

Perancangan Prototype Robot *Forklift* Penyusun Barang Otomatis 3 Lantai Berbasis Mikrokontroler

Design of Prototype Robot Forklift Compilers Automatic 3 Floors Based Microcontroller

Budi Herdiana, Zainal Mutaqin

Teknik Elektro

Universitas Komputer Indonesia

Jl. Dipati ukur No 112, Bandung

Email : budi.herdiana@email.unikom.ac.id

Abstrak

Dalam suatu perusahaan sistem penyimpanan produksi sangat berperan penting dalam menginventarisasi hasil produksi secara berkala. Gudang produk merupakan tempat menyimpan produk untuk tujuan menyimpan barang-barang yang siap untuk didistribusikan agar barang tersebut dapat diterima pelanggan tepat pada waktunya. Permasalahan muncul saat aliran barang jadi yang masuk ke pergudangan tidak ditangani dengan baik dan hal ini memungkinkan akan menyulitkan saat barang tersebut dikeluarkan sehingga diperlukan waktu pencarian dan jarak tempuh. Selain itu dimungkinkan munculnya kerusakan barang jadi dalam rak yang di akibatkan oleh benturan antara *forklift* dengan rak yang berdampak pada ketidak akuratan dalam menentukan posisi yang benar untuk barang jadi. Dari alasan tersebut, maka Robot *forklift* ini menjadi alternatif solusi dalam memposisikan barang pada rak 3 lantai secara otomatis sesuai perintah atau tanpa perintah *user* dengan memasukan alamat rak yang dituju menggunakan *keypad* yang ditampilkan LCD maupun dengan membedakan barang dari intensitas cahaya pantulan warna yang digunakan. Selain itu indentifikasi rak kosong dapat dilakukan oleh sensor ultrasonic sejauh lebih dari 47 cm dan kurang dari 47 cm ketika kondisi rak terisi barang. Hasil analisisnya menunjukkan bahwa barang akan disimpan sesuai tempat yang seharusnya dengan menghitung jumlah simpangan yang dilalui ketika sensor garis mendeteksi tegangan keluaran komparator rata-rata sebesar 4,6 V yang merepresentasikan logika "1" serta kerusakan barang dapat diminimalisasi berdasarkan kondisi *limit switch* garpu mendeteksi keberadaan tegangan keluarannya antara 4,68 Volt sampai 4 Volt.

Kata kunci : *Forklift, limit switch, sensor, garpu forklift, ultrasonik.*

Abstract

In a company's production storage system plays an important role in the inventory of production results on a regular basis. The product warehouse is a place to store products for the purpose of storing goods that are ready to be distributed so that the goods can be received by customers on time. Problems appear when the flow of finished goods into warehousing is not handled properly and this allows it to be difficult when the item is removed so it takes search time and mileage. In addition, it is possible that the appearance of damage to finished goods in the rack is caused by a collision between the forklift with the rack that affects the inaccurate in determining the correct position for the finished goods. For this reason, this forklift robot becomes an alternative solution in positioning the goods on the 3 floors rack automatically according to the command or without user command with into address of the intended rack using the keypad displayed LCD or by distinguishing goods from the intensity of light reflected colors used. In addition, identification of empty shelves can be performed by ultrasonic sensors for more than 47 cm and less than 47 cm when rack conditions are loaded. The results of the analysis show that the goods will be stored in the proper place by counting the number of drift passes when the line sensor detects the average comparator output voltage of 4.6 V representing logic "1" and the damage of the goods can be minimized based on the limit conditions of the fork switches detecting the presence the output voltage is between 4.68 V to 4 V.

Keywords: *Forklift, limit switch, sensor, forklift fork, ultrasonic.*

I. PENDAHULUAN

Dalam suatu perusahaan, sistem penyimpanan produksi sangat berperan penting, menjadi latar belakang perancangan *prototype* robot *forklift* ini. Gudang produk merupakan tempat menyimpan produk, dan tujuan utama dari sistem pergudangan produk adalah menyimpan barang-barang yang siap untuk didistribusikan sehingga barang tersebut dapat diterima pelanggan tepat pada waktu yang diinginkan. Perencanaan gudang barang jadi yang sesuai dengan kebutuhan merupakan hal yang perlu diperhatikan guna kelancaran produksi, dan menyimpan hasil produk sementara sebelum pengiriman serta untuk menghindari kerusakan barang jadi [2]. Maka perlu dirancang suatu robot industri yang mampu menyimpan barang jadi sesuai dengan tempat yang diperintahkan *user* secara otomatis sesuai dengan jenisnya dan mampu memasukkan barang jadi ke dalam rak dengan tepat tanpa terjadi tumbukan dengan rak saat robot bergerak.

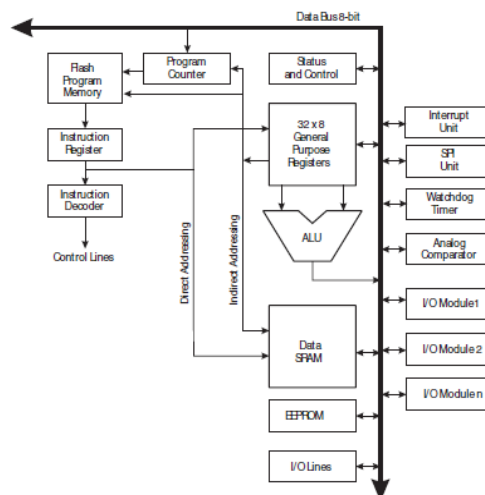
II. DASAR TEORI

A. Robot

Robot adalah mesin yang terlihat seperti manusia dan melakukan berbagai tindakan yang kompleks dari manusia seperti berjalan atau berbicara, atau suatu peralatan yang bekerja secara otomatis. Robot biasanya diprogram untuk melakukan pekerjaan berulang kali dan memiliki mekanisme yang dipandu oleh kontrol otomatis.

B. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah suatu chip dimana prosesor, memori dan I/O terintegrasi menjadi satu kesatuan kontrol sehingga mikrokontroler dapat dikatakan sebagai komputer mini yang dapat bekerja secara inovatif sesuai kebutuhan sistem. Dalam aplikasinya mikrokontrolerlah yang langsung berhubungan dan bertugas untuk mengendalikan suatu robot dan alat yang terkontrol. Mikrokontroler AVR memiliki *fast access register file* dengan 32 *register* x 8-bit. Dengan 32 *register* AVR dapat mengeksekusi beberapa instruksi sekali jalan (*single cycle*). 6 dari 32 *register* yang ada dapat digunakan sebagai *indirect address register pointer* 16-bit untuk pengalamatan data *space*, yang memungkinkan penghitungan alamat yang efisien.



