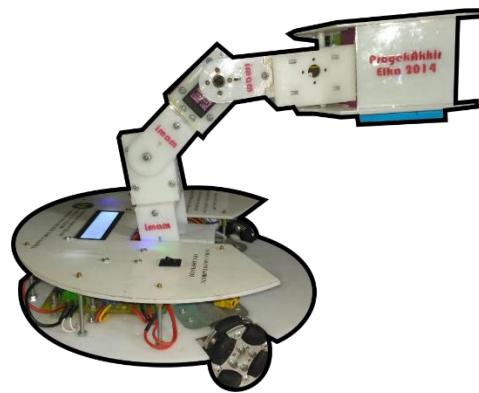




**PROTOTIPE FORKLIFT OMNIDIRECTIONAL WHEEL
DAN LENGAN ROBOT BERBASIS MIKROKONTROLER
ATMEGA1284 DAN JOYSTICK**

PROYEK AKHIR

Diajukan Kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik



Oleh

IMAM TABRONI

NIM. 14507134035

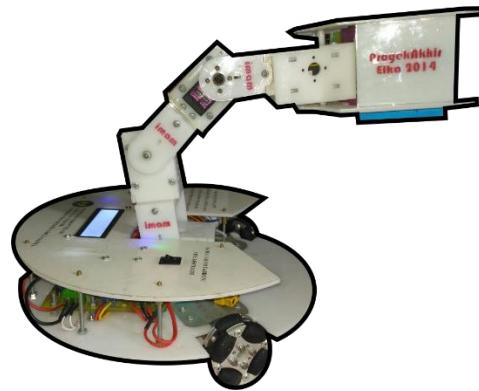
**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRONIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2017**



**PROTOTIPE FORKLIFT OMNIDIRECTIONAL WHEEL
DAN LENGAN ROBOT BERBASIS MIKROKONTROLER
ATMEGA1284 DAN JOYSTICK**

PROYEK AKHIR

Diajukan Kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik



Oleh

IMAM TABRONI

NIM. 14507134035

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRONIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2017**

LEMBAR PERSETUJUAN

PROYEK AKHIR

**Prototipe Forklift Omnidirectional Wheel dan Lengan Robot
Berbasis Mikrokontroler ATmega1284 dan Joystick**

Oleh

IMAM TABRONI

14507134035

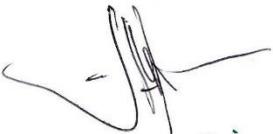
Telah diperiksa dan disetujui oleh pembimbing:

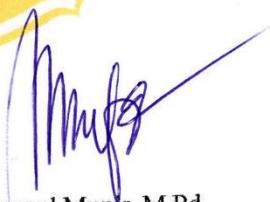
Untuk diuji

Yogyakarta, 16 AGUSTUS 2017

Mengetahui,
a.n Kaprodi Teknik Elektronika
Sekretaris Jurusan

Menyetujui,
Pembimbing Proyek Akhir


Totok Sukardiyono, M.T.
NIP. 19670930 199303 1 005


Muhammad Munir, M.Pd.
NIP. 19630512 198901 1 001

LEMBAR PENGESAHAN

PROYEK AKHIR

**Prototipe Forklift Omnidirectional Wheel dan Lengan Robot
Berbasis Mikrokontroler ATmega1284 dan Joystick**

Dipersiapkan dan Disusun Oleh:

IMAM TABRONI

14507134035

Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji Proyek Akhir

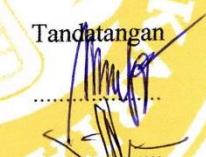
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

Pada tanggal

Dan Dinyatakan Telah Memenuhi Syarat Guna Memperoleh Gelar

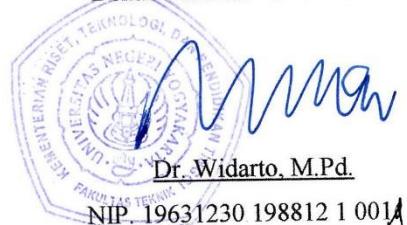
Ahli Madya Teknik

SUSUNAN DEWAN PENGUJI

Nama	Jabatan	Tandatangan	Tanggal
1. Muhammad Munir,M.Pd	Ketua Penguji		11/9/2017
2. Drs. Totok Sukardiyono, M.T	Sekertaris Penguji		10/9/2017
3. Dr. Eko Marpanaji, M.T	Penguji		11/9/2017

Yogyakarta, 11 September 2017

Dekan Fakultas Teknik UNY



LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Imam Tabroni

NIM : 14507134035

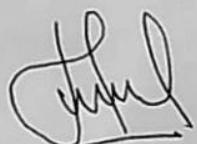
Program Studi : Teknik Elektronika D-III

Judul Proyek Akhir : Prototipe *Forklift Omnidirectional Wheel* dan Lengan Robot Berbasis Mikrokontroler ATmega1284 dan Joystick

Menyatakan bahwa Proyek Akhir ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri, dan sepanjang pengetahuan saya, tidak berisi materi yang ditulis oleh orang lain sebagai persyaratan penyelesaian studi di Universitas Negeri Yogyakarta atau perguruan tinggi lain, kecuali bagian-bagian tertentu saya ambil sebagai acuan dengan mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah yang benar. Jika ternyata terbukti pernyataan ini tidak benar, sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya.

Yogyakarta, 11 September 2017

Yang menyatakan,



Imam Tabroni

NIM. 14507134035

MOTTO

“Jadikanlah sabar dan sholat sebagai penolongmu, sesungguhnya Allah SWT beserta orang-orang yang sabar. (Qs. Al-Baqoroh, 2:153)”

“Allah SWT tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kadar kesangguapannya. (Qs. Al-Baqoroh : 286)”

“Dan janganlah kamu berputus asa dari rahmat Allah SWT. Sesungguhnya tiada berputus asa dari rahmat Allah SWT melainkan orang-orang yang kufur (terhadap karunia Allah SWT). (Qs. Yusuf : 87)”

“Barang siapa yang keluar untuk mencari ilmu maka ia berada di jalan Allah SWT hingga ia pulang. (HR. Turmudzi)”

“Barang siapa yang menginginkan kehidupan dunia, maka ia harus memiliki ilmu, dan barang siapa yang menginginkan kehidupan akhirat maka itupun harus dengan ilmu, dan barang siapa yang menginginkan keduanya maka itupun harus dengan ilmu. (HR. Thabrani)”

Teruslah Berjuang, masih banyak lika-liku kehidupan menantimu

LEMBAR PERSEMBAHAN

Dengan rahmat Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, Sholawat dan Salam selalu terlimpahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW, dengan ini saya persembahkan proyek akhir untukmu:

Ibu dan Bapak Tercinta

Sebagai tanda bakti, hormat dan tanda terimakasih kepada Ibu Siti Mar'ati dan Bapak Nuri. Karena atas doa restu dan dukungan serta nasehatmu yang selalu engkau berikan untuk keberhasilanku

Keluarga Besar

Terimakasih kepada adikku Muhammad Sidkun Wafa dan seluruh keluarga yang selalu aku sayangi dan selalu menjadi penyemangatku

Teman-Teman

Terimakasih kawan atas segala kebersamaanmu, candalamu, tawamu sungguh takkan pernah sirna

Dosen Pembimbing

Kepada Bapak Muhammad Munir M.Pd. selaku pembimbing proyek akhir. Terimakasih atas bimbingan, ilmu dan nasehat yang telah engkau berikan

PROYEK AKHIR

Prototipe *Forklift Omnidirectional Wheel* dan Lengan Robot Berbasis Mikrokontroler ATmega1284 dan Joystick

Oleh : Imam Tabroni

NIM : 14507134035

ABSTRAK

Forklift omnidirectional wheel merupakan alat untuk memindahkan barang dengan lebih fleksibel dan aman dibantu dengan lengan robot dan kendali nirkabel. Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang dan membangun prototipe, mengetahui unjuk kerja dari prototipe *forklift omnidirectional wheel* dan lengan robot berbasis mikrokontroler ATmega1284 dan joystick.

Pembuatan prototipe *forklift omnidirectional wheel* dan lengan robot berbasis mikrokontroler ATmega1284 dan joystick terdiri dari beberapa tahapan yaitu identifikasi kebutuhan, analisis kebutuhan, blok diagram rangkaian, perancangan sistem, langkah pembuatan alat, diagram alir program, pengujian alat dan pengambilan data. Alat ini menggunakan sistem minimum mikrokontroler ATMega1284, wireless joystick sebagai pengendali *forklift*, motor servo sebagai mekanik dari lengan robot, motor DC dan *omnidirectional wheel* sebagai aktuator gerak *forklift*, LCD digunakan untuk menampilkan informasi.

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh hasil bahwa prototipe *forklift omnidirectional wheel* dan lengan robot berbasis mikrokontroler ATmega1284 dan joystick mampu berfungsi dengan baik Rata-rata *error* pergerakan *forklift* dengan masukan sudut program adalah 0.27% dan pergerakan *forklift* dengan masukan sudut joystick adalah 1.67%. Berat barang yang dapat diangkat oleh lengan robot tidak lebih dari 180g. Jarak komunikasi antara *transmitter joystick* dengan *receiver* yang berada di badan *forklift* sampai dengan 20 meter dalam keadaan penerima terbuka dan 3 meter dalam keadaan penerima tertutup.

Kata kunci: *Prototype, Forklift, Omnidirectional Wheel, Lengan Robot, ATMega1284, Joystick*

KATA PENGANTAR

Assamu'alaikum wr. wb.

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT sehingga dengan rahmat dan hidayah-Nya Laporan Proyek Akhir ini dapat terselesaikan tanpa halangan yang berarti. Sholawat serta salam tercurah pada junjungan kita Nabi Agung Muhammad SAW. Keluarga, sahabat dan orang-orang yang istiqomah di jalannya.

Dalam menyusun Laporan Proyek Akhir ini penulis merasa banyak kekurangan karena terbatasnya kemampuan dan pengetahuan penulis. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua Orang Tua saya (Nuri dan Siti Mar'ati) yang telah memberikan motivasi dan doa restunya.
2. Muhammad Munir, M.Pd. selaku Dosen Pembimbing Penyusun Laporan dan Ketua Pengaji Proyek Akhir ini.
3. Dr. Eko Marpanaji, M.T. dan Totok Sukardiyono, M.T. selaku Dosen Pengaji dan Sekretaris yang sudah memberikan koreksi secara komprehensif terhadap Proyek Akhir ini.
4. Dr. Sri Waluyanti, M.Pd. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektronika dan Koordinator Proyek Akhir Prodi Teknik Elektronika Universitas Negeri Yogyakarta.
5. Dr. Fatchul Arifin, M.T. selaku Ketua Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika dan Informatika Universitas Negeri Yogyakarta.

6. Dr. Widarto, M.Pd. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
7. Seluruh Dosen Pengajar dan Karyawan Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika dan Informatika Universitas Negeri Yogyakarta atas bekal ilmu yang diberikan kepada penulis.
8. Nur Imam Prayogo yang telah memberikan pengarahan, bimbingan dan ilmu yang luar biasa.
9. Teman-teman Fakultas Teknik UNY khususnya Program Studi Teknik Elektronika kelas B 2014 yang telah memberikan bantuan sehingga pembuatan proyek akhir ini dapat terselesaikan.
10. Teman-teman kontrakan Adib, Lucky, Aziis, Rizky, Haris, Septian, Syahrul, Dwi, Apri, Topan yang telah menemani dan berbagi ilmu.
11. Semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang telah membantu hingga terselesainya laporan dan alat ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna walaupun penulis telah berusaha untuk mendekati kesempurnaan, maka penulis berharap para pembaca memberikan saran dan kritik yang membangun.

Akhir kata penulis mohon maaf yang sebesar-besarnya apabila ada kekeliruan di dalam penulisan laporan ini.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta,

Penulis,

Imam Tabroni

DAFTAR ISI

	Halaman
PROYEK AKHIR	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iv
MOTTO	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	2
C. Batasan Masalah.....	3
D. Rumusan Masalah	3
E. Tujuan.....	4
F. Manfaat.....	4
G. Keaslian Gagasan	5
BAB II.....	7
PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH	7
A. Prototipe	7
B. <i>Forklift</i>	11
C. <i>Omnidirectional</i>	13
D. Driver Motor	15
E. Motor DC	16

F. Lengan Robot	18
G. Motor Servo.....	20
H. <i>Wireless Joystick</i>	21
I. LCD (<i>Liquid Cystal Display</i>)	24
J. Catu Daya.....	26
K. Mikrokontroler ATMega1284.....	27
L. <i>Software</i> Mikrokontroler	34
BAB III	37
KONSEP PERANCANGAN	37
A. Identifikasi Kebutuhan	37
B. Analisis Kebutuhan	37
C. Blok Diagram Rangkaian	40
D. Perancangan Sistem.....	42
E. Langkah Pembuatan Alat	47
F. Perangkat Lunak.....	55
G. Spesifikasi Alat	58
H. Pengujian Alat	59
I. Tabel Hasil Uji	60
J. Pengoperasian Alat.....	63
BAB IV	65
PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN.....	65
A. Hasil Pengujian	65
B. Pembahasan.....	79
KESIMPULAN DAN SARAN.....	84
A. Kesimpulan.....	84
B. Keterbatasan Alat	86
C. Saran.....	87
DAFTAR PUSTAKA	88
LAMPIRAN	90

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Konfigurasi Pin LCD 16x2	24
Tabel 2. Pengujian Catu Daya Tanpa Beban	60
Tabel 3. Pengujian Catu Daya dengan Beban	60
Tabel 4. Pengujian Indikator Tegangan Baterai Li-Po.....	61
Tabel 5. Pengujian Jarak Komunikasi <i>Wireless Joystick</i>	61
Tabel 6. Pengujian Arah Gerak <i>Forklift</i> dengan Masukan Program Sudut	61
Tabel 7. Pengujian Arah Gerak <i>Forklift</i> dengan Masukan Sudut <i>Joystick</i>	62
Tabel 8. Pengujian Berat Barang Yang Diangkat Dan Dibawa.....	63
Tabel 9. Pengujian LCD.....	63
Tabel 10. Pengukuran Tegangan Catu Daya Tanpa Beban.....	65
Tabel 11. Pengukuran Catu Daya dengan Beban.....	66
Tabel 12. Pengukuran Indikator Tegangan Baterai Li-Po	68
Tabel 13. Pengujian Jarak Komunikasi Wireless Joystick	69
Tabel 14. Pengujian Arah Gerak <i>Forklift</i> Dengan Masukan Program Sudut.....	72
Tabel 15. Pengujian Arah Gerak <i>Forklift</i> Dengan Masukan Sudut <i>Joystick</i>	74
Tabel 16. Pengujian Berat Barang Yang Diangkat Dan Dibawa	76
Tabel 17. Pengujian LCD.....	77

