakan hanya untuk *trial AGV out of track* maka untuk mengembalikannya ke *track* (jalur) menggunakan mode manual.

AGV dapat berjalan secara manual dan otomatis, penggunaan mode manual hanya saat *trial AGV* lalu AGV *out of track* lalu mengembalikan AGV ke jalur menggunakan mode manual. Pembuatan *flowchart* mode otomatis tidak dapat ditampilkan.



**Gambar 35.11 Flowchart Manual AGV**

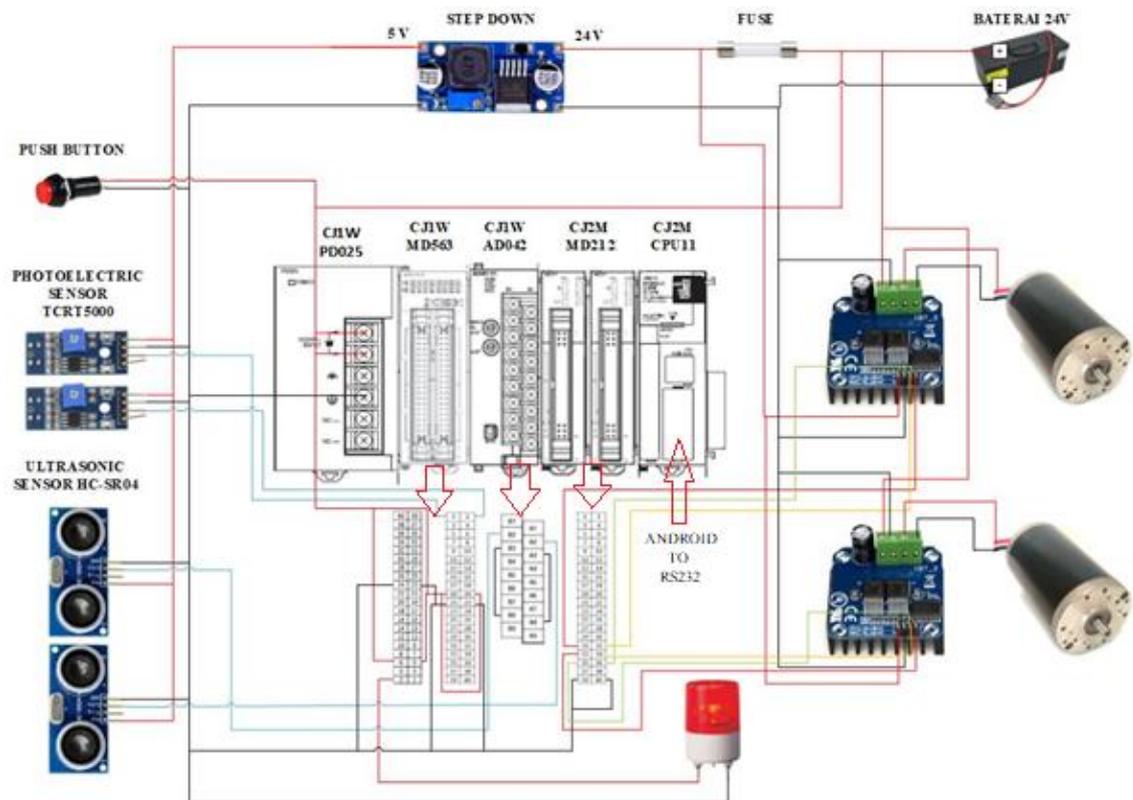
Saat ini kami menampilkan usulan *flowchart* untuk mode manual, sedangkan untuk mode otomatis yang digunakan untuk penyimpanan dan pengambilan *damage core* yang dihubungkan dengan sistem android melalui NodeMCU belum dapat dilampirkan.

#### 4.2 Perancangan Komponen Elektrik

Perancangan rangkaian elektrik diawali dengan menyiapkan komponen yang akan dirangkai.

- ❖ Satu buah baterai 24V 300AH lifepo4 lithium Battery BMS 8S 25.6V, untuk sumber PLC, Step Down LM2596.