Gambar 1. Arsitektur ATmega2560 [15]

B.1. Arduino Mega2560

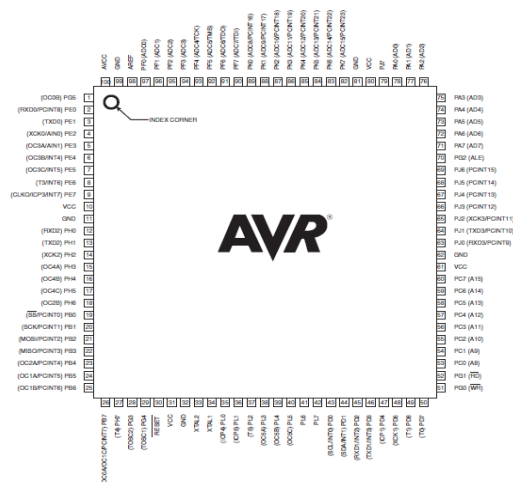
Arduino mega 2560 adalah papan mikrokontroler berdasarkan ATmega2560 (datasheet). Mikrokontroler Atmega 2560 ini memiliki 54 digital pin *input/output* (yang 15 dapat digunakan sebagai *output* PWM), 16 *input* analog, 4 UART (*hardware port serial*), osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, jack listrik, header ICSP, dan tombol *reset*.



Gambar 2. Arduini Mega 2560 [5]

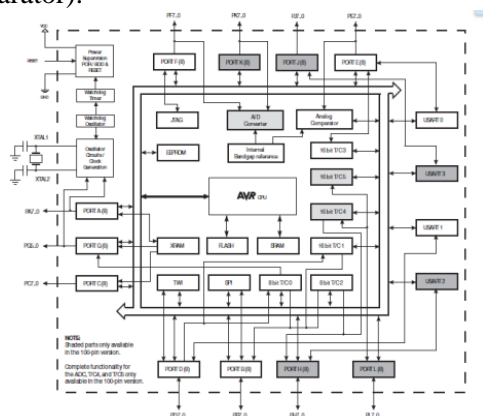
B.2. Mikrokontroler Atmega 2560

Mikrokontroler ATmega 2560 merupakan mikrokontroler 8 bit berbasis arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computing*) dimana set instruksinya dikurangi baik dari segi ukurannya maupun kompleksitas pengalamatannya. Satu instruksi biasanya berukuran 16 bit dan sebagian besar di eksekusi dalam 1 siklus. Atmega 2560 memiliki 86 buah I/O yang masing-masing memiliki fungsi khusus yang bisa di program selain sebagai pin I/O biasa.



Gambar 3. Konfigurasi Mikrokontroler ATmega2560 [15]

ATmega2560 adalah mikrokontroler yang sangat kompleks di mana tersedia 85 jumlah I/O yang disediakan. Mikrokontroler Atmega 2560 memiliki fitur yang 14 lengkap (ADC internal, EEPROM internal, Timer/Counter, Watchdog Timer, PWM, Port I/O, komunikasi serial, Komparator).



Gambar 4. Diagram Blok Fungsional Atmega2560 [16]

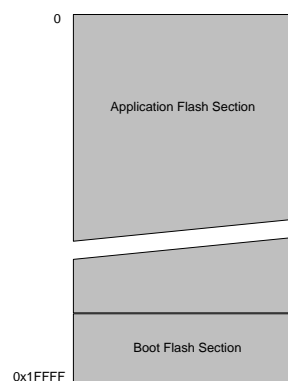
Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa Atmega 2560 memiliki bagian sebagai berikut:

- Saluran I/O sebanyak 85 buah, yaitu Port A, Port B, Port C, Port D, Port E, port F, Port G, Port H, Port J, Port K, dan Port L,.
- ADC 10 bit sebanyak 16 saluran.
- Tiga buah Timer/Counter dengan kemampuan pembandingan
- CPU yang terdiri atas 32 buah register.
- Watchdog Timer dengan osilator internal.
- SRAM sebesar 8 Kbyte.
- EEPROM sebesar 4 Kbyte.
- Memori Flash sebesar 256 Kbyte dengan kemampuan Read While Write.
- Unit interupsi internal dan eksternal.
- Port antarmuka SPI.
- PWM 11 saluran.

- Tegangan kerja 1,8 sampai 5,5 V.
- Range suhu -40°C sampai 85°C.
- Terdapat 100 pin PDIP.

B.3. Memori Mikrokontroler ATmega2560

Pada mikrokontroler AVR terdapat dua ruang memori utama, yaitu memori data *Static Random Access Memory* (SRAM) dan memori program *In-System Reprogrammable Flash Program Memory* (ISP). Selain dua memori utama tersebut, pada ATmega 2560 terdapat memori *Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory* (EEPROM).



Gambar 5. Program memori ATmega 2560 [15]

a. Flash Memory

Mikrokontroler ATmega 2560 memiliki 256 kbyte *On-Chip In-System Reprogrammable Flash Memory* yang digunakan untuk menyimpan program dan menyimpan vektor interupsi.

b. Static Random Access Memory (SRAM)

Static Random Access Memory (SRAM) atau biasa disebut juga data memori yang berfungsi untuk menyimpan data sementara.

c. Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory (EEPROM)

EEPROM secara umum digunakan untuk menyimpan data yang tetap. EEPROM termasuk golongan memori *non-volatile* yang berarti data tidak akan hilang walaupun EEPROM tersebut kehilangan sumber listrik.

C. Definisi Sensor

Sensor merupakan peralatan yang berguna untuk mengukur ataupun merasakan sesuatu pada lingkungan di luar robot, layaknya indera pada makhluk hidup [4].

1. Linearitas

Linier dalam hal ini dimaksudkan hubungan antara besaran input yang dideteksi menghasilkan

besaran output dengan hubungan berbanding lurus dan dapat digambarkan secara grafik membentuk garis lurus.

2. Sensitivitas

Perbandingan antara sinyal keluaran atau respon transduser terhadap perubahan masukan atau variable yang diukur. Sensitivitas akan menunjukkan seberapa jauh kepekaan sensor terhadap kuantitas yang diukur.

3. Tanggapan waktu

Tanggapan waktu pada sensor menunjukkan seberapa cepat tanggapannya terhadap perubahan masukan.

4. Jangkauan dan ukuran fisik

Salah satu kriteria untuk memilih sensor adalah kesanggupan mengindera dan ukuran fisik dari sensor sesuai dengan yang diperlukan [7].

D. Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik adalah sensor pengukur jarak berbasis gelombang ultrasonik. Gelombang ultrasonik merupakan gelombang akustik yang memiliki frekuensi 40 KHz dengan kecepatan suara 344 m/s



Gambar 6. Bentuk Fisik Sensor Ultrasonik [17]

E. Infrared

Infrared adalah dioda *solid state* yang terbuat dari bahan galium arsenida (GaAs) yang mampu memancarkan fluks cahaya ketika dioda ini dibias maju. Bila diberi bias maju elektron dari daerah-n akan menutup lubang elektron yang ada di daerah-p. Selama proses rekombinasi, energi dipancarkan keluar dari permukaan p dan n dalam bentuk foton-foton yang dihasilkan ini ada yang diserap lagi dan ada yang meninggalkan permukaan dalam bentuk energi.

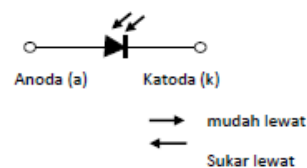


Gambar 7. Rangkaian Dasar Inframerah dan LED [9]

F. Photodioda

Photodioda adalah jenis dioda yang berfungsi untuk mendeteksi cahaya. Photodioda merupakan

sensor cahaya semikonduktor yang dapat merubah energi cahaya menjadi besaran listrik.