DAFTAR GAMBAR

Halaman	
Gambar 1. <i>Evolutionary Prototype Model</i>	8
Gambar 2. <i>Requirement Prototype Model</i>	9
Gambar 3. <i>Forklift</i>	12
Gambar 4. Konfigurasi Umum Tiga dan Empat <i>Omnidirectional Wheel</i>	15
Gambar 5. Driver Motor H-bridge	16
Gambar 6. Motor DC	17
Gambar 7. Motor Servo.....	20
Gambar 8. <i>Wireless Joystick PS2</i>	22
Gambar 9. Rangkaian Antarmuka <i>Joystick</i> dengan Mikrokontroler.....	23
Gambar 10. <i>Liquid Crystal Display</i>	24
Gambar 11. Rangkaian DC to DC LM2576-5.0	27
Gambar 12. Blok Diagram Mikrokontroler ATmega1284	29
Gambar 13. Konfigurasi Pin Mikrokontroler ATmega1284.....	30
Gambar 14. Memori Program Mikrokontroler ATmega1284.....	31
Gambar 15. Status Register Mikrokontroler ATmega1284	32
Gambar 16. Tampilan <i>Software Arduino IDE</i>	35
Gambar 17. Blok Diagram Rangkaian	42
Gambar 18. Rangkaian Catu Daya.....	43
Gambar 19. Rangkaian Indikator Baterai Li-Po	45
Gambar 20. Rangkaian Sistem Minimum ATmega1284.....	46
Gambar 21. Rangkaian Driver Motor DC	47
Gambar 22. PCB Catu Daya	47
Gambar 23. PCB Indikator Baterai Li-Po	48
Gambar 24. PCB Sitem Minimum ATmega1284	48
Gambar 25. PCB IC Mikrokontroler ATmega1284.....	48
Gambar 26. PCB Driver Motor	49
Gambar 27. Rancangan Mekanik Bodi Bawah	51
Gambar 28. Rancangan Mekanik Bodi Atas.....	52

Gambar 29. Rancangan Mekanik Lengan Robot	53
Gambar 30. Rancangan Mekanik Gripper atau Capit	54
Gambar 31. Rancangan Mekanik <i>Omnidirectional Wheel</i> dengan Motor DC	54
Gambar 32. Tampilan <i>Software Arduino</i>	55
Gambar 33. Tampilan Setelah Selesai <i>Upload Program</i>	56
Gambar 34. Flowchart.....	57
Gambar 35. Media Tempat Pengujian Gerak <i>Forklift</i>	71
Gambar 37. Hasil Pengujian Gerak <i>Forklift</i> dengan Masukan Program Sudut ...	81
Gambar 38. Hasil Pengujian Gerak Forklift dengan Masukan Sudut <i>Joystick</i>	82

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1. Gambar Alat	91
Lampiran 2. Skema Rangkaian	92
Lampiran 3. <i>Source Code</i>	93
Lampiran 4. Datasheet ATmega1284	102
Lampiran 5. Datasheet IC LM2576	107

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Terciptanya mesin pemindah barang di dunia industri memberikan manfaat besar dalam membantu dan memudahkan tugas manusia dalam hal pemindahan barang. *Forklift* merupakan salah satu mesin yang digunakan untuk mengangkat dan memindahkan barang dari satu tempat ke tempat lain. Saat ini kinerja *forklift* yang ada masih kurang efektif dalam proses pemindahan barang. Hal tersebut disebabkan karena pengendali putaran pada roda *forklift* masih diatur secara manual. Sehingga diperlukan waktu lebih karena harus memposisikan *forklift* dahulu agar objek yang diambil dapat terangkat dan dibawa ke tempat tujuan.

Pemanfaatan roda mecanum pada *forklift* dapat meningkatkan kinerja menjadi lebih baik. Roda mecanum ini mampu dikendalikan ke kesegala arah. Akan tetapi, kurang leluasa terhadap sudut letak barang. *Forklift* jenis ini memiliki konstruksi hampir sama dengan *forklift* yang ada pada umumnya, namun perbedaan *forklift* terletak pada penggunaan roda untuk penggerak *forklift*. Proses pergerakan roda yaitu dengan keempat roda berputar sesuai dengan perintah yang diberikan oleh operator. Akan tetapi, pergerakan dari *forklift* yang menggunakan roda mecanum masih kurang fleksibel. Pengoperasian *forklift* dengan operator masih berada di dalam *forklift* masih memiliki bahaya karena operator akan secara langsung kontak dengan *forklift*. Selain itu, saat dioperasikan juga memungkinkan jarak pandang mata

berkurang karena terhalang dengan ukuran objek di depan apabila terlalu besar, sehingga rawan terjadi kecelakaan kerja.

Menyikapi permasalahan yang ada, maka diperlukan pengembangan *forklift* yang lebih efisien untuk pemindahan barang serta mengurangi resiko kecelakaan kerja akibat kontak langsung antara *forklift* dengan operator dengan menambahkan sistem pengendalian jarak jauh menggunakan *wireless joystick*. Penggunaan *wireless joystick* dimaksudkan untuk memberikan keamanan operator pada saat *forklift* dioperasikan. Oleh sebab itu, proyek akhir mengambil judul “Prototipe *Forklift Omnidirectional Wheel* dan Lengan Robot Berbasis Mikrokontroler ATmega1284 dan *Joystick*”.

Prototipe *forklift* yang dibuat menggunakan kontrol *wireless joystick* sebagai pengendali jarak jauh, mikrokontroler ATmega1284 sebagai kontroler dari *forklift*, lengan robot yang terdiri dari 4 buah motor servo, motor DC dan *omnidirectional wheel* sebagai aktuator dan penggerak dari prototipe *forklift*, LCD sebagai penampil data. Terciptanya prototipe ini diharapkan penciptaan *forklift* asli bisa lebih efektif dan efisien serta mengurangi dan mencegah kecelakaan kerja akibat *human error*.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, maka dapat dibuat identifikasi masalah sebagai berikut :

1. Penempatan *forklift* dalam proses pemindahan barang membutuhkan waktu yang cukup lama.

2. Terbatasnya jalur pengambilan barang yang mengakibatkan *forklift* tidak leluasa terhadap sudut.
3. Tertutupnya pandangan operator akibat terhalang oleh barang yang diambil.
4. Banyaknya kecelakaan kerja pada operator akibat adanya kontak langsung dengan *forklift*.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang diangkat dari identifikasi masalah, maka batasan masalah dalam proyek akhir ini adalah penempatan *forklift* dalam pemindahan barang membutuhkan waktu yang cukup lama dan terbatasnya jalur pengambilan barang yang mengakibatkan *forklift* tidak leluasa terhadap sudut. Pembuatan proyek akhir ini menggunakan *wireless joystick*, motor servo, motor dc dan *omnidirectional wheel* yang terintegrasi dengan mikrokontroler ATMega1284 sebagai pengolah data yang selanjutnya ditampilkan dengan LCD 16x2.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, identifikasi masalah, dan batasan masalah, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana perancangan sistem Prototipe *Forklift Omnidirectional Wheel* dan Lengan Robot Berbasis Mikrokontroler ATmega1284 dan *Joystick* ?
2. Bagaimana merealisasikan Prototipe *Forklift Omnidirectional Wheel* dan Lengan Robot Berbasis Mikrokontroler ATmega1284 dan *Joystick* ?

3. Bagaimana unjuk kerja Prototipe *Forklift Omnidirectional Wheel* dan Lengan Robot Berbasis Mikrokontroler ATmega1284 dan *Joystick* ?

E. Tujuan Proyek Akhir

Berdasarkan rumusan permasalahan, maka diharapkan akan dicapai tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui perancangan sistem Prototipe *Forklift Omnidirectional Wheel* dan Lengan Robot Berbasis Mikrokontroler ATmega1284 dan *Joystick*.
2. Merealisasikan Prototipe *Forklift Omnidirectional Wheel* dan Lengan Robot Berbasis Mikrokontroler ATmega1284 dan *Joystick*.
3. Mengetahui unjuk kerja Prototipe *Forklift Omnidirectional Wheel* dan Lengan Robot Berbasis Mikrokontroler ATmega1284 dan *Joystick*.

F. Manfaat Proyek Akhir

Dalam pembuatan proyek akhir ini, diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Bagi mahasiswa
 - a. Sebagai sumber informasi dan referensi dalam rangka pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.
 - b. Sebagai sarana untuk membantu mahasiswa dalam mengaplikasikan teori yang didapatkan dalam bangku perkuliahan.
 - c. Memberikan motivasi kepada mahasiswa untuk tetap berkarya dan menjadi salah satu pelaku dalam kemajuan teknologi di era modern ini.

2. Bagi Perguruan Tinggi
 - a. Sebagai tolak ukur daya serap mahasiswa yang bersangkutan selama menempuh pendidikan dan kemampuan ilmunya secara praktis.
 - b. Sebagai wujud partisipasi dalam pengembangan dibidang ilmu teknologi industri.
 - c. Terciptanya alat yang inovatif sebagai sarana ilmu pengetahuan.
3. Bagi masyarakat, peneliti dan industri
 - a. Meningkatkan efektivitas dan fleksibelitas *forklift* dalam memindahkan barang.
 - b. Terciptanya prototipe *forklift* yang dapat membantu meringankan tugas manusia.
 - c. Meningkatkan penelitian dibidang teknologi industri.

G. Keaslian Gagasan

Pembuatan proyek akhir dengan judul “Prototipe *Forklift Omnidirectional Wheel* dan Lengan Robot Berbasis Mikrokontroler ATmega1284 dan Joystick” diketahui bahwa belum pernah dibuat oleh mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, maka dari itu, dilakukan terobosan baru dengan inovasi baru. Karya-karya sejenis yang berkaitan dengan proyek akhir ini, sebagai berikut:

1. *Prototype* Robot Pemindah Barang Beroda Mekanum 4WD Dengan Pengendali Nirkabel Joystick Playstation 2, karya Nugraha Putra Mahardika tahun 2015 dari Universitas Muhammadiyah Surakarta. Dalam karya ini, robot dapat mencengkram dengan baik menggunakan penjepit dan

memindahkan barang seberat 300 ml dengan baik melalui kendali nirkabel *Joystick* dengan batas radius maksimum 9 meter.

2. Perancangan Sistem Kontrol *Wireless* pada Mobile Robot Manipulator Berbasis Mikrokontroler ATMega8, karya Zaenurrohman dan Utis Sutisna dari Universitas Gadjah Mada. Dalam karya ini, *joystick* wireless digunakan untuk mengendalikan mobile robot manipulator dengan jarak komunikasi tidak lebih dari 10 meter.

Meskipun kemungkinan terdapat kesamaan dengan tugas akhir yang sudah ada, namun diyakini bahwa banyak perbedaan mendasar baik secara teknik maupun konsep pada rancangan Prototipe *Forklift Omnidirectional Wheel* dan Lengan Robot Berbasis Mikrokontroler ATmega1284 dan *Joystick* ini. Adapun ciri khas dari proyek akhir ini adalah:

1. Menggunakan mikrokontroler ATmega1284.
2. Menggunakan 3 axis *omnidirectional wheel* sebagai fleksibilitas dan efisiensi gerak terhadap sudut dalam pendistribusian barang.
3. Menggunakan 3 buah motor DC sebagai aktuator gerak *forklift*.
4. Menggunakan 4 dof lengan robot sebagai pegambil dan meletakkan barang.
5. Menggunakan *wireless Joystick* *plsystation* 2 sebagai pengendali dari prototipe *forklift*.

BAB II

PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH

A. Prototipe

1. Pengertian Prototipe

Menurut Simarmata (2010:64), prototipe adalah perubahan cepat di dalam perancangan dan pembangunan *prototype*. Menurut Mall (2009:43), "*Prototype is toy implementation of the system*" yang artinya bahwa prototipe adalah sebuah implementasi tiruan dari sistem. Menurut Darmawan (2013:229), prototipe adalah satu versi dari sebuah sistem potensial yang memberikan ide dari para pengembang dan calon pengguna, bagaimana sistem akan berfungsi dalam bentuk yang telah selesai.

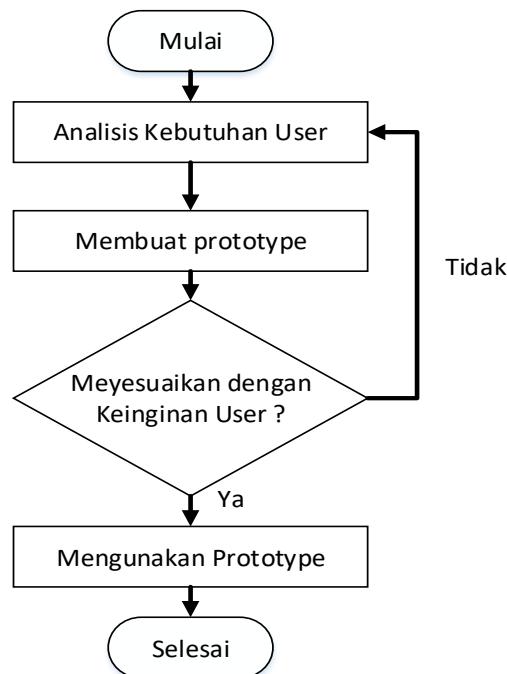
Berdasarkan pendapat di atas dapat disimpulkan bahwa prototipe merupakan perubahan cepat dalam perancangan dan implementasi sistem yang didalamnya terdapat ide dari pengembang dan calon pengguna, tentang bagaimana sistem akan berguna dalam bentuk yang telah selesai. Proptotipe juga dapat diartikan gambaran tentang sistem dalam bentuk sempurna dan bentuk awal dari objek yang dibuat dengan skala tertentu yang mewakili dimensi objek yang sesungguhnya.