- ❖ Satu buah Fuse 5A untuk pengaman apabila terjadi arus pendek.
- ❖ Satu buah Step Down LM2596 untuk menurunkan tegangan dari 24V ke 5V. Sumber 5V digunakan untuk sensor TCRT5000, sensor ultrasonik HC-SR04, dan driver motor BTS7960.
- ❖ Satu buah PLC Omron CJ2M sebagai kontrol utama dalam AGV.
- ❖ Satu buah *power supply* PLC CJ1W-PD025 sebagai catu daya untuk PLC.
- ❖ Satu buah modul I/O digital CJ1W-MD563 untuk modul input yang akan digunakan untuk sensor TCRT5000.
- ❖ Satu buah modul I/O CJ1W-AD042 untuk modul input analog yang akan digunakan untuk sensor Ultrasonik HC-SR04.
- ❖ Satu buah modul I/O analog CS1W-MD211 untuk modul output yang akan digunakan untuk driver motor BTS7960.
- ❖ Tujuh buah sensor *photoelectric* dengan tipe TCRT5000 untuk mendeteksi *line* warna.
- ❖ Dua buah sensor ultrasonik dengan tipe HC-SR04 untuk komponen *safety* pada AGV.
- ❖ Satu buah *Rotary Lamp* tipe LTE-1101 untuk indikator AGV *on*.



**Gambar 35.12 Wiring Komponen Elektrik**

Perancangan elektrik pada AGV menggunakan *Programmable Logic Control* Omron tipe CJ2M sebagai piranti proses yang akan mengolah data pembacaan dari sensor *phototransistor* untuk mengatur gerakan dan kecepatan motor melalui driver motor.

## BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan perancangan sistem kontrol *Automatic Guided Vehicle* (AGV) ini terdapat beberapa kesimpulan yang dapat menjawab rumusan masalah yang ada. Berikut adalah kesimpulan yang dapat disampaikan:

1. Sistem penyimpanan *damage core* menggunakan PLC bertipe modular dengan merek Omron CJ series yaitu PLC Omron CJ2M sebagai perangkat untuk mengendalikan jalannya proses penyimpanan dan pengeluaran *damage core*. PLC modular yang digunakan untuk rancangan ini terdiri dari satu daya dengan tipe CPU13, modul input digital, modul output digital. Jumlah perangkat masukan 17 buah masukan, meliputi 16 masukan digital dan 1 masukan analog dan 5 buah keluaran, meliputi 4 keluaran analog dan 1 buah keluaran digital yang terhubung dengan PLC.
2. Rancangan desain yang cocok digunakan pada penelitian ini adalah model AGV yang lebih kecil dari *forklift* atau lebih mirip dengan *stacker* agar mobilisasinya tidak memakan banyak ruangan sehingga ruangan dapat dimaksimalkan untuk menyimpan rak *Damage Core*.
3. Rancangan pada rangkaian perangkat *input* dan *output* terhadap modul-modul PLC menggunakan *datasheet* dan buku manual sebagai referensinya.
4. Alat yang digunakan untuk mewujudkan *storage system Damage Core* untuk penyimpanan dan pengambilan *damage core* ini meliputi perangkat kendali terprogram (PLC), perangkat masukan (*push button*, sensor *photoelectric*, dan sensor ultrasonik, perangkat keluaran (driver motor, motor, *rotary lamp*).