Gambar 8. Sifat Photodioda [7]

G. Light Dependent Resistor (LDR)

Light dependent resistor (LDR) adalah alat yang digunakan untuk mengubah besaran cahaya menjadi besaran listrik. *Light dependent resistor* (LDR) merupakan suatu *element* yang konduktivitasnya berubah-ubah tergantung dari intensitas cahaya yang diterima permukaan *element* tersebut, akan tetapi keluaran yang ada pada sensor tidak sama dengan apa yang diketahui dari sebuah teori dan hasil simulasi.



Gambar 9. Bentuk Sensor LDR

H. Limit Switch

Limit switch adalah sensor peraba yang bersifat mekanis dan mendeteksi sesuatu setelah terjadi kontak fisik. Penggunaan sensor ini biasanya digunakan untuk membatasi gerakan maksimum sebuah mekanik. Sensor ini juga seringkali digunakan untuk sensor cadangan bilamana sensor yang lain tidak berfungsi.



Gambar 10. Limit Switch

I. Motor DC

Motor DC adalah sebuah aktuator yang mengubah besaran listrik menjadi sistem gerak mekanis. Motor DC beroperasi dengan prinsip-prinsip kemagnetan dasar, polaritas arus yang mengalir melalui kawat lilitan akan menentukan arah putaran motor dan nilai arus yang mengalir

melalui kawat lilitan akan menentukan nilai torsi dan kecepatan putaran motor.

a. kutub medan

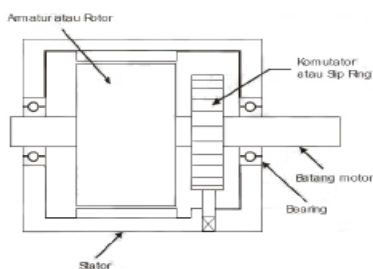
Motor DC sederhana memiliki dua kutub medan, kutub utara dan kutub selatan, interaksi dua kutub medan tersebut akan menyebabkan putaran pada motor DC.

b. rotor

Rotor yang berbentuk silinder dihubungkan ke as penggerak untuk menggerakkan beban. Bila arus masuk menuju rotor (bagian motor yang bergerak) maka arus akan menjadi elektromagnet.

c. Commutator

Komponen ini terutama ditemukan dalam motor DC. Kegunaannya adalah untuk membalikan arah arus listrik dalam rotor dan membatu transmisi arus antara dinamo dan sumber daya [8].



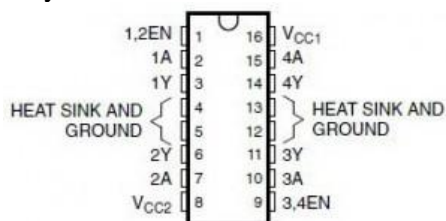
Gambar 11. Konstruksi Motor DC [8]



Gambar 12. Bentuk Fisik Motor DC [8]

J. Driver Motor L293D

L293D adalah IC yang didesain khusus sebagai driver motor DC dan dapat dikendalikan dengan rangkaian TTL maupun mikrokontroler. Dalam 1 unit chip IC L293D terdiri dari 2 buah drivermotor DC yang berdiri sendiri sendiri dengan kemampuan mengalirkan arus 1 Ampere tiap drivernya.

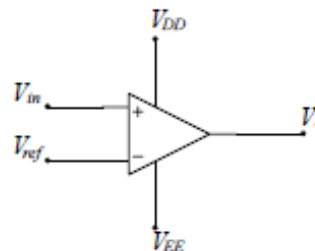


Gambar 13. Konstruksi IC L293D [10]

K. Komparator

Komparator adalah op-amp yang diatur dalam kondisi *open loop* seperti pada Gambar 2.16 Berfungsi untuk membandingkan V_{in} dengan V_{ref} dengan V_o yang bernilai sama dengan V_{DD} dan V_{EE} [12].

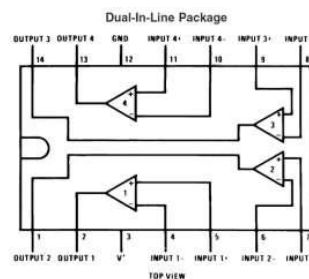
$$V_o = A(V_+ - V_-) \tag{2.10}$$



Gambar 14. Dasar Komparator [12]

L. IC LM339

IC LM339 adalah IC komparator yang berfungsi untuk meng-*compare* (membandingkan). Pada satu buah IC LM 339 terdapat 4 buah Op-amp komparator dimana satu buah komparator terdapat dua buah input yaitu, V_{in} dan V_{ref} . Pada dasarnya jika $V_{in} > V_{ref}$ maka V_o berlogika 1 atau tegangannya sama dengan V_{cc} dan jika $V_{in} < V_{ref}$ maka V_o berlogika 0 atau 0V [11].



Gambar 15. IC Komparator LM339 [11]

M. Liquid Crystal Display (LCD)

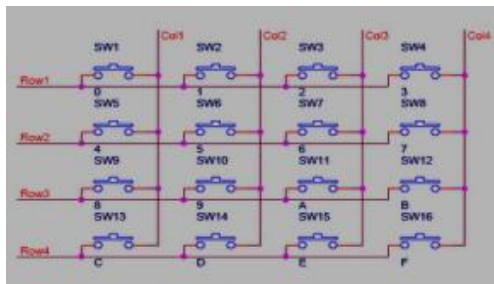
LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. Dipasaran tampilan LCD sudah tersedia dalam bentuk modul yaitu tampilan LCD beserta rangkaian pendukungnya termasuk ROM dll. LCD mempunyai pin data, kontrol catu daya, dan pengatur kontras tampilan.



Gambar 16. LCD 16x2 [3]

N. Keypad 4x4

Keypad 4x4 adalah keypad matriks yang terdiri dari 4 kolom dan 4 baris. Penggunaan keypad matriks memungkinkan jumlah *input* sampai 2 kali lipat dari sesungguhnya sehingga memiliki alokasi 8 *port input* mikrokontroler. Penggunaan keypad matriks dapat mengkombinasikan logika input hingga mencapai 16 input hanya menggunakan 8 bit mikrokontroler Caranya dengan membagi *port* tersebut menjadi 4 baris dan 4 kolom seperti pada Gambar 2.30.

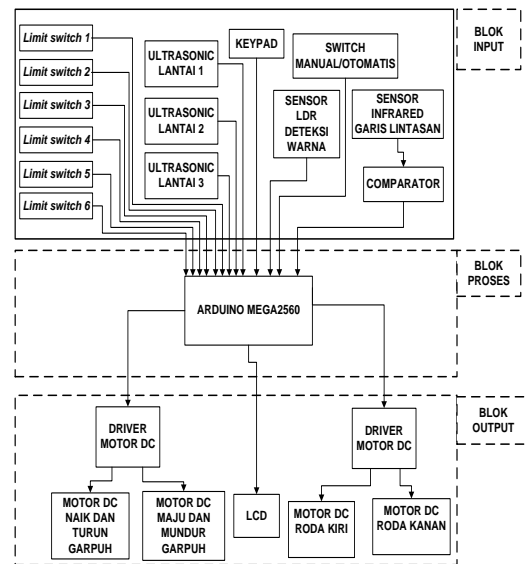


Gambar 17. keypad matriks 4x4 [13]