2. Jenis Prototipe

Menurut McLeod dan Schell (2007) mendefinisikan bahwa ada 2 jenis dari *prototype* yaitu:

a. *Evolutionary Prototype*

Evolutionary prototype merupakan jenis *prototype* yang dikembangkan secara terus menerus hingga memenuhi fungsi dan prosedur yang dibutuhkan oleh suatu sistem. Gambar 1 merupakan alur dari *evolutionary prototype*.



Gambar 1. *Evolutionary Prototype Model*

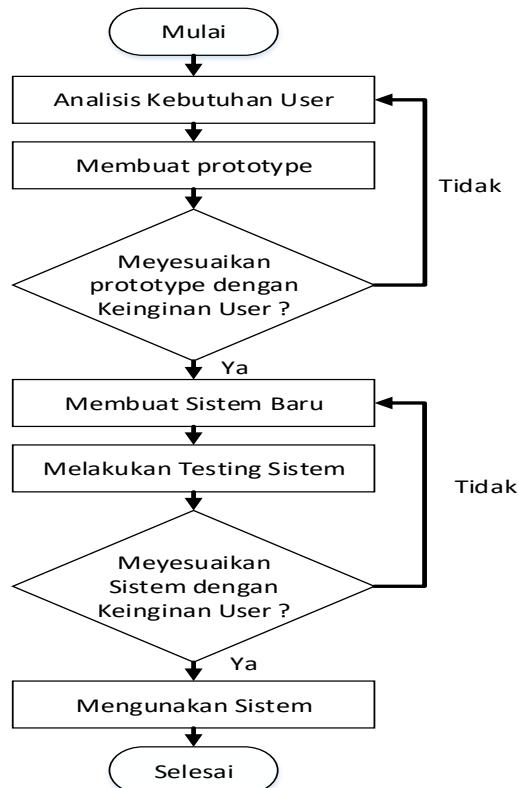
Berdasarkan Gambar 1 dapat di jelaskan keterangan dari masing-masing blok:

- 1) Analisa kebutuhan user: pemilik dan pengembang melakukan diskusi dengan cara pemilik menjelaskan kepada pengembang tentang kebutuhan sistem yang diinginkan oleh mereka.
- 2) Membuat *prototype*: dalam blok ini mengahuruskhan pengembang membuat susu desain prototipe dari sistem yang telah di kemukakaan oleh pemilik sistem tersebut.

- 3) Menyesuaikan *prototype* dengan keinginan user: dari blok ini pengembang menanyakan prototipe yang telah dibuat suah sesuai dengan kebutuhan pemilik atau tidak.
- 4) Menggunakan *Prototype*: pada tahapan blok ini sistem yang mulai dikembangkan sesuai dengan prototype yang telah dibuat.

b. *Requirement Prototype*

Requirement prototype merupakan jenis prototipe yang dibuat oleh pengembang dengan mendefinisikan fungsi dan prosedur sistem yang dimana pemilik sistem tidak bisa mendefinisikan sistem yang dibuat oleh pengembang. Gambar 2 merupakan alur dari *requirement prototype*.



Gambar 2. *Requirement Prototype* Model

Berdasarkan Gambar 2 dapat di jelaskan keterangan dari masing-masing bagian:

- 1) Analisa kebutuhan user: pemilik dan pengembang melakukan diskusi dengan cara pemilik menjelaskan kepada pengembang tentang kebutuhan sistem yang diinginkan oleh mereka.
- 2) Membuat *prototype*: dalam blok ini mengahuruskan pengembang membuat susu desain prototipe dari sistem yang telah dikemukakan oleh pemilik sistem tersebut.
- 3) Menyesuaikan *prototype* dengan keinginan user: dari blok ini pengembang menanyakan prototipe yang telah dibuat suah sesuai dengan kebutuhan pemilik atau tidak.
- 4) Membuat sistem baru: pada tahapan ini pengembang melakukan pembuatan sistem baru dari prototipe yang telah dibuat.
- 5) Melakukan testing sistem: pada tahapan blok ini pemilik sistem melakukan uji coba terhadap sistem yang telah dikembangkan.
- 6) Menyesuaikan sistem dengan keinginan user: pada blok ini sistem yang dikembangkan dengan keinginan user dan kebutuhan sistem, jika keduanya telah sesui dan siap maka sistem tersebut telah siap untuk digunakan.
- 7) Menggunakan sistem: merupakan menikmati hasil dari sistem yang telah dirancang dan dikembangkan sesui dengan keiinginan pemilik sistem dan sistem tersebut siap untuk digunakan.

B. *Forklift*

Menurut Jenniria Rajagukguk (2011:2), *Forklift* adalah suatu pesawat pengangkat dimana fungsinya untuk mengangkat/memindahkan barang dari suatu tempat ketempat lain. Perencanaan pada *forklift* ini mempunyai beberapa bagian yang terpenting yaitu *Fork* (Garpu) dan *Frame* (Rangka). *Fork* (Garpu) adalah bagian dari pesawat pengangkat *forklift* yang berfungsi untuk mengambil beban dudukan dari beban yang akan diangkat.

Forklift adalah angkutan barang dengan menggunakan paling sedikit 2 (dua) moda angkutan yang berbeda atas dasar 1 (satu) kontrak sebagai dokumen angkutan multimoda dari satu tempat diterimanya barang oleh badan usaha angkutan multimoda ke suatu tempat yang ditentukan untuk penyerahan barang kepada penerima barang angkutan multimoda (Esaco, 2017).

Berdasarkan pengertian di atas dapat disimpulkan bahwa *forklift* merupakan sebuah mobil pengangkat yang paling sedikit menggunakan dua moda angkutan berbeda yang digunakan untuk mengangkat/memindahkan barang dari satu tempat ke tempat yang lain, sehingga penggunaan angkutan ini dapat membantu pekerjaan manusia. Prinsip kerja dari *forklift* sendiri yaitu proses pendistribusian barang yang akan dipindahkan sampai beban maksimal yang telah ditentukan oleh *forklift* itu sendiri. Gambar 3 merupakan bentuk fisik dari *forklift*.



Gambar 3. *Forklift*

sumber: <http://www.busseng.com/enlarge.php?id=21>

Jenis *forklift* yang beredar dipasaran sebagai berikut:

1. *Forklift Reach Truck*

Forklift reach truck merupakan sebuah kendaraan angkut yang difungsikan untuk mendistribusikan barang yang mempunyai kapasitas besar dan sekaligus mampu diangkat dalam proses penataan diatas rak-rak yang tinggi. Kapasitas maksimum yang diijinkan oleh *forklift* ini hingga 2 ton dengan tinggi angkat beban hingga 8,5 meter.

2. *Forklift Electric*

Forklift electric merupakan sebuah kendaraan angkut yang difungsikan sebagai alat angkut untuk memindahkan barang yang mempunyai kapasitas besar baik di dalam ruangan maupun di luar ruangan, termasuk dalam bongkar muat barang di pelabuhan, pabrik, gudang, dan lain lain. Kapasitas maksimum yang dimiliki *forklift* ini mencapai 5 ton dengan tinggi angkat beban hingga 6 meter.

3. *Forklift Diesel*

Forklift diesel merupakan sebuah kendaraan angkut modern yang telah dilengkapi sistem canggih dengan kualitas terbaik, dengan fungsinya sebagai alat angkat yang digunakan untuk memindahkan barang dengan beban maksimal hingga 10 ton dan tinggi angkat hingga 6 meter dan sangat baik digunakan diluar ruangan.

4. *Forklift Gasoline*

Forklift gasoline merupakan sebuah kendaraan yang difungsikan untuk pemindahan barang dari satu tempat ke tempat yang lain dengan kapasitas beban maksimal angkut hingga 2 ton dan tinggi angkat benda hingga 2 meter.

C. *Omnidirectional*

Menurut Thomas Braunl (2008:113-117), *Omnidirectional* robot adalah sebuah jenis robot yang dapat bergerak ke segala arah. Robot *omnidirectional* dapat melakukan gerakan yaitu bergerak maju atau mundur, kesamping, dan serong. *Omnidirectional* merupakan robot dengan sistem pergerakan yang secara langsung dapat bergerak kesegala arah dengan konfigurasi apapun. Robot umumnya di desain dengan pergerakan yang sudah direncanakan terlebih dahulu. Sistem pergerakan konvensional, pergerakan tidak mampu di kontrol pada setiap tingkat kebebasan dalam bergerak secara independent, sehingga hanya mampu bergerak ke beberapa arah yang sudah ditentukan sebelumnya. Kendala *non-holomic* yaitu pencegahan roda kemudi dari selip, meskipun pada umumnya mampu menjangkau setiap lokasi dan orientasi

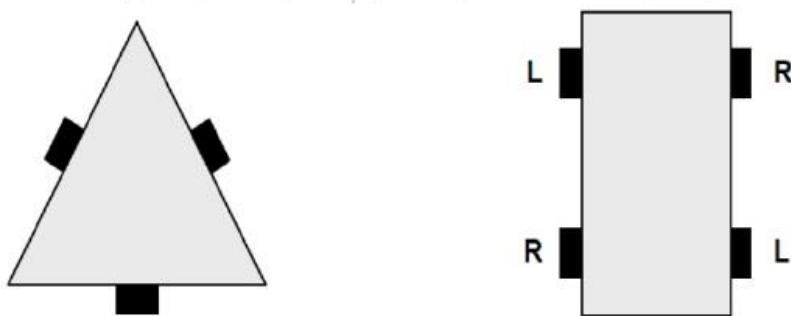
dalam ruang 2 dimensi, namun memerlukan manuver dan perencanaan jalan yang rumit dan kompleks (Doroftei, 2007).

Berdasarkan pendapat di atas dapat disimpulkan bahwa *omnidirectional* robot merupakan sebuah jenis robot dengan sistem pergerakan secara langsung yang dapat bergerak kesegala arah dengan konfigurasi apapun dan pada dasarnya robot di desain dengan pergerakan yang sudah direncanakan. Pergerakan robot yang menggunakan *omnidirectional wheel* maka robot akan memiliki 2 derajat kebebasan dikarenakan robot dapat bergerak pada sumbu x maupun y. Sistem pergerakan robot konvensional tidak mampu dikontrol pada setiap sudut kebebasan, sehingga robot hanya mampu bergerak ke beberapa arah.

Keunggulan menggunakan *omnidirectional* ini adalah pada *omnidirectional wheel* dapat bergerak fleksibel. Robot pada umumnya didesain menggunakan 3 *omnidirectional wheel* dan 4 *omnidirectional wheel*. Pengaturan posisi *omnidirectional wheel* mempengaruhi pergerakan dari robot secara signifikan, dengan menggunakan 4 *omnidirectional wheel* standar semakin jauh jarak roda depan dengan roda belakang maka semakin cepat untuk memutar posisi robot, dan menggunakan 3 *omnidirectional wheel* yang telah di posisikan sedemikian rupa supaya dapat berkerja dengan baik dan dapat cepat memutar posisi robot (Syam, 2011).

Konsep atau konfigurasi *omnidirectional* menggunakan terdapat dua konsep yang sering digunakan yaitu menggunakan konfigurasi tiga *omnidirectional wheel* dan menggunakan konfigurasi empat *omnidirectional*

wheel. Berdasarkan konfigurasi tersebut didapatkan bentuk yang macam-macam sesuai dengan bentuk yang telah dirancang oleh pembuat dengan berbagai bentuk. Gambar 4 merupakan gambaran secara umum konfigurasi posisi *omnidirectional wheel*.

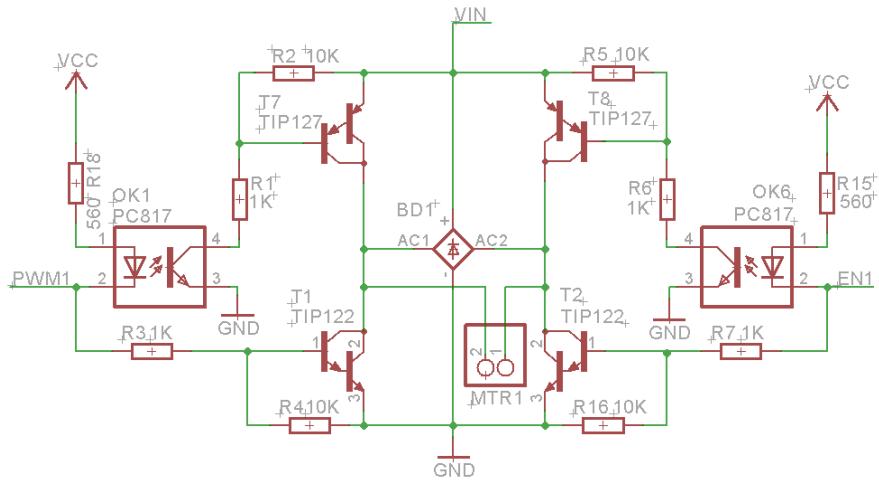


Gambar 4. Konfigurasi Umum Tiga dan Empat *Omnidirectional Wheel*

D. Driver Motor

Driver motor merupakan suatu bagian elektronika yang berfungsi sebagai peralatan yang bertugas untuk menjalankan motor DC baik mengatur arah putaran motor maupun mengatur kecepatan putar motor, oleh karena itu dibutuhkan driver motor untuk mengendalikan laju putaran motor DC salah satunya menggunakan driver motor dengan transistor.

Driver motor ini digunakan untuk mengontrol putaran motor yang dapat diatur arah putarannya. Bisa berputar searah jarum jam maupun berlawanan arah jarum jam. Driver motor ini terdiri dari 4 buah transistor yang digunakan sebagai *switching* arah putaran motor secara bergantian untuk membalik polaritas putaran motor sesuai dengan inputan yang telah diberikan.



Gambar 5. Driver Motor H-bridge

Sumber : <https://nurimamprayogo.files.wordpress.com/2015/07/driver-motor-tip122-127.jpg>

Konfigurasi rangkaian driver motor H-bridge dapat dilihat pada Gambar 5.