## 5.2. Saran

1. Diharapkan saat pembuatan AGV tidak hanya mengandalkan perancangan yang sudah dibuat, jika terdapat kekurangan pada saat realisasi maka diharapkan dapat menyempurnakan perancangan ini.
2. Diharapkan adanya pembuatan sistem *Lifting* pada AGV disesuaikan dengan kebutuhan.
3. Diharapkan adanya pembuatan program yang sesuai dengan fungsi AGV dan dapat dihubungkan dengan sistem android.
4. Diharapkan pengembangan program lebih lanjut sesuai dengan fungsi AGV dari *flow chart* yang sudah dibuat, namun mode otomatis belum dilampirkan, maka dapat ditambahkan pembuatan program dengan *flowchart* yang sesuai dengan fungsi AGV.
5. Menambahkan komponen keselamatan yaitu sensor bumper.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Modul Training 4a MHI. 2012. How do the vehicles work in an AGV system, USA: MHI.
- [2] Bolton, William. 2004. *Programmable Logic Controller (PLC) Edisi Ketiga*, Jakarta: Erlangga.
- [3] <https://www.electronicshub.org/programmable-logic-controllers/>
- [4] Bolton, W, *Sistem Instrumetasi dan Sistem Kontrol*, (Jakarta: Erlangga, 2009),
- [5] Peter, “Structured Text Tutorial to Expand Your PLC Programming Skills” ?, Maret 2017, <https://www.plcacademy.com/structured-text-tutorial>, diakses 13 Mei 2019
- [6] Miles Budimir, “What are Instruction Lists (ILs) for PLC programming?”, Maret 2017, <https://www.motioncontroltips.com/instruction-lists-ils-plc-programming>, diakses 13 Mei 2019
- [7] Gambar *Instruction List*, <http://www.plcmanual.com/programming-examples-ii>
- [8] Miles Budimir, “What are PLC function blocks and how does IEC 61131-3 classify them?”, May 2017, <https://www.motioncontroltips.com/faq-plc-function-blocks-iec-61131-3-classify>, diakses 13 Mei 2019
- [9] Miles Budimir, “What are sequential function charts (SFCs) for PLCs?”, May 2017, <https://www.motioncontroltips.com/sequential-function-charts-sfcs-plcs>, diakses 13 Mei 2019
- [10] Ardi, S.; Defi, W.Y. 2018. Control Systems Modification of Loading and Unloading in Oil Filling Machine Based on Programmable Logic Controller at Manufacturing Industry. AIP Conference Proceedings 2021, 060029; <https://doi.org/10.1063/1.5062793>
- [11] Ardi, S., Cascarine, L.T. 2018. Design Control System of Auto Air Remaining Machine based on Programmable Logic Controller in the Automotive Manufacturing Industry. MATEC Web Conf., Volume 197, 2018, The 3rd Annual Applied Science and Engineering Conference (AASEC 2018), DOI <https://doi.org/10.1051/mateconf/201819714013>

- [12] (3) Ardi, S., Tommy, M.I., Afianto. 2018. Automation of Waste Treatment on the Washer Machine Based on PLC Control System in the Manufacturing Industry. July 2018, DOI: 10.1109/ICISCE.2018.00140
- [13] (4) Ardi, S., Nugraha, Z.A. 2018. Design Control System of Washing Oil Pan Machine Based on PLC in the Automotive Manufacturing Industry. Published in: 2018 International Conference on Electrical Engineering and Informatics (ICELTICS)
- [14] Date of Conference: 19-20 Sept. 2018, Date Added to IEEE Xplore: 29 November 2018, INSPEC Accession Number: 18290112, DOI: 10.1109/ICELTICS.2018.8548819
- [15] Ardi, S., Ardyansyah, D. 2018. Design Control Systems of Human Machine Interface in the NTVS-2894 Seat Grinder Machine to Increase the Productivity. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 306 (1), 012112, (2018), doi:10.1088/1757-899X/306/1/012112
- [16] Ardi, S., Ponco, A., Latief, R.A. 2017. Design of integrated SCADA systems in piston production manufacturing case study on the conveyor, the coolant, the hydraulic, and the alarm systems using PLC. IEEE Xplore, 187 – 191.
- [17] Ardi, S., H Abdurrahman. 2017. Design of pokayoke systems to increase the efficiency of function check oxygen sensor machine using programmable logic controller in manufacturing industry, IEEE Xplore, 192 – 196.
- [18] Ardi, S., Al-Rasyid, A. 2016. Design of Pokayoke Sensor Systems in Drill Oil Hole Machine to Detect the Presence of Drill using Programmable Logic Controller. Advanced Science Letters 22(7), pp. 1813-1816.
- [19] Ardi, S., Wibowo, B. 2017. Disain Sistem Kontrol Mesin Auto Washer Feeder Berbasis Kendali Programmable Logic Controller pada Perakitan BVC (Base Valve Complete) yang Digunakan untuk Pembuatan Shock Absorber. Jurnal Sinergi, Vol. 21, No. 2, Juni 2017: 73-82 DOAJ:doaj.org/toc/2460-1217 , DOI:doi.org/10.22441/sinergi.2017.2.001