III. PERANCANGAN SISTEM

A. Perancangan Sistem

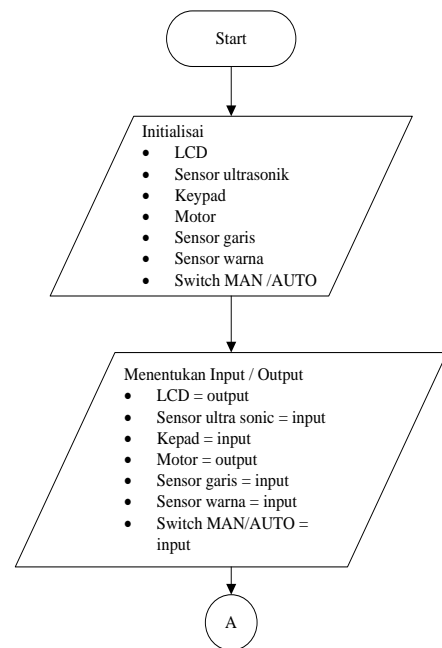
Pada perancangan sistem *prototype* robot *forklift* penyimpanan baran otomatis pada rak 3 lantai ini, secara umum terdapat tiga bagian utama yaitu bagian masukan (*input*), pemroses (*process*), dan keluaran (*output*). Tiga bagian inilah yang menjadi dasar dari kinerja *prototype* robot *forklift* penyimpanan barang otomatis pada rak 3 lantai.



Gambar 18. Perancangan *Prototype* Robot *forklift* Penyimpanan Barang Otomatis Pada Rak 3 Lantai