Rangkaian ini terdiri dari dua buah transistor PNP yaitu T7 dan T8 (TIP 127) dan dua buah transistor NPN yaitu T1 dan T2 (TIP 122) dan Optocoupler PC817. Prinsip kerja rangkaian ini adalah dengan mangatur mati-hidupnya ke empat transistor yang digunakan. Sumber tegangan yang dibutuhkan untuk mengoperasikan rangkaian ini adalah 12V yang dihubungkan dengan *emitter* transistor TIP 127 dan *ground* yanng dihubungkan dengan *emitter* transistor TIP 122. *Output* dari rangkaian ini ada diantara *collector* transistor TIP 127 dan transitor TIP122 yang difungsikan sebagai keluaran untuk motor DC.

E. Motor DC

Menurut Syahrul (2014:255), motor DC merupakan sebuah mesin yang berfungsi merubah tenaga listrik menjadi tenaga gerak, dimana tenaga gerak berpa putaran rotor pada motor. Motor DC bekerja berdasarkan prinsip induksi magnetik. Sirkuit internal dari motor DC terdiri dari kumparan atau lilitan

konduktor, setiap alur yang mengalir dibentuk menjadi sebuah *loop* sehingga pada bagian konduktor yang berada didalam magnet pada saat yang sama. Konfigurasi pada konduktor akan menghasilkan distorsi pada medan magnet utama dan menghasilkan gaya dorong pada masing-masing konduktor. Saat konduktor yang ditempatkan pada rotor, gaya dorong yang timbul akan menyebabkan rotor berputar searah jarum jam.

Motor DC merupakan sebuah motor listrik yang kumparan medannya membutuhkan konsumsi tegangan arus searah untuk dirubah menjadi energi gerak mekanik. Motor DC memiliki kumparan medan yang bernama stator dan terdapat kumparan jangkar yang bernama rotor. Stator sendiri merupakan bagian dari motor DC yang tidak berputar sedangkan rotor merupakan bagian motor DC yang berputar. Gambar 6 merupakan bentuk fisik motor DC.



Gambar 6. Motor DC

Motor DC mempunyai tiga komponen utama yaitu kutub medan, current electromagnet atau dinamo dan *commutator*. Kutub medan motor DC dibagi menjadi 2 bagian kutub utara dan kutub selatan, dengan garis magnetik energi membesar melintasi ruang terbuka diantara kutub utara dan selatan. Dinamo berbentuk silinder yang dihubungkan dengan as penggerak untuk menggerakkan beban, dan *communicator* merupakan komponen motor DC yang berfungsi sebagai transmisi arus antara dinamo dengan sumber daya.

F. Lengan Robot

Menurut Jatmika (2011:9-11), kata robot pertama kali diperkenalkan oleh seorang Peneliti dari *Czech* yang bernama Karel pada tahun 1921. Robot berasal dari kata “*robota*” yang dalam bahasa ceko (*chech*) berarti budak atau pekerja. Robot merupakan sebuah perangkat mekanik yang mampu menjalankan tugas-tugas fisik, baik yang masih dikendalikan oleh manusia maupun yang telah dikendalikan secara terprogram terlebih dahulu. Beberapa definisi robot oleh para ahli sebagai berikut:

1. Robot merupakan sebuah manipulator yang dapat di program ulang untuk memindahkan suatu peralatan maupun benda tertentu dengan melakukan program pergerakan dalam berbagai tugas dan juga untuk mengendalikan serta mensinkronkan peralatan dengan pekerjaan yang akan dilakukan, oleh *Robot Institute of America* (Gonzalez, 1987).
2. Robot merupakan sebuah sistem mekanik yang memiliki fungsi untuk gerak dalam misi tertentu, atau kombinasi dari banyak gerak yang di implementasikan menjadi satu kesatuan sistem yang padu, oleh official Japanese. Industri robot dibangun dari tiga dasar (Eugene, 1976), yaitu:
 - a. Struktur mekanik

Struktur mekanik merupakan sebuah bentuk yang terdiri dari sambungan-sambungan mekanik (*link*) dan pasangan-pasangan (*joint*) yang memungkinkan untuk membuat berbagai macam variasi gerak pada lengan robot sehingga dapat disusun sesuai dengan kebutuhan.

b. Sistem kendali

Sistem kendali merupakan sebuah sistem yang dapat berupa kendali tetap (*fixed*) ataupun servo, yang dimaksud dengan kendali tetap yaitu suatu kendali robot yang pengaturan gerakannya mengikuti lintasan (*path*), sedangkan kendali servo merupakan suatu kendali robot yang pengaturan gerakannya dilakukan secara *point to point* (PTP) ataupun perbagian titik servo pada lengan robot yang telah dirancangan.

c. Unit pergerakan (aktuator)

Aktuator merupakan suatu penggerak pada robot yang dapat berupa sebuah hidrolik, pneumatik, elektronik, maupun penggabungan ketiganya dengan transmisi atau tanpa transmisi. Torsi (*force*) dan kecepatan yang tersedia pada aktuator digunakan untuk mengendalikan posisi gerak dan kecepatan gerak pada lengan robot. Mengurangi berat titik pada lengan robot diperlukan aktuator yang ditempatkan tidak pada bagian yang akan digerakkan, tetapi pada sambungan mekanik sebelumnya.

Lengan robot merupakan sebuah jenis robot yang mempunyai konstruksi berbentuk seperti lengan yang terdiri dari beberapa buah motor servo. Lengan robot banyak digunakan pada industri, khususnya industri yang memerlukan berulang-ulang ketepatan dalam bekerja. Lengan robot digunakan untuk mengambil dan memindahkan benda atau barang. Gripper diperlukan untuk mencapit barang yang akan diambil.

G. Motor Servo

Motor servo merupakan jenis motor DC yang dilengkapi rangkaian pengendali dengan prinsip sistem *closed feedback* yang terintegrasi didalam motor. Posisi putaran sumbu (*axis*) dari motor servo selanjutnya akan dinformasikan kembali ke dalam rangkaian pengontrol yang ada. Komponen penyusun motor servo yaitu motor DC, rangkaian kontrol dan potensiometer. Penggunaan potensiometer pada motor servo bertujuan untuk membatasi gerak maksimum putaran sumbu (*axis*), untuk pengaturan sudut pada motor servo menggunakan lebar dan kecilnya pulsa yang diberikan. Gambar 7 merupakan bentuk fisik motor servo.



Gambar 7. Motor Servo

Sumber: <http://elektronika-dasar.web.id/wp-content/uploads/2012/05/motor-servo.jpg>

Motor servo adalah motor yang dapat bekerja dua arah (*Clock Wise* dan *Counter Clock Wise*) dimana arah dan sudut pergerakan rotornya dapat dikendalikan dengan memberi variasi lebar pulsa (*duty cycle*) sinyal PWM pada tiap bagian pin kontrolnya. Jenis motor servo dibagi menjadi dua, yaitu:

1. Motor servo standar 180° merupakan jenis motor servo yang hanya mampu bergerak dua arah (*Clock Wise* dan *Counter Clock Wise*) dengan mempunyai defleksi masing-masing sudah mencapai 90° sehingga defleksi sudut dari kanan-tengah-kiri adalah 180° .
2. Motor servo *continuous* merupakan jenis motor servo yang mampu bergerak dua arah (*Clock Wise* dan *Counter Clock Wise*) tanpa mempunyai batasan defleksi sudut putar (motor servo dapat berputar secara kontinyu). Pulsa yang digunakan untuk mengendalikan motor servo selebar $\pm 20\text{ms}$, dimana pulsa dengan lebar antara 0.5ms dan 2ms merupakan akhir dari range sudut maksimum. Pemberian pulsa pada motor servo sebesar $1,5\text{ms}$, maka akan mencapai sudut gerakan 90° , jika diberikan pulsa kurang dari $1,5\text{ ms}$, maka hasil yang didapat yaitu mendekati posisi 0° , dan jika pulsa yang diberikan lebih dari $1,5\text{ms}$, maka posisi servo mendekati batasan maksimum yaitu 180° .

H. *Wireless Joystick*

Joystick merupakan sebuah inputan yang berwujud tuas dan dapat bergerak kesegala arah. *Joystick* pada umumnya digunakan untuk memainkan video permainan seperti game komputer, playstation dan sebagainya yang dilengkapi dengan beberapa tombol. *Wireless joystick* memiliki fungsi sama dengan *joystick* pada umumnya. Komunikasi *wireless joystick* tidak menggunakan kabel, namun menggunakan pemancar dan penerima dengan jarak maksimum komunikasi sekitar 10 meter. Gambar 8 merupakan bentuk fisik dari *wireless joystick*.



Gambar 8. *Wireless Joystick PS2*

Sumber : <http://www.ebay.com/item/new-black-wireless-shock-game-controller-for-sony-ps2-free-shipping-/331158503936>

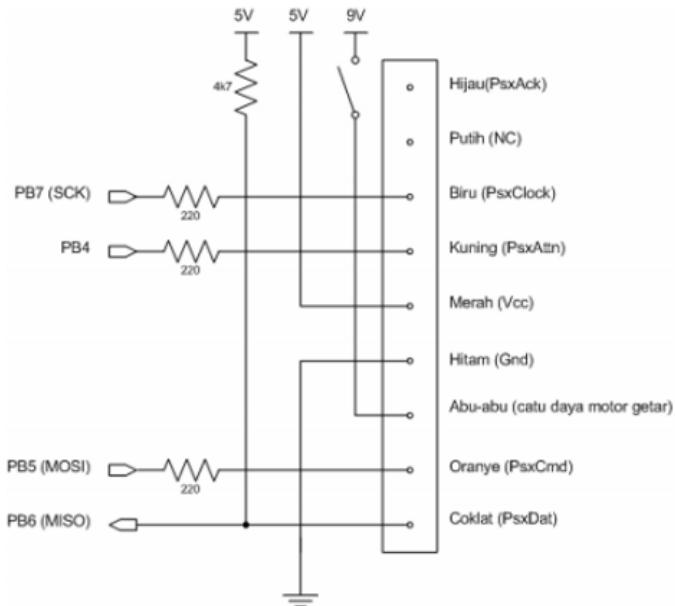
Push button pada *joystick* berfungsi untuk memberi masukan (*input*) dan *common* (pada perancangannya *common* dihubungkan dengan *ground*). Dengan konfigurasi tersebut, jika tombol pada *joystick* ditekan, maka ketiga masukan tersebut akan terhubung atau dengan kata lain kolom dan baris berlogika “0”. Perubahan pada logika ini yang akan diolah oleh mikrokontroler, sehingga diperoleh data yang dijadikan komunikasi antara *joystick* dengan mikrokontroler.

Adapun 9 pin di dalam konektor *joystick* PS2, yaitu:

1. Pin Data
2. Pin Command
3. Pin Vibration Motor Power
4. Pin Ground
5. Pin Power 3.3V
6. Pin Attention

7. Pin Clock
8. Pin Unknownm
9. Pin Acknowledge

Pin *joystick* yang digunakan untuk perancangan sesungguhnya hanya nomor 1,2,4,5,6,7. Cara kerja *joystick* ini disesuaikan dengan protokol akses/komunikasi antara PS2 dan *joystick* PS2. Akses data pada *joystick* ini dapat berupa data yang dikirim bolak-balik dalam bentuk *byte*. Data tersebut berisikan komunikasi sampai informasi tombol yang sedang digunakan atau ditekan, serta untuk kendali analog juga berisikan informasi pembacaan data analog tersebut yaitu axis y dan x. Penyusun kendali analog pada *joystick* terdiri dari dua buah potensiometer dari masing-masing analog yang dimiliki. Gambar 9 merupakan rangkaian antarmuka *joystick* PS2 dengan mikrokontroler.

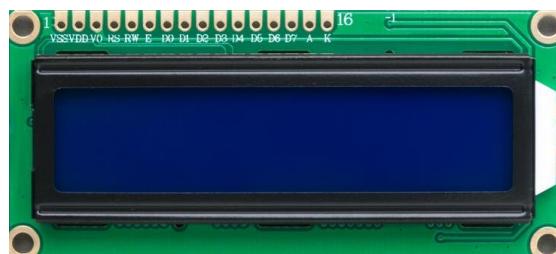


Gambar 9. Rangkaian Antarmuka *Joystick* dengan Mikrokontroler

Sumber : <http://jhorobin.blogspot.co.id>

I. LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD (*Liquid Crystal Display*) merupakan salah satu jenis komponen elektronika yang difungsikan sebagai penampil suatu data, baik huruf, karakter maupun grafik yang cara pengoperasiannya menggunakan sistem dot matriks. Tampilan LCD yang telah tersedia dalam suatu bentuk modul yaitu tampilan LCD beserta dengan rangkaian yang ada didalamnya LCD mempunyai pin data, kontrol, catu daya dan pengatur kontras tampilan (Andrianto,2008:69). Pada pemrograman tampilan LCD menggunakan mikrokontroler yang telah diberikan suatu program sesuai dengan kebutuhan. Teknologi pembuat LCD yaitu CMOS logic yang mempunyai prinsip kerja memantulkan cahaya yang berada disekelilingnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *back-lit*). Gambar 10 merupakan bentuk fisik dari LCD



Gambar 10. *Liquid Crystal Display*

Sumber: <https://www.thingbits.net/products/standard-lcd-16x2-display>

Tabel 1. Konfigurasi pin LCD 16x2

No.	Symbol	Level	Description
1	VSS	0V	Ground
2	VDD	5V	Supply Voltage for logic
3	VO	(Variable)	Operating Voltage for LCD
4	RS	H/L	H:DATA, L: instruction code

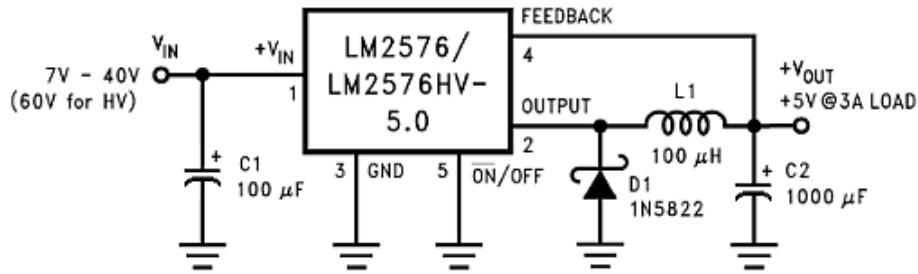
5	R/W	H/L	H:Read(MPU←Module)L:Write(MPU→Module)
6	E	H,H/L	Chip enable signal
7	D0	H/L	Data bus 0
8	D1	H/L	Data bus 1
9	D2	H/L	Data bus 2
10	D3	H/L	Data bus 3
11	D4	H/L	Data bus 4
12	D5	H/L	Data bus 5
13	D6	H/L	Data bus 6
14	D7	H/L	Data bus 7
15	A	4.2-4.6V	Anoda Backlight LED
16	K	0V	Katoda Backlight LED

Tabel 1 merupakan fungsi dari kaki-kaki LCD 16x2. pada praktik secara nyata RW biasanya diberi logika rendah “0” atau disambungkan langsung ke ground. Bus data yang digunakan terdiri dari 4 bit dan 8 bit. Jika jalur data yang digunakan 4 bit, maka pin yang digunakan yaitu pin D4 sampai dengan pin D7. Fungsi kontrol EN pada LCD sebagai media informasi yang memberitahu LCD tersebut bahwa mikrokontroler yang digunakan mengirimkan data ke LCD. Pengaturan EN pada kondisi *high* “1” berfungsi untuk mengirimkan data ke LCD program dalam mikrokontroler dan kemudian mengatur dua jalur kontrol yaitu RS dan R/W berguna untuk mengirimkan data ke jalur bus.