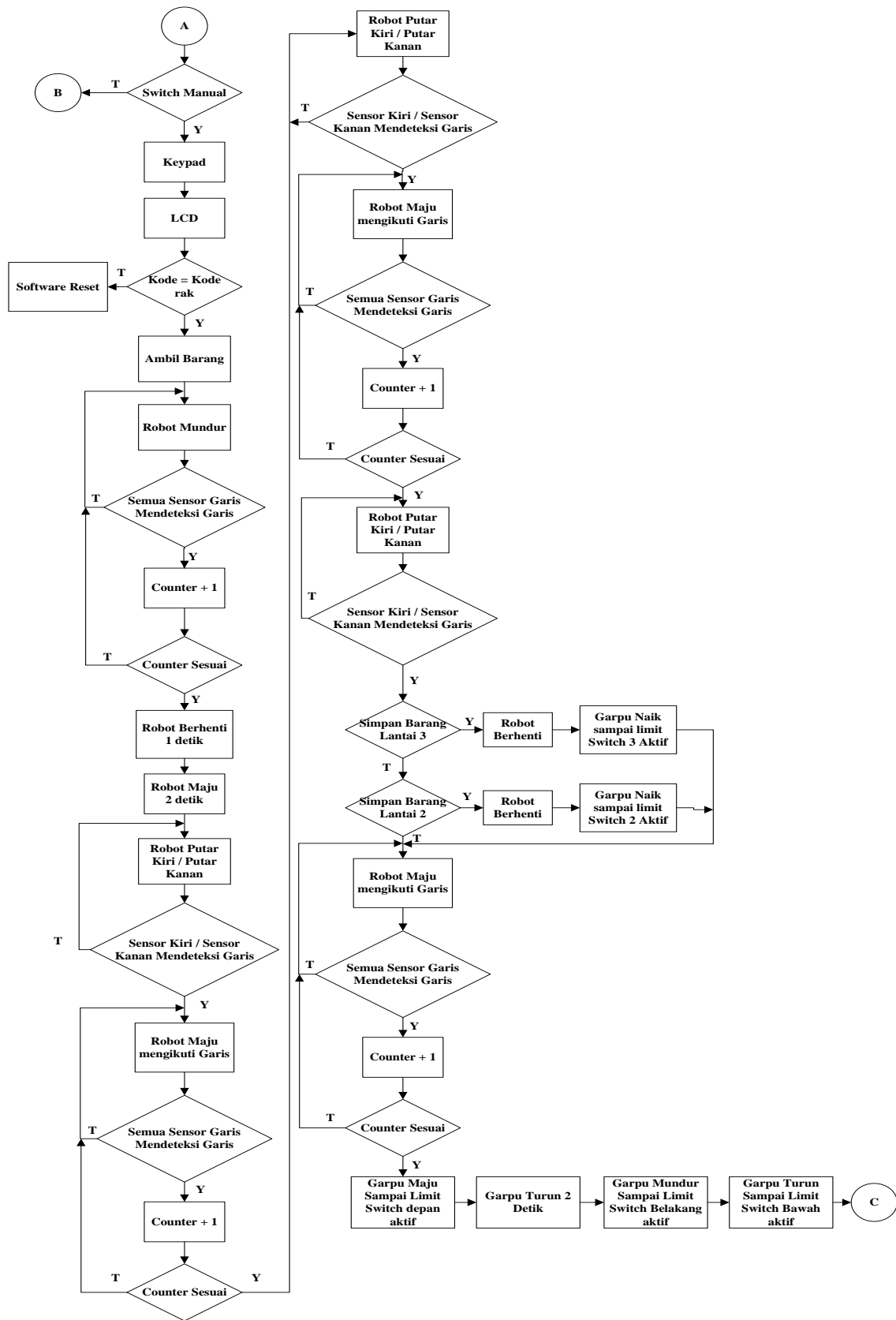
B. Flowchart System

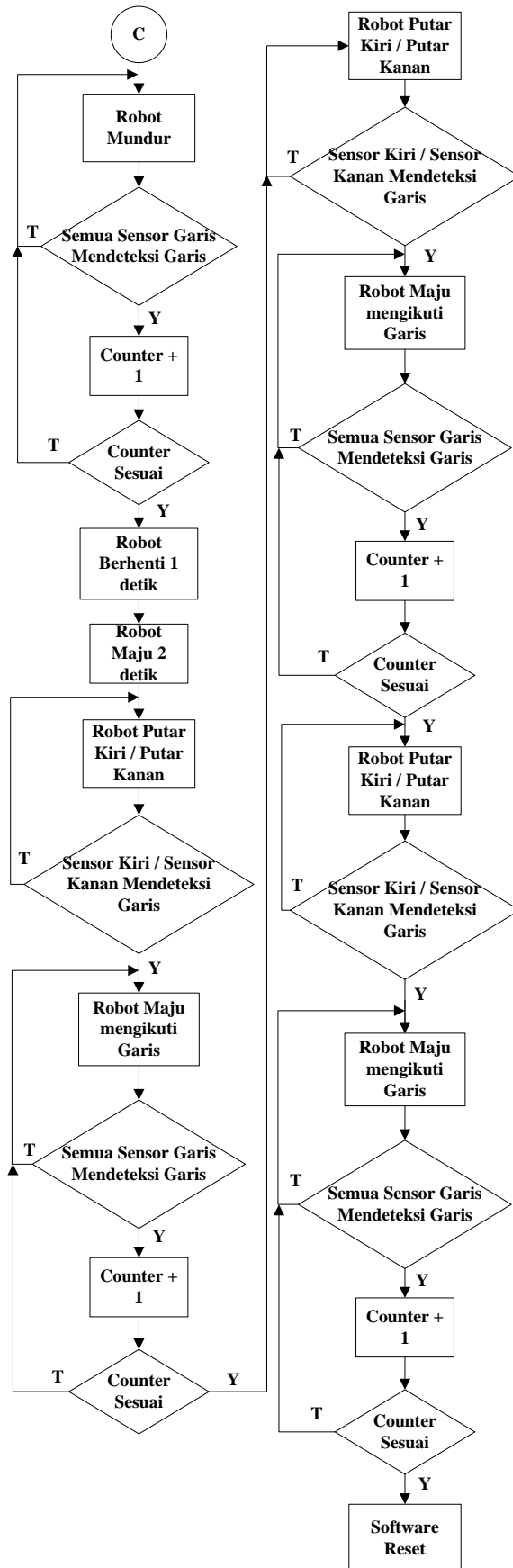
1.) *Flowchart* Awal



Gambar 19. Diagram Alir Awal Pada *Prototype* Robot Forklift

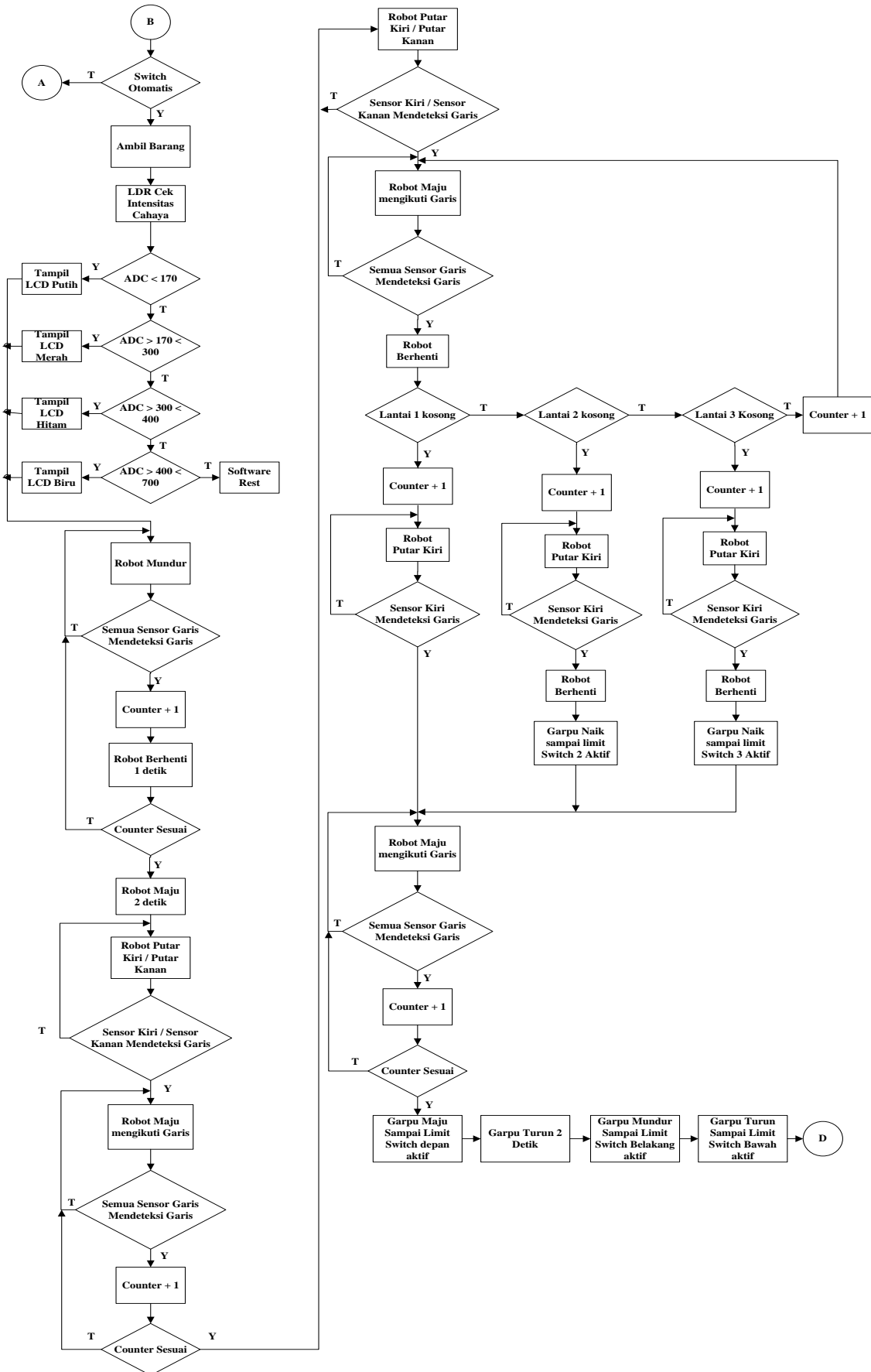
2.) Flowchart Robot Bekerja Secara Manual

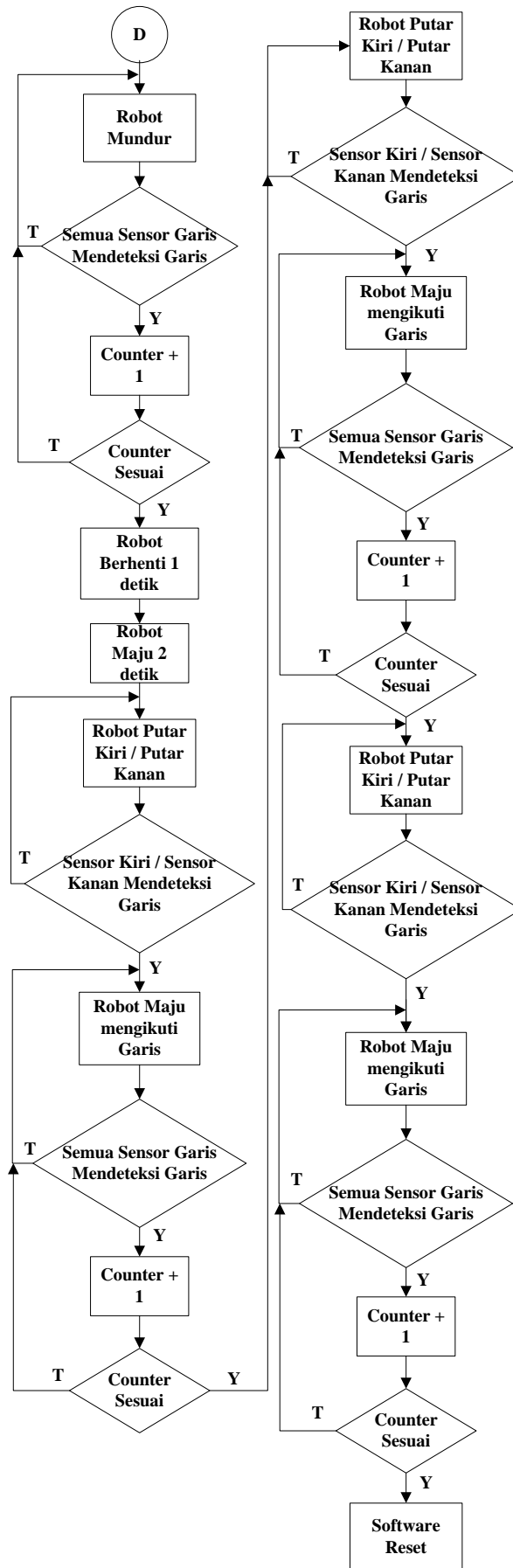




Gambar 20. Diagram Robot Bekerja Secara Manual

3.) Flowchart Robot Bekerja Secara Otomatis





Gambar 21. Diagram Alir *Prototype Robot Forklift* pada Mode Otomatis

IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS

A. Pengujian Dan Analisis Infrared Dan Photodioa Pendeteksi Garis

Pengujian *infrared* dan photodioda pendeteksi garis ini bertujuan untuk mendapatkan nilai *output* photodioda saat menerima cahaya *infrared* melalui pantulan oleh garis lintasan warna hitam atau putih, dan mendapatkan nilai referensi yang dibutuhkan sebagai nilai perbandingan rangkaian komparator sehingga diharapkan mampu memperoleh nilai keluaran komparator sebagai masukan bagi mikrokontroler.