J. Catu Daya

Catu daya merupakan suatu rangkaian elektronika yang dapat menghasilkan keluaran tegangan yang stabil, tegangan yang dikeluarkan dapat berupa tegangan AC maupun tegangan DC. Tegangan catu daya suatu rangkaian elektronik yang berubah-ubah besarnya baik berubah mengecil maupun membesar dapat berpengaruh terhadap rangkaian elektronika yang dicatunya. Oleh karena itu, dibutuhkan regulator catu daya dengan keluaran yang stabil. Salah satu IC regulator penstabil tegangan yang digunakan adalah IC LM2576.

LM2576 merupakan jenis IC regulator tegangan monolitik yang memberikan semua fungsi aktif sebuah *step-down switching regulator*. IC regulator ini mampu menggerakkan beban hingga 3A dengan batasan yang sangat baik. Tipe keluaran tegangan dari regulator ini terdiri dari dua jenis yaitu *fixed* dan *adjustable*. Tipe tegangan keluaran *fixed* diantaranya 3.3V, 5V, 12V dan 12V, IC regulator ini memerlukan komponen tambahan seperti 2 kapasitor polar, satu inductor dan satu diode schottky. Tipe *adjustable* juga membutuhkan komponen tambahan yaitu dua buah resistor sebagai pembagi tegangan. IC regulator ini memiliki kompensasi internal dan sebuah osilator frekuensi tetap dengan besar 52 KHz. Rangkaian penstabil tegangan menggunakan IC LM2576 dengan keluaran tegangan tetap sebesar 5V dan mampu menahan beban hingga arus 3A. Gambar 11 merupakan rangkaian catu daya DC to DC LM2576-5.0.



Gambar 11. Rangkaian DC to DC LM2576-5.0

Sumber: Texas Instruments (2016, p.1)

K. Mikrokontroler ATmega1284

Menurut Chamim (2012), Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer yang seluruh atau sebagian besar elemennya dikemas dalam satu chip IC, sehingga sering disebut single chip microcomputer. Mikrokontroler merupakan sistem komputer yang mempunyai salah satu atau beberapa tugas yang sangat spesifik. Menurut Afrie Setiawan (2011), Mikrokontroller merupakan suatu IC dengan kepadatan yang sangat tinggi, dimana semua bagian yang diperlukan untuk suatu kontroler sudah dikemas dalam satu keping, biasanya terdiri dari CPU (*Central Processing Unit*), RAM (*Random Access Memory*), EEPROM/EPROM/PROM/ROM, I/O, Serial & Parallel, Timer, Interupt Controller.

Menurut Muhammad Syahwil (2013), Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer fungsional dalam sebuah chip. Di dalamnya terkandung sebuah biasanya terdiri dari CPU (*Central Processing Unit*), RAM (*Random Access Memory*), EEPROM/ EPROM/PROM/ROM, I/O, *Serial & Parallel, Timer, Interupt Controller*. Mikrokontroler adalah salah satu dari bagian dasar dari suatu sistem komputer meskipun mempunyai bentuk yang jauh lebih kecil

dari suatu komputer pribadi dan komputer mainframe, mikrokontroler dibangun dari elemen-elemen dasar yang sama.

Berdasarkan definisi diatas dapat disimpulkan bahwa mikrokontroler merupakan sebuah sistem komputer yang dikemas menjadi satu chip yang didalamnya terkandung CPU (*Central Processing Unit*), RAM (*Random Access Memory*), EEPROM/ EPROM/PROM/ROM, I/O, *Serial & Parallel, Timer, Interupt Controller* dimana setiap bagianya memiliki fungsi masing-masing. Mikrokontroler digunakan untuk mengedalikan atau mengontrol rangkaian elektronik yang telah dibuat menjadi suatu sistem.

Chip mikrokontroler yang digunakan untuk tugas akhir ini ATmega1284. Mikrokontroler ATmega1284 merupakan mikrokontroler keluarga Atmel yang mempunyai kapasitas *flash* memorori 128 KBytes. Mikrokontroler ini memiliki arsitektur RISC (*Reduce Instruction Set Computer*) dimana setiap proses eksekusi data lebih cepat jika dibandingkan dengan arsitektur CISC (*Completed Instruction Set Computer*).

1. Spesifikasi mikrokontroler ATmega1284

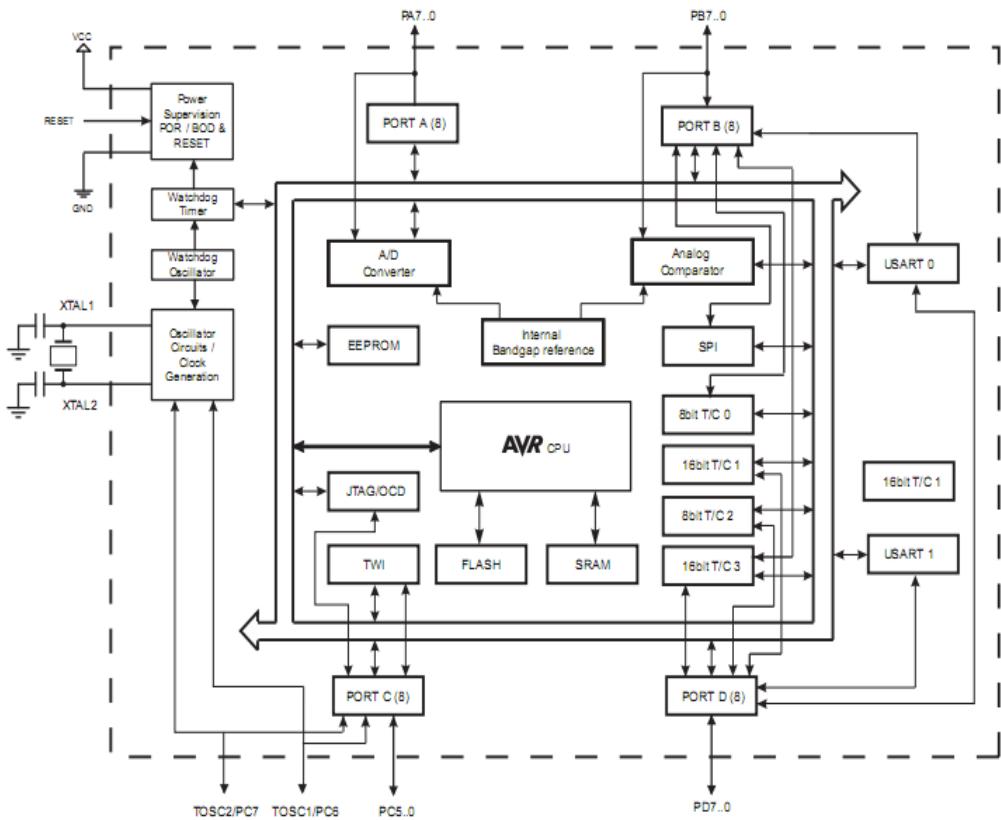
Mikrokontroler ATmega1284 memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- a. Sauran I/O sebanyak 32 buah, yaitu Port A, Port B, Port C dan Port D.
- b. Memiliki ADC 10-bit dengan 8 saluran.
- c. 2 buah Timer/counter 8-bit dan 2 buah Timer/Counter 16-bit.
- d. 8 saluran PWM.
- e. Internal SRAM sebesar 16 KBytes.
- f. Memory *flash* sebesar 128 KBytes.

- g. Interupsi internal dan eksternal.
- h. Port antarmuka SPI.
- i. EEPROM sebesar 4 KBytes.
- j. Real time counter dengan osilator separator.
- k. 2 buah port USART untuk komunikasi serial.
- l. Analog komparator didalam chip.
- m. Tegangan operasional 4.5-V5.5V.

2. Block Diagram ATmega1284

Gambar 12 menunjukkan gambaran blok diagram dari mikrokontroler ATmega1284 secara keseluruhan.

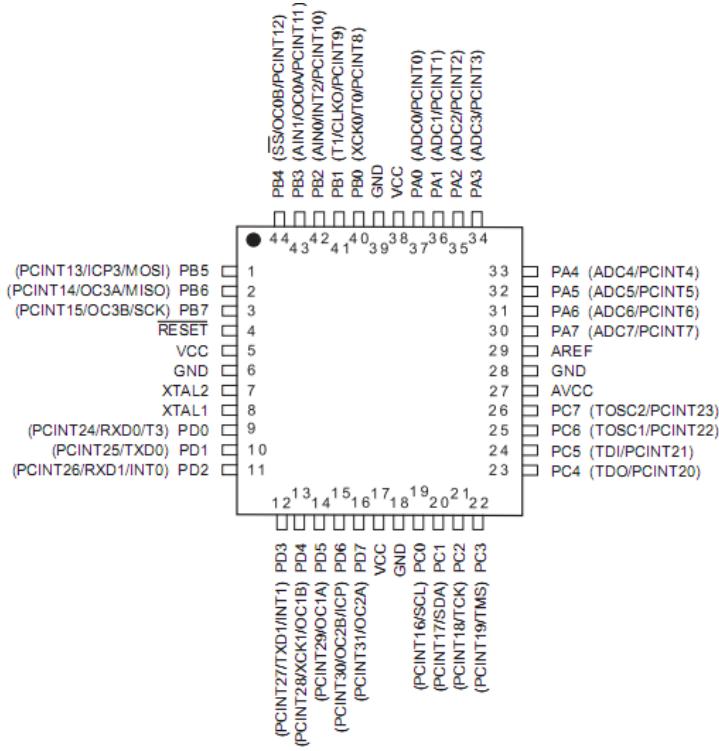


Gambar 12. Blok Diagram Mikrokontroler ATmega1284

Sumber: Atmel (2011, p.3)

3. Konfigurasi Pin Mikrokontroler ATmega1284

ATmega1284 mempunyai 32 jalur yang bisa digunakan sebagai *input/output*. ATmega1284 terdiri dari 4 buah *port* yang memiliki fungsi masing-masing. Gambar 13 merupakan konfigurasi pin mikrokontroler ATmega1284.



Gambar 13. Konfigurasi Pin Mikrokontroler ATmega1284

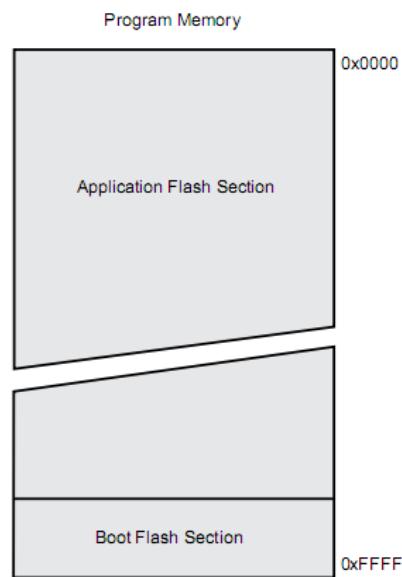
Sumber: Atmel (2011, p.2)

Berdasarkan konfigurasi pin mikrokontroler ATmega1284 pada Gambar 13 dapat dijelaskan secara fungsional sebagai berikut:

- a. VCC merupakan pin yang berfungsi sebagai pin masukan catu daya.
- b. GND merupakan pin yang berfungsi sebagai ground.
- c. Reset digunakan untuk mereset mikrokontroler.
- d. Port A (PA0-PA7) sebagai ADC dan *input/output* 2 arah.

- e. Port B (PB0-PB7) sebagai input/output 2 arah.
 - f. Port C (PC0-PC7) sebagai input/output 2 arah.
 - g. Port D (PD0-PD7) sebagai input/output 2 arah.
4. Peta Memori Mikrokontroler ATmega1284

Arsitektur mikrokontroler ATmega1284 memiliki ruang pengalamatan memori data dan memori program yang terpisah. Selain itu, mikrokontroler ATmega1284 memiliki fitur sebuah memori EEPROM yang berfungsi untuk menyimpan data hingga 4 KBytes. Penyimpanan data dalam *chip* mampu menyimpan data hingga 128 KBytes pada sistem *reprogramming flash memory*. Flash memori mikrokontroler ATmega1284 memiliki daya tahan hingga 10.000 *flash write/Etare/100.000 EEPROM*. Gambar 14 menunjukkan memori program pada mikrokontroler ATmega1284.



Gambar 14. Memori Program Mikrokontroler ATmega1284

Sumber: Atmel (2011, p.17)

Memori data pada mikrokontroler ATmega1284 terbagi menjadi 32 register, 64 register I/O, dan 16KBytes SRAM data internal yang seluruhnya dapat diakses melalui semua mode pengalamatan.

5. Status Register

Status register merupakan register yang berisi status hasil yang didapatkan dari setiap instruksi operasi bersyarat. SREG merupakan bagian inti dari CPU mikrokontroler. Gambar 15 menunjukkan *status register* pada mikrokontroler ATmega1284.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
0x3F (0x5F)	I	T	H	S	V	N	Z	C	SREG
Read/Write	R/W								
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Gambar 15. Status Register Mikrokontroler ATmega1284

Sumber: Atmel (2011, p.9)

a. Bit 7-I : *Global Interrupt Enable*

Set bit terlebih dahulu untuk mengaktifkan interupsi bit, setelah interupsi dapat diaktifkan mana yang akan digunakan dengan cara mengaktifkan bit kontrol register secara terpisah/individu. Bit akan dikenakan operasi *clear* apabila terjadi suatu intrupsi yang dipicu oleh hardware dan bit tidak mengijinkan terjadinya interupsi serta akan di set kembali oleh interuksi RETI. Bit dapat di set dan *clear* menggunakan aplikasi dengan SEI dan CLI.

b. Bit 6-T : *Bit Copy Storage*

Bit *copy* merupakan instruksi BLD (Bit load) dan BST (Bit Store) menggunakan bit-T sebagai tujuan dalam operasi bit. Suatu bit dari

sebuah file register dapat disalin kedalam bit T menggunakan instruksi BST dan bit T dapat disalin ke setiap bit dalam register menggunakan instruksi BLD.

c. Bit 5-H : *Half Carry Flag*

Half Carry Flag H menunjukkan *Half Carry* dalam beberapa operasi aritmatika. *Half Carry* digunakan dalam aritmatika BLD.

d. Bit 4-S : *Sign Bit*

Bit S selalu eksklusif berada diantara *Flag N (negative)* dan *Flag V* (komponen kedua *overflow*).

e. Bit 3-V : *Two's Complement Overflow Flag*

Two's Complement Overflow Flag V berfungsi untuk mendukung dua komolemen aritmatika.

f. Bit 2-N : *Negative Flag*

Negative Flag N menghasilkan bilangan negatif dalam aritmatika atau operasi logika.

g. Bit 1-Z : *Zero Flag*

Zero Flag menghasilkan bilangan 0 (nol) dalam aritmatika atau operasi logika.

h. Bit 0-C : *Carry Flag*

Carry Flag menghasilkan bilangan carry dalam aritmatika atau operasi logika.

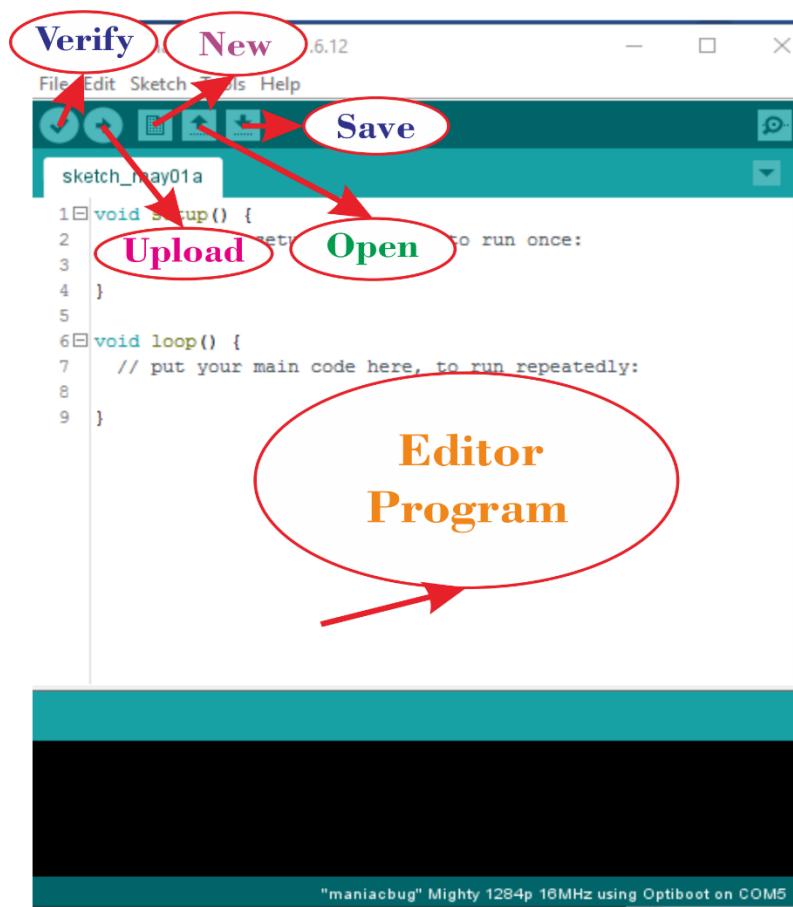
L. *Software Mikrokontroler*

1. *Software Arduino IDE*

Menurut Sulaiman (2012:1), *software* Arduino merupakan *software open source* sehingga dapat di download secara gratis pada web Arduino. Pemrograman pada Arduino tidak sebanyak tahapan jika dibandingkan dengan mikrokontroler konvensional karena Arduino diciptakan untuk para pemula bahkan untuk yang tidak memiliki basic bahasa pemrograman sama sekali karena menggunakan bahasa C++ yang telah dipermudah melalui *library*. *Software* Arduino IDE menggunakan *software processing* yang digunakan untuk menuliskan program kedalam Arduino. *Processing* merupakan penggabungan antara bahasa C++ dan Java. *Software* Arduino IDE ini dapat di *install* di berbagai *operating system* (OS) seperti: LINUX, Mac OS, Windows. *Software* IDE Arduino terdiri dari 6 (enam) bagian yaitu:

- a. *Editor program*, merupakan sebuah tampilan yang memungkinkan pengguna menuliskan dan mengedit program.
- b. *Verify/Compiler*, merupakan sebuah tombol akses yang digunakan untuk melihat atau mengecek barisan program yang *error*.
- c. *Uploader*, merupakan sebuah tombol akses yang digunakan untuk mengupload program yang telah di buat di *editor program* kedalam mikrokontroler yang digunakan dengan mengubah bahasa program kedalam bahasa mesin yang dapat dimengerti oleh mikrokontroler .

- d. *New*, merupakan sebuah tombol akses yang digunakan untuk membuat editor program yang baru.
- e. *Open*, merupakan sebuah tombol akses yang digunakan untuk membuka lembar kerja atau editor program yang telah disimpan.
- f. *Save*, merupakan sebuah tombol akses yang digunakan untuk menyimpan lembar kerja atau editor program yang telah dibuat.



Gambar 16. Tampilan *software* Arduino IDE

Gambar 16 berisikan menu bar, toolbar, editor program (*sketch*), progres area, dan status bar. *Software* Arduino dapat dijalankan dengan berbagai macam platform karena didukung atau berbasis Java. *Source*

program yang dibuat untuk aplikasi mikrokontroler adalah bahasa C/C++ dan dapat digabungkan dengan assembly.

2. Struktur

Setiap program Arduino (bisa disebut *sketch*) mempunyai dua buah fungsi yang harus ada. Antara lain:

- a. void setup () { }

Semua kode dalam kurung kurawal akan dijalankan hanya satu kali ketika program Arduino untuk pertama kalinya.

- b. void loop () { }

Fungsi ini akan dijalankan setelah setup (fungsi void setup) selesai. Setelah dijalankan satu kali fungsi ini akan dijalankan lagi, dan lagi secara terus menerus sampai catu daya (*power*) dilepaskan.

BAB III

KONSEP RANCANGAN

A. Identifikasi Kebutuhan

Tahapan untuk pembuatan prototipe *forklift omnidirectional wheel* dan lengan robot berbasis mikrokontroler ATmega1284 dan *joystick*. Komponen yang dibutuhkan sebagai berikut.

1. Pengendali jarak jauh untuk mengendalikan prototipe *forklift*.
2. Rangkaian mikrokontroler sebagai pengolah data rangakaian prototipe *forklift*.
3. Motor servo sebagai bagian dari lengan robot untuk mengambil, mengangkat dan meletakkan barang.
4. Driver untuk menggerakkan motor DC.
5. Motor DC dan *omnidirectional wheel* sebagai aktuator dari mobilitas prototipe *forklift* dalam memindahkan barang.
6. Media penampil untuk menampilkan data indikator baterai Li-Po dan informasi.
7. Rangkaian catu daya untuk pemberi tegangan rangkaian prototipe *forklift*.
8. Media pendukung untuk menyusun mekanik prototipe *forklift*.

B. Analisis Kebutuhan

Berdasarkan analisis kebutuhan diatas, maka diperoleh beberapa analisis kebutuhan terhadap pengembangan alat yang akan dibuat sebagai berikut:

1. Pengendali Jarak Jauh

Pengendali jarak jauh yang digunakan pada alat ini menggunakan *wireless joystick* playstation 2 yang terdiri dari *joystick transmitter* dan *receiver*. *Wireless joystick* sendiri mempunyai batas maksimum untuk komunikasi data sampai dengan 10m.

2. Mikrokontroler

mikrokontroler dibutuhkan dalam tugas akhir ini untuk mengolah data dari masukan yang kemudian dolah untuk mengaktifkan *output*. Mikrokontroler yang digunakan pada pembuatan tugas akhir ini menggunakan mikrokontroler ATmega1284 yang memiliki 32 pin *Input/Output* yang bersifat *programmable* sehingga dapat memenuhi kebutuhan, kristal yang digunakan untuk membuat rangkain tersebut 16 MHz. ATmega1284 memiliki 6 pin port PWM dimana dibutuhkan untuk mengakses keluaran motor DC. Komunikasi SPI yang digunakan untuk mengakses *wireless joystick* playstation 2. Pemrograman pada mikrokontroler ini menggunakan bahasa C.

3. Motor Servo

Motor servo pada tugas akhir ini dibutuhkan untuk membuat serangkaian lengan robot yang terdiri dari 4 buah servo. 3 buah servo sebagai lengan robot dan 1 buah servo sebagai gripper atau pencapit robot. Penyusunan antar servo satu dan yang lain menggunakan akrilik yang telah didesain sedemikian rupa sesuai dengan kebutuhan. Untuk motor servo ini membutuhkan konsumsi tegangan 5V.

4. Driver Motor

Driver motor DC digunakan untuk mengendalikan putaran dan arah motor DC. Driver motor yang digunakan pada tugas akhir ini menggunakan driver motor H-bridge transistor. Pemilihan driver motor ini dikarenakan memiliki beban maksimal operasional sekitar 5A dan dirasa cocok untuk menjalankan motor DC.

5. Aktuator Gerak

Aktuator gerak prototipe *forklift* diperlukan sebagai mobilitas dalam mendistribusikan barang. Dalam tugas akhir ini menggunakan motor DC brassless yang sudah dilengkapi gearbox. Pemilihan motor DC jenis ini dikarenakan motor DC ini memiliki kecepatan putar motor dan torsi yang cukup sehingga mampu menahan beban dari prototipe *forklift*. Konsumsi tegangan yang diperlukan untuk mensupply motor DC agar dapat bekerja dengan baik adalah 12V. Kombinasi antara motor DC dengan *omnidirectional wheel* akan mengasilkan gaya gerak yang baik yang mampu menjangkau seluruh sudut.

6. Penampil Data

Penampil data digunakan untuk menampilkan informasi dari prototipe *forklift omnidirectional wheel*, pada alat ini menggunakan LCD karakter 16x2 sebagai mana berfungsi untuk media informasi dari kondisi tegangan baterai dan sudut gerak *forklift*.

7. Rangkaian Catu Daya

Catu daya diperlukan untuk memberikan dengan keluaran tegangan 5V dan 3.3V. Pemilihan IC regulator LM2576-5.0 dikarenakan IC regulator tersebut dapat menstabilkan tegangan 5V meskipun tegangan masukan berubah. IC regulator LM2576-5.0 merupakan sebuah regulator tegangan fixed dan merupakan IC *step-down switching regulator*. IC ini mampu bekerja hingga batas beban 3A. Penggunaan IC regulator LM2576-3.3 untuk mensuplai tegangan *receiver joystick* dikarenakan untuk dapat bekerja membutuhkan tegangan 3.3V.

8. Media Pendukung

Media pendukung diperlukan rancangan mekanik badan dan mekanik lengan. Penggunaan akrilik 3mm sebagai bahan dari pembuatan mekanik badan dan lengan robot dikarenakan cukup ringan dan proses pencetakannya mudah, serta diperlukan mur dan baut untuk mendukung penggabungan rancangan mekanik bodi dengan mekanik lengan robot maupun komponen lainnya.

C. Blok Diagram Rangkaian

Blok diagram terdiri dari *input*, *controller*, *output* dan catu daya. Pembuatan alat pada proyek akhir ini melibatkan beberapa rancangan. Perancangan dari bagian-bagian blok ditunjukkan pada Gambar 14.