Tabel I. Pengukuran Tegangan Pendeteksi Garis Lintasan

Pendeteksi garis	Tegangan Referensi (Volt)	Tegangan Input (Volt)		Tegangan Output (Volt)	
		Vi1	Vi2	Garis tidak terdeteksi (Vo1)	Garis Terdeteksi (Vo2)
SR3	4,04	4,39	3,03	-2,93	4,60
SR2	3,43	4,26	0,63	-2,92	4,61
SR1	3,82	4,40	1,19	-2,94	4,62
SC1	3,80	4,42	1,75	-3,16	4,62
SC2	4,05	4,37	3,13	-3,15	4,61
SL1	4,00	4,37	0,84	-2,93	4,62
SL2	2,50	4,38	1,02	-3,05	4,62
SL3	3,67	4,40	0,92	-2,77	4,61

Keterangan:

- SR3 : sensor kanan 3
- SR2 : sensor kanan 2
- SR1 : sensor kanan 1
- SC1 : sensor tengah 1
- SC2 : sensor tengah 2
- SL1 : sensor kiri 1
- SL2 : sensor kiri 2
- SL3 : sensor kanan 3
- Vi1 : tegangan *input* ketika mendeteksi warna putih
- Vi2 : tegangan *input* ketika mendeteksi warna hitam
- Vo1 : tegangan *output* ketika mendeteksi warna putih
- Vo2 : tegangan *output* ketika mendeteksi warna hitam

B. Pengujian Dan Analisis Sensor Light Dependent Resistor (LDR) Pendeteksi Warna Barang

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai ADC sebagai parameter penggunaan 4 warna barang yang akan digunakan.

Tabel II. Pengujian Sensor *Dependent Resistor* (LDR) Pendeteksi Warna Barang

Warna	Jarak (cm)	Tegangan (Vout)	Nilai ADC	
			Pengukuran	Perhitungan
Putih	2	0,72	148	147
Kuning		0,88	182	180
Merah		1,07	222	218
Coklat		1,1	228	225
Hijau		1,79	370	366
Hitam		1,95	406	398
Biru		2,98	616	609

C. Pengujian Dan Analisis Keypad 4x4 dan Liquid Crystal Display (LCD) 16x2

Pengujian *keypad* 4x4 dan *Liquid Crysal Display* (LCD) *Character* 16x2 dilakukan untuk

mendapatkan tampilan berupa karakter (huruf, angka, dsb) yang sesuai dengan penekanan *keypad*, dimana karakter-karakter tersebut akan tampil pada layar LCD tersebut.



Gambar 22. Pengujian langsung *keypad* dan LCD

Tabel III. Keterangan Pengalamatan Barang yang ditampilkan oleh LCD sesuai penekanan *Keypad* dari *listing* program diatas.

Keypad	LCD	Keterangan
A-0-1-#	A01>	Simpan barang ke rak A no. 01
A-0-2-#	A02>	Simpan barang ke rak A no. 02
A-0-3-#	A03>	Simpan barang ke rak A no. 03
A-0-4-#	A04>	Simpan barang ke rak A no. 04
A-0-5-#	A05>	Simpan barang ke rak A no. 05
A-0-6-#	A06>	Simpan barang ke rak A no. 06
A-0-7-#	A07>	Simpan barang ke rak A no. 07
A-0-8-#	A08>	Simpan barang ke rak A no. 08
A-0-9-#	A09>	Simpan barang ke rak A no. 09
B-0-1-#	B01>	Simpan barang ke rak B no. 01
B-0-2-#	B02>	Simpan barang ke rak B no. 02
B-0-3-#	B03>	Simpan barang ke rak B no. 03
B-0-4-#	B04>	Simpan barang ke rak B no. 04
B-0-5-#	B05>	Simpan barang ke rak B no. 05
B-0-6-#	B06>	Simpan barang ke rak B no. 06
B-0-7-#	B07>	Simpan barang ke rak B no. 07
B-0-8-#	B08>	Simpan barang ke rak B no. 08
B-0-9-#	B09>	Simpan barang ke rak B no. 09
C-0-1-#	C01>	Simpan barang ke rak C no. 01
C-0-2-#	C02>	Simpan barang ke rak C no. 02
C-0-3-#	C03>	Simpan barang ke rak C no. 03
C-0-4-#	C04>	Simpan barang ke rak C no. 04
C-0-5-#	C05>	Simpan barang ke rak C no. 05
C-0-6-#	C06>	Simpan barang ke rak C no. 06
C-0-7-#	C07>	Simpan barang ke rak C no. 07
C-0-8-#	C08>	Simpan barang ke rak C no. 08
C-0-9-#	C09>	Simpan barang ke rak C no. 09
D-0-1-#	D01>	Simpan barang ke rak D no. 01
D-0-2-#	D02>	Simpan barang ke rak D no. 02
D-0-3-#	D03>	Simpan barang ke rak D no. 03
D-0-4-#	D04>	Simpan barang ke rak D no. 04
D-0-5-#	D05>	Simpan barang ke rak D no. 05
D-0-6-#	D06>	Simpan barang ke rak D no. 06
D-0-7-#	D07>	Simpan barang ke rak D no. 07
D-0-8-#	D08>	Simpan barang ke rak D no. 08
D-0-9-#	D09>	Simpan barang ke rak D no. 09

D. Pengujian Dan Analisis Sensor Ultrasonik HCSR-04

Pengujian sensor ultrasonik pada perancangan ini bertujuan untuk memperoleh jarak robot ke rak ketika kondisi kosong dan berisi barang.

Tabel IV. Pengukuran Menggunakan Sensor Ultrasonik HCSR-04

Rak	Kondisi Rak Kosong (cm)	Kondisi Rak isi (cm)
1	47 sampai 48	45 sampai 46
2	48 sampai 49	45 sampai 46
3	49 sampai 51	46 sampai 47

Tabel V. Perhitungan Waktu Tempuh Gelombang Ultrasonik

Jarak (S / m)	Perhitungan	Waktu tempuh gelombang ultrasonik (t)
0,45	$t = \frac{0,45 \text{ m} \cdot 2}{344 \text{ m/s}}$	0,00261 s
0,46	$t = \frac{0,46 \text{ m} \cdot 2}{344 \text{ m/s}}$	0,00267 s
0,47	$t = \frac{0,47 \text{ m} \cdot 2}{344 \text{ m/s}}$	0,00273 s
0,48	$t = \frac{0,48 \text{ m} \cdot 2}{344 \text{ m/s}}$	0,00279 s
0,49	$t = \frac{0,49 \text{ m} \cdot 2}{344 \text{ m/s}}$	0,00284 s
0,50	$t = \frac{0,50 \text{ m} \cdot 2}{344 \text{ m/s}}$	0,00290 s
0,51	$t = \frac{0,51 \text{ m} \cdot 2}{344 \text{ m/s}}$	0,00296 s

E. Pengujian Dan Analisis Limit Switch

Pengujian sensor pembatas *limit switch* ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran kinerja sensor sebagai pembatas pergerakan garpuh pada saat kondisi garpuh maju, mundur, naik dan turun serta posisi garpuh pada saat melakukan pengambilan barang, penyimpanan barang pada rak lantai 1, rak lantai 2 atau rak lantai 3.