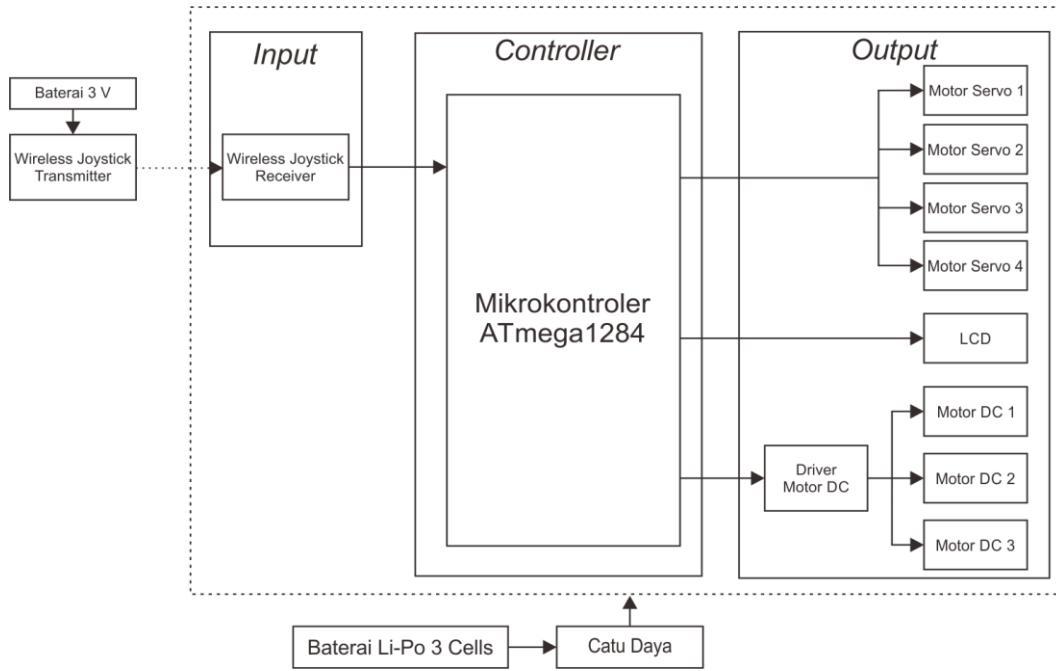
Blok masukan terdiri dari pengendali kerja robot yaitu *wireless joystick*. *Wireless joystick* berfungsi untuk mengendalikan seluruh gerak dari prototipe *forklift* ini. Komunikasi yang digunakan antara mikrokontroler dengan *wireless*

joystick merupakan komunikasi SPI yaitu dengan memanfaatkan pin sck, reset, miso dan mosi serta tegangan untuk catu daya ke *receiver joystick*.

Blok *controller* terdiri dari sebuah mikrokontroler sebagai pengolah data dan mengendalikan semua rangkaian, setelah berkomunikasi dengan *wireless joystick* yang kemudian data yang didapatkan diolah untuk mengendalikan perangkat pada bagian *output*. Mikrokontroler akan mengatur mana saja yang digunakan untuk menghasilkan *output* yang sesuai dengan harapan.

Blok *output* yang terdiri dari 3 buah jenis *output* yaitu motor servo, tampilan LCD dan motor DC. Motor servo yang telah disusun menyerupai lengan robot berfungsi untuk pengkondisi barang mulai dari mengambil hingga barang telah dipindahkan pada tempat yang telah ditentukan. LCD digunakan untuk menampilkan data dan informasi. Motor DC dan *omnidirectional wheel* digunakan sebagai aktuator gerak dari alat ini. Pemanfaatkan port PWM pada mikrokontroler dan program PWM pada perancangan *software* akan berpengaruh terhadap kecepatan putar 3 buah motor DC.

Catu daya terdiri dari sebuah baterai Li-Po yang berfungsi sebagai sumber tegangan dan catu daya itu sendiri yang tersusun oleh regulator IC LM2576 yang digunakan untuk memberikan tegangan ke semua rangkaian. Gambar 17 merupakan blok diagram rangkaian.



Gambar 17. Blok Diagram Rangkaian

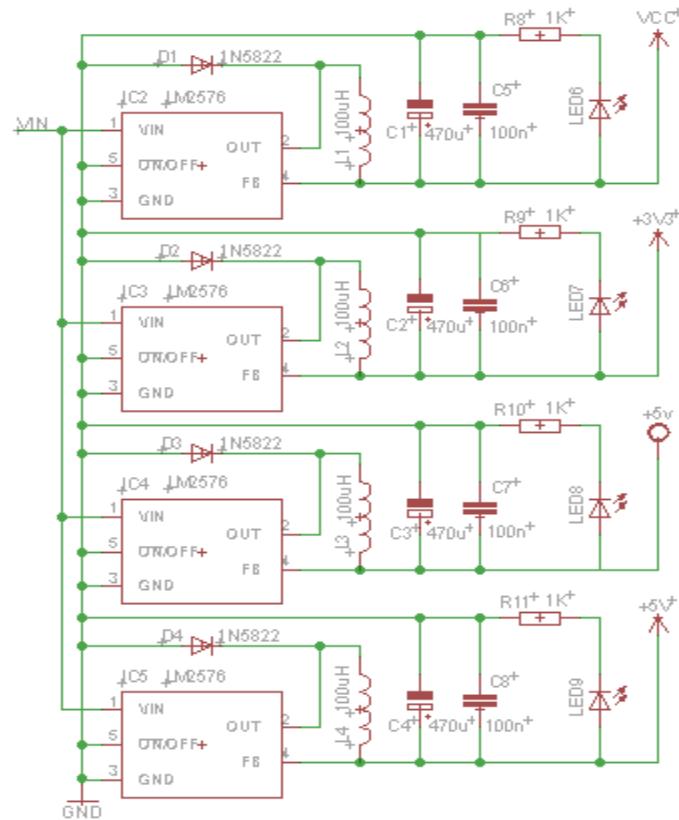
D. Perancangan Sistem

Perancangan prototipe *forklift omnidirectional wheel* dan lengan robot berbasis mikrokontroler ATmega1284 dan *joystick* terbagi menjadi beberapa bagian yaitu:

1. Rangkaian Catu Daya

Sumber tegangan pada *forklift omnidirectional wheel* dan lengan robot menggunakan tegangan dari baterai Li-Po (*Lithium Polymer*) 1300 mAh. Baterai ini terdiri dari 3 buah *cells* yang dimana masing-masing *cell* mempunyai tegangan 3.7V, baterai dirangkai secara seri dan disusun untuk menjadikan sebuah baterai yang menghasilkan tegangan 11,1V. Penggunaan baterai pada alat ini dikarenakan mempunyai ukuran fisik yang kecil dan mempunyai arus yang cukup besar. Baterai dan catu daya dibutuhkan untuk memberikan sumber tegangan bagi seluruh rangkaian.

Rangkaian catu daya dibutuhkan karena untuk rangkaian *controller*, servo dan driver motor membutuhkan tegangan 5V serta *receiver joystick* membutuhkan tegangan 3,3V, sehingga diperlukan penurun tegangan dan penstabil tegangan. Komponen yang digunakan pada rangkaian catu daya ini adalah IC regulator *switching* LM2576-5.0 dan LM2576-3.3. Penggunaan IC jenis ini mampu menghasilkan tegangan *fixed* 5V untuk yang IC LM2576-5.0 dan *fixed* 3.3V untuk IC LM2576-3.3 dan mempunyai batasan arus yang cukup besar hingga 3A. Selain IC tersebut juga diperlukan komponen pendukung pada rangkaian sehingga rangkaian catu daya berfungsi dengan baik dan menghasilkan tegangan sesuai dengan IC yang digunakan. Gambar 18 merupakan rangkaian catu daya.



Gambar 18. Rangkaian Catu Daya

2. Rangkaian Indikator Baterai Li-Po

Rangkaian indikator baterai Li-Po merupakan rangkaian yang berfungsi untuk mengetahui tegangan baterai Li-Po (*Lithium Polymer*) yang digunakan pada alat ini. Rangkaian tersebut merupakan rangkaian pembagi tegangan. Prinsip kerja dari rangkaian tersebut adalah membagi tegangan *output*. Rumus perhitungannya tegangan V_{in} yang dialiri tegangan dari baterai sebagai berikut:

$$V_{in} = I * R_{Total}$$

$$R_{Total} = R_1 + R_2$$

$$I_1 = I_2 = I$$

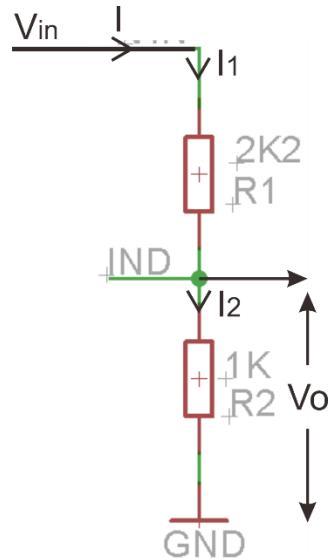
$$V_{in} = I * (R_1 + R_2)$$

$$I_1 = V_1 / (R_1 + R_2)$$

$$V_{in} = V_1 / R_1 * (R_1 + R_2)$$

$$V_o = R_2 / (R_1 + R_2) * V_{in}$$

Pengolahan rangkaian sebagai indikator baterai memanfaatkan ADC (*Analog Digital Converter*) pada mikrokontroler sehingga mendapatkan hasil yang ditampilkan pada LCD karakter 16x2. Gambar 19 merupakan rangkaian indikator baterai Li-Po.

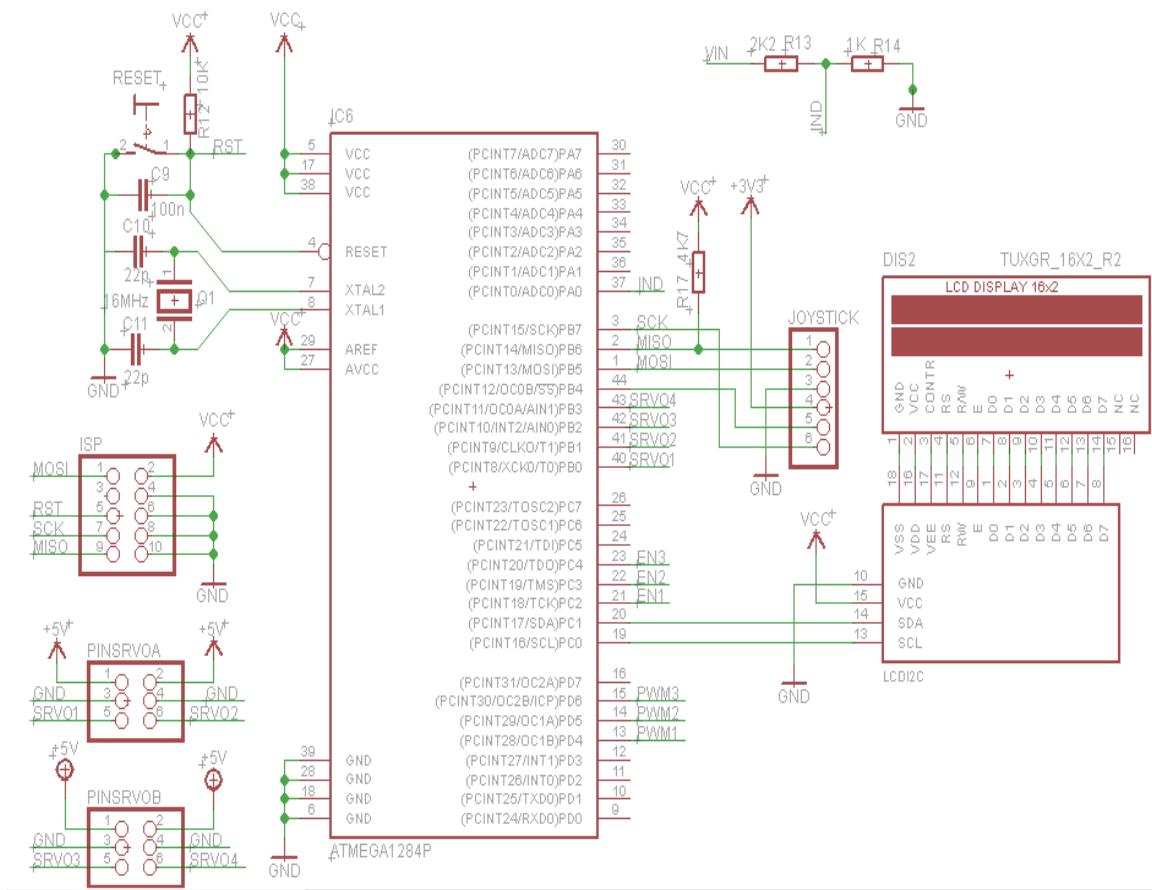


Gambar 19. Rangkaian Indikator Baterai Li-Po

3. Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler

Rangkaian sistem minimum merupakan rangkaian yang dimana IC ATmega1284 sebagai otak dan *Controller* utama dan komponen seperti *oscillator/crystal*, resistor, kapasitor, led, push button dan komponen lainnya sebagai pendukung bekerjanya mikrokontroler.

ATmega1284 terdiri dari 4 buah Port yang dimana bisa digunakan sebagai *input* ataupun *output*. Port A digunakan untuk membaca ADC indikator tegangan baterai Li-Po. Port B difungsikan sebagai membaca dan mengakses *receiver joystick* dan sebagai pengendali motor servo. Port C digunakan untuk berkomunikasi dengan LCD yang menggunakan komunikasi I2C dan data motor DC. Port D difungsikan untuk mengendalikan PWM driver motor DC. Gambar 20 merupakan rangkaian sistem minimum ATmega1284.



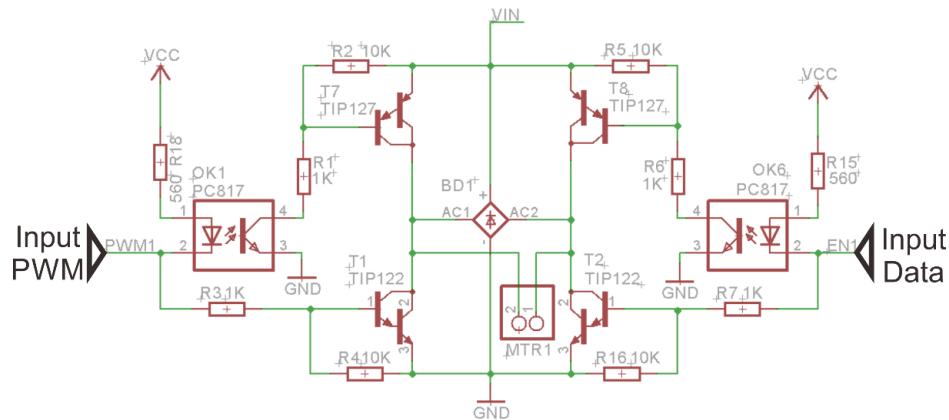
Gambar 20. Rangkaian Sistem Minimum ATmega1284

4. Rangkaian Driver Motor

Rangkaian driver motor dibutuhkan supaya data keluaran dari mikrokontroler yang hanya mempunyai level tegangan 5V dapat menggerakkan motor DC yang beroperasi pada tegangan 12V. Driver motor yang digunakan adalah jenis driver motor H-bridge dimana menggunakan transistor PNP (TIP 127), NPN (TIP 122) dan optocupler. Prinsip kerja dari rangkaian driver motor ini yaitu ketika optocupler pada pwm1 diberikan input 0 dan en1 diberikan input 1, maka optocupler akan bekerja sebagai saklar, kemudian transistor PNP J7 akan bekerja dan transistor NPN T2 akan berkeja dan motor akan hidup begitupun sebaliknya. Apabila input dari

pwm1 dan en1 sama 0/1, maka transistor PNP J7 dan PNP T8 atau NPN J1 dan NPN T2 bekerja secara bersamaan maka motor DC tidak bergerak. Keluaran driver motor ini hanya untuk mengendalikan 1 buah motor DC. Proyek akhir ini membutuhkan 3 buah keluaran dan 3 buah masukan driver motor yang dapat digunakan untuk mengendalikan 3 buah motor DC.