Tabel VI. Pengujian Limit Switch Pembatas Maju dan Mundur Garpuh

Posisi Garpuh	Tegangan Keluaran (V)		Status Limit Switch	
	Limit Switch Depan	Limit Switch Belakang	Depan	Belakang
Depan	4,71	0	Aktif	Tidak
Belakang	0	4,68	Tidak	Aktif

Tabel VII. Pengujian Limit Switch Pembatas Lantai rak

Posisi Garpuh	Tegangan Keluaran (V)				Status Limit Switch			
	Limit Switch Bawah	Limit Switch Lantai1	Limit Switch Lantai2	Limit Switch Lantai3	Bawah	Lantai1	Lantai2	Lantai3
Bawah	4,70	0	0	0	Aktif	Tidak	Tidak	Tidak
Lantai1	0	4,71	0	0	Tidak	Aktif	Tidak	Tidak
Lantai2	0	0	4,68	0	Tidak	Tidak	Aktif	Tidak
Lantai3	0	0	0	4,70	Tidak	Tidak	Tidak	Aktif

F. Pengujian Dan Analisis Arduino Mega2560

Tujuan dari pengujian papan mikrokontroler arduino mega 2560 adalah untuk mengetahui apakah keluaran papan mikrokontroler arduino mega 2560 mampu untuk menggerakkan motor DC.

Tabel VIII. Pengukuran tegangan output Papan Arduino Mega 2560

Tegangan input Arduino Mega 2560 (V)	Tegangan Output (V)	
	Ketika Berlogika High	Ketika Berlogika Low
5 V	4,87 sampai 4,91	0,00 sampai 0,01

G. Pengujian Dan Analisis Motor DC

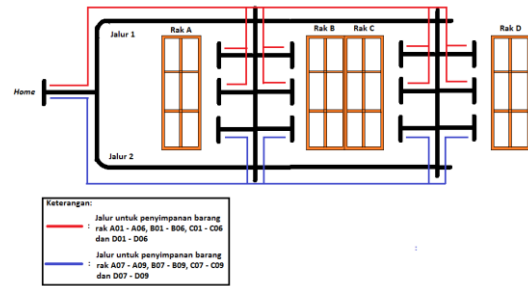
Tujuan pengujian motor DC ini untuk mengetahui nilai tegangan dan arus saat motor bergerak. Pada percobaan ini akan diuji 4 motor dc yang digunakan untuk maju dan mundur garpuh, naik dan turun garpuh, dan 2 motor untuk pergerakan robot maju, mundur dan berbelok.

Tabel 9. Pengukuran Tegangan dan Arus Motor DC

Motor	Kondisi	Berat Beban (gram)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (W) P=V.I
Kiri	Maju	3000	16,56	47	0,77
	Mundur		16,75	34	0,56
Kanan	Maju		16,92	34	0,57
	Mundur		16,94	33	0,55
Kiri dan Kanan	Kiri Maju		16,66	41	0,68
	Kanan Maju		17,13	28	0,47
	Kiri Mundur		16,68	31	0,51
	Kanan Mundur		17,24	25	0,40
Garpuh	Maju	150	16,35	103	1,68
	Mundur		16,43	100	1,64
	Naik		16,90	93	1,57
	Turun		17,15	53	0,90

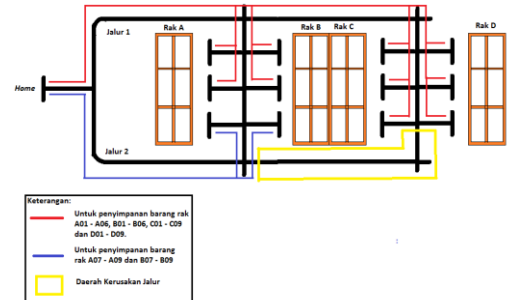
H. Pengkondisian Jalur

1.) Jalur Utama



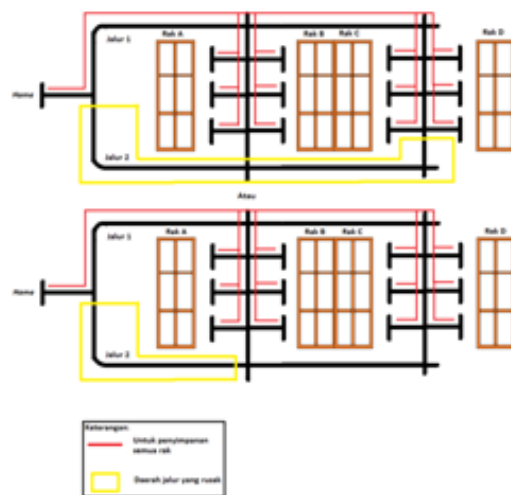
Gambar 23. Pengkondisian Jalur Utama

2.) Jalur Alternatif 1



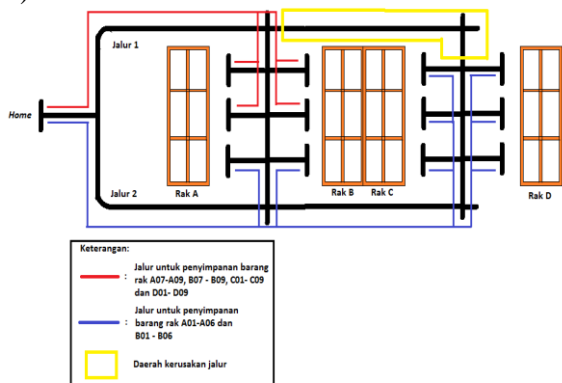
Gambar 24. Pengkondisian Jalur Alternatif 1

3.) Jalur Alternatif 2



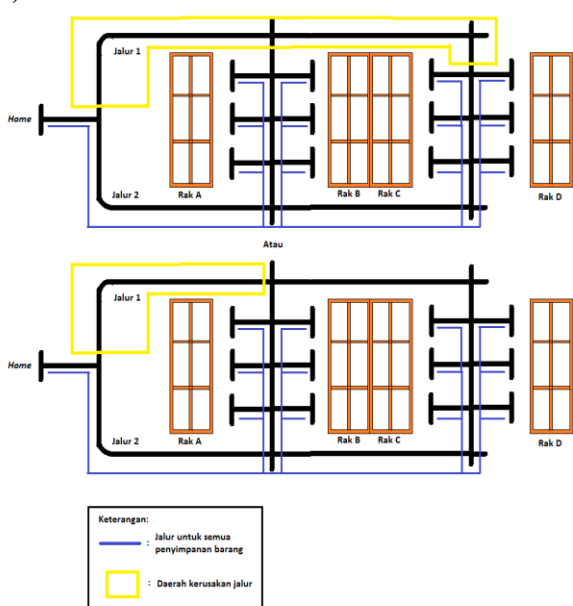
Gambar 25. Pengkondisian Jalur Alternatif 2

4.) Jalur Alternatif 3



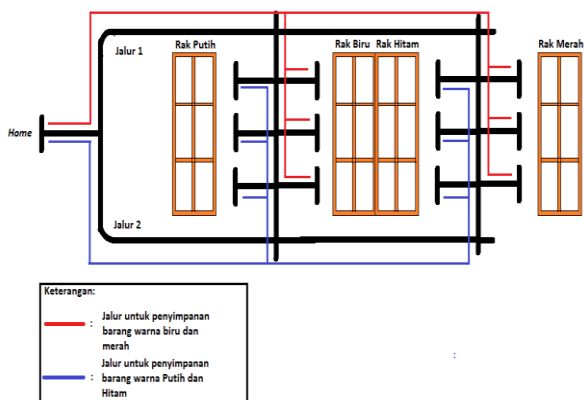
Gambar 26. Pengkondisian Jalur Alternatif 3

5.) Jalur Alternatif 4



Gambar 27. Pengkondisian Jalur Alternatif 4

6.) Jalur Robot Saat Bekerja Otomatis



Gambar 28. Pengkondisian Jalur Saat Robot Bekerja Secara Otomatis

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis pada bab sebelumnya dapat diambil beberapa kesimpulan yang berkaitan dengan hasil pengujian dan analisis tersebut, diantaranya sebagai berikut.

1. Robot dapat menghitung jumlah simpangan ketika semua sensor garis mendeteksi garis hitam saat tegangan keluaran komparator mengarah pada tegangan rata-rata 4,6 V yang mewakili logika "1" yang secara fisis menunjukkan bahwa robot mampu menyimpan barang sesuai yang diperintahkan *user* sesuai nilai simpangan melalui besaran tegangan yang terukur ini.
2. Robot mampu membawa dan menyimpan barang dengan baik tanpa merusak barang yang dibawa berdasarkan kondisi *limit switch* mendeteksi garpuh dengan tegangan sebesar antara 4,68 sampai 4,70 .
3. Robot akan berhenti dan menyimpan barang ketika semua sensor garis mendeteksi garis hitam di depan rak dimana ketika garis hitam terdeteksi keluaran komparator mengarah pada tegangan rata – rata 4,6 V yang mewakili logika "1" sehingga robot mampu mengetahui telah berada lurus dengan rak tanpa terjadi kontak dengan rak.
4. LCD akan menampilkan karakter sesuai dengan penekanan *keypad*. ketika penekanan *keypad* sama seperti yang ditunjukkan hasil pengujian pada tabel 4.3 maka robot akan menyimpan barang ketempat yang sesuai dengan alamat yang dimasukan *user*, jika tidak maka *software reset*, artinya robot tidak akan menyimpan barang dan meminta masukan kembali alamat yang benar.
5. Sensor cahaya LDR mendeteksi 4 warna barang dengan cara membedakan intensitas cahaya dari pantulan cahaya 4 warna yang digunakan dimana nilai ADC intensitas cahaya pantulan hasil pengukuran warna putih sebesar 148, warna merah sebesar 182, warna hitam sebesar 408 dan warna biru sebesar 616. Sensor jarak ultrasonik mendeteksi jarak rak ketika kondisi kosong dengan jarak 47 cm sampai 51 cm dan jarak rak ketika kondisi terisi barang 45 cm sampai 47 cm, sehingga dapat disimpulkan jika robot dapat bekerja secara otomatis dengan mendeteksi warna barang kemudian menyimpan barang pada rak kosong sesuai dengan warnanya.

B. Saran

1. Perancangan mekanik dan bodi robot harus diperhatikan terutama, dari segi konstruksi mekanik harus sesuai dengan berat barang yang akan dibawa agar robot mampu membawa beban barang lebih berat lagi dan dari ukuran robot harus sesuai dengan berat robot saat tidak membawa barang dan saat membawa barang agar dapat menggunakan *battery* dengan daya yang lebih besar.
2. Pemilihan sensor pendeteksi rak kosong harus diperhatikan dari jenis dan posisinya untuk mengurangi kesalahan saat pendeteksian rak
3. Pemilihan sensor pendeteksi barang saat bekerja secara otomatis harus diperhatikan agar kinerja robot lebih efektif, sensor yang digunakan lebih baik tidak menggunakan sensor warna.

Fakultas Teknik Progeam Studi Teknik Elektro Universitas Indonesia. Depok.

- [15] Datasheet ATmega2560.
http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/AT/ME/ATMEGA2560.shtml
- [16] Datasheet HC-SR04

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Michael McRoberts. (2010). *Beginning Arduino. Technology In Action.*
- [2] E. B. Rianto. (2014). menghitung luas gudang barang jadi yang sesuai dengan kebutuhan rak palet sebagai penempatan barang jadi dan penataan kembali lokasi penyimpanan barang jadi pada gudang barang jadi dengan menggunakan metode *shared storage*. Universitas Sumatera Utara
- [3] Heddy Wardony Saragih. (2011). Robot Pembawa Barang Mengikuti Garis Dengan Menggunakan Pemrograman Bahasa C. Universitas Gunadarma.
- [4] Wisnu Jatmiko dkk.(2012). Robotika Teori dan Aplikasi.Fakultas Ilmu Komputer Universitas Indonesia.
- [5] Datasheet Arduino Mega 2560.
<http://www.mantech.co.za/datasheets/products/A000047.pdf>
- [6] Aldi Ferdian Yudhistira. (2014). Rancang Bangun Alat Bantu Parkir Mobil Menggunakan Sensor Jarak Ultra Sonic Berbasis Arduino UNO. Sekolah Tinggi Teknologi Telematika Telkom. Purwokerto.
- [7] Dr. Drs. Jaja Kustija, M.Sc. (2012). Modul Sensor dan Transduser. Dosen dan peneliti bidang elektro.
- [8] Mohammad Hamdani. (2010). Pengendalian Kecepatan PutaranMotor DC Terhadap Perubahan Temperatur Dengan Sistem Modulasi Lebar Pulsa: Universitas Indonesia. Depok
- [9] Johannes Pandiangan. (2007). Perancangan dan Penggunaan Photodiode Sebagai Sensor Penghindar Dinding Pada Robot Forklift. Fisika Instrument Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara. Medan.
- [10] Elektronika Dasar. (2012). Driver Motor DC L293D.
<http://elektronika-dasar.web.id/komponen/driver-motor-dc-l293d/>
- [11] Andani Achmad, A. Ejah Umraeni. (2011). Penentuan Level Air Dengan Sistem Kendali. Staf Pengajar Teknik Elektro Universitas Hasanuddin. Makassar
- [12] Chaniotakis dan Cory. (2006). Operational Amplifier Circuits Comparator and Positive Feedback.
- [13] Arli Kurniawan. (2011). Perancangan Sistem Kendali Otomatis Pada Lantai Getar Berbasis Mikrokontroler AVR Atmega32. Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- [14] Hardiansyah Rahmat Nurhakim. (2010). Sistem Kendali Gerak Continuous Path Tracking Dengan Menggunakan Cubic Trajectory Panning Pada Robot Manipulator 4 DOF. Skripsi.