Gambar 21 merupakan rangkaian driver motor DC.



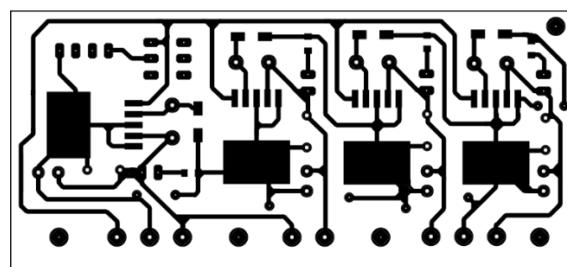
Gambar 21. Rangkaian Driver Motor DC

Sumber : <https://nurimamprayogo.files.wordpress.com/2015/07/driver-motor-tip122-127.jpg>

E. Langkah Pembuatan Alat

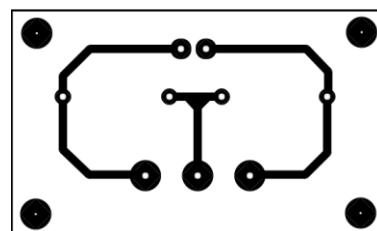
Langkah pembuatan prototipe *forklift omnidirectional wheel* dan lengan robot dibagi menjadi beberapa tahapan.

1. Membuat PCB Rangkaian



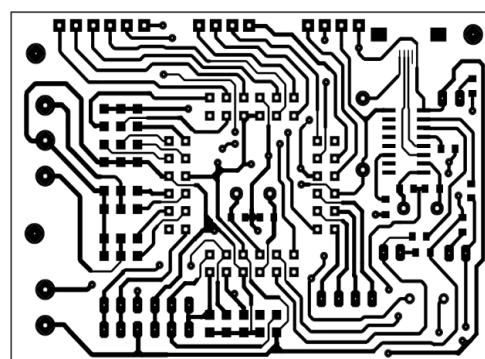
Gambar 22. PCB Catu Daya

Gambar 22 merupakan gambar PCB rangkaian catu daya dari hasil perancangan yang telah dibuat.



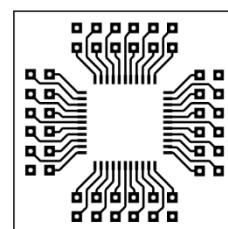
Gambar 23. PCB Indikator Baterai Li-Po

Gambar 23 merupakan gambar PCB indaktor baterai dari hasil perancangan yang telah dibuat.



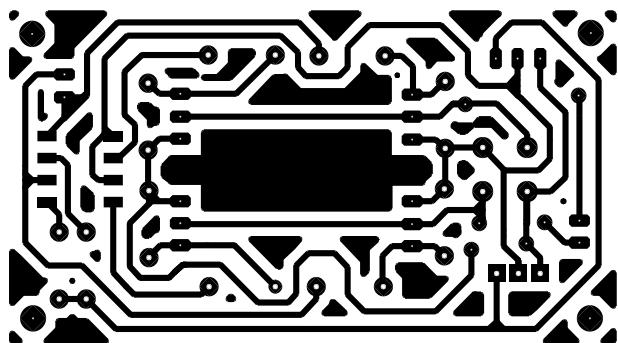
Gambar 24. PCB Sistem Minimum ATmega1284

Gambar 24 merupakan gambar PCB sistem minimum ATmega1284 dari hasil perancangan yang telah dibuat.



Gambar 25. PCB IC Mikrokontroler ATmega1284

Gambar 25 merupakan gambar PCB mikrokontroler ATmega1284 dari hasil perancangan yang telah dibuat.



Gambar 26. PCB Driver Motor H-bridge

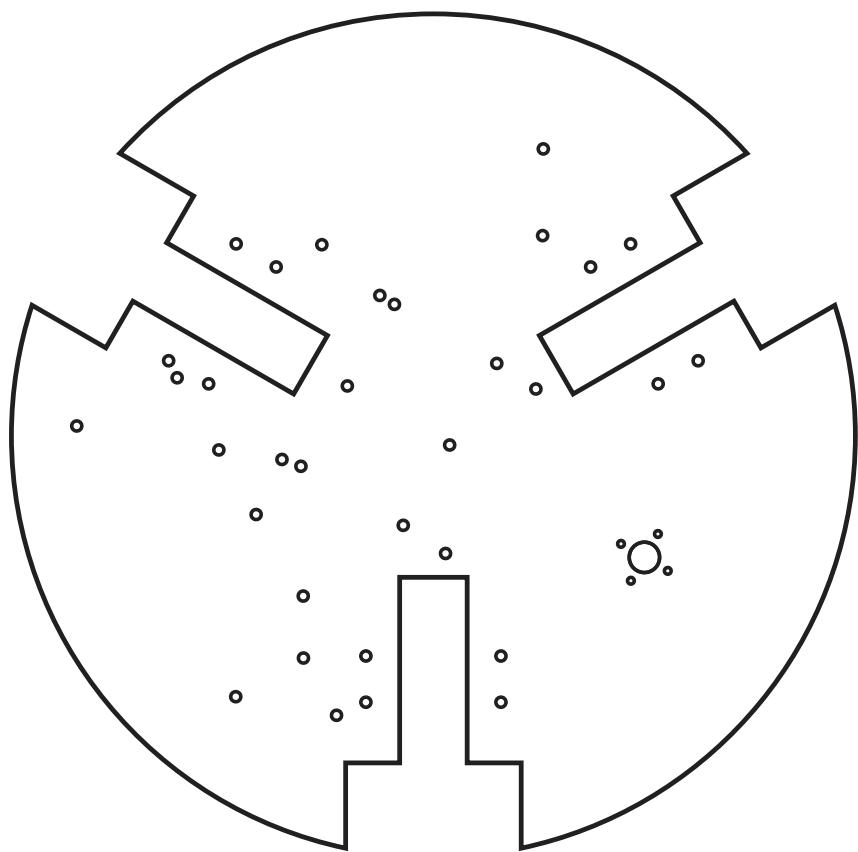
Gambar 26 merupakan gambar PCB driver motor H-bridge dari hasil perancangan yang telah dibuat.

Langkah-langkah yang harus dilakukan untuk pembuatan PCB rangkaian sebagai berikut.

- a. Mempersiapkan alat dan komponen yang dibutuhkan untuk pembuatan rangkaian
- b. Membuat PCB rangkaian pada ARES Proteus, setalah selesai export ke dalam PDF, kemudian mengedit menggunakan corel draw dan menggabungkan rangkaian tersebut pada satu kertas, selanjutnya
- c. Mencetak desain corel tersebut, setelah itu potong rangkaian yang akan di cetak terlebih dahulu,
- d. Memotong PCB sesuai dengan ukuran gambar PCB rangkaian yang akan di cetak,
- e. Membersihkan lapisan yang masih melapisi tembaga PCB dengan menggunakan *steel wool*, lalu kemudian bersihkan sisa kotoran yang menempel,
- f. Menempelkan kertas gambar PCB diatas, lalu kemudian disetrika,

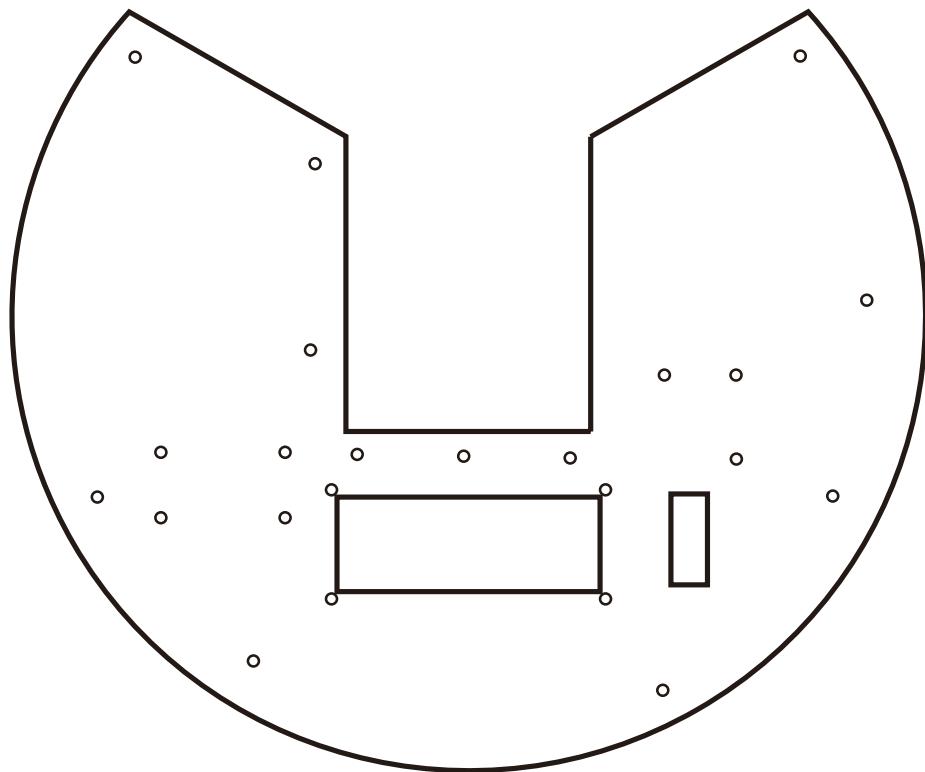
- g. Memberishkan kertas yang masih menempel menggunakan air,
 - h. Melarutkan PCB yang sudah ada tinta layout dengan menggunakan flericlorite yang dicampur dengan air hingga tidak ada tembaga selain yang terlapisi oleh tinta,
 - i. Membersihkan PCB yang bertinta dengan *steel wool* dan air, dan melobangi dengan menggunakan bor PCB sesuai dengan kebutuhan,
 - j. Memasangkan komponen sesuai dengan kebutuhan dan menyolder komponen pada PCB sesuai dengan layout yang telah dibuat,
 - k. Mengulang langkah langkah tersebut hingga selesai pembuatan PCB rangkaian,
 - l. Setelah selesai, melakukan pengencekan rangkaian menggunakan multimeter,
 - m. Melakukan ujicoba rangkaian dan *troubleshooting* rangkaian,
 - n. Setelah pembuatan rangkaian selesai selanjutnya membuat mekanik dari alat.
2. Membuat mekanik bodi dan lengan robot

Peracangan mekanik bodi dan lengan robot digunakan sebagai penunjang terciptanya alat ini. Pembuatan mekanik ini sangat penting terhadap terciptanya alat.



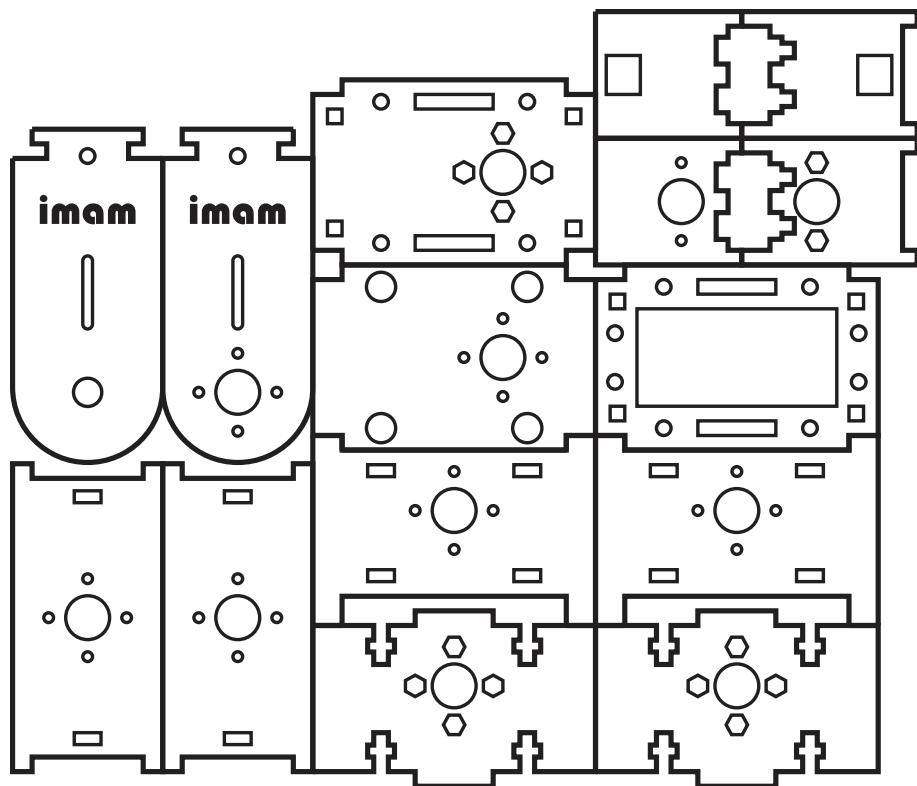
Gambar 27. Rancangan Mekanik Bodi Bawah

Gambar 27 merupakan rancangan bodi bawah dari alat ini, bahan yang digunakan untuk pembuatan bodi ini adalah akrilik warna putih susu dengan tingkat ketebalan 3mm, ukuran diameter lingkaran pada bodi bawah tersebut adalah 25cm. Pembuatan lubang pada sudut yang membentuk segitiga dikarenakan sebagai tempat dari motor DC dan *omnidirectional wheel*. Lubang di dalam bodi digunakan untuk meletakkan rangkaian elektronik dan penghubung antar bodi serta untuk meletakkan baterai Li-Po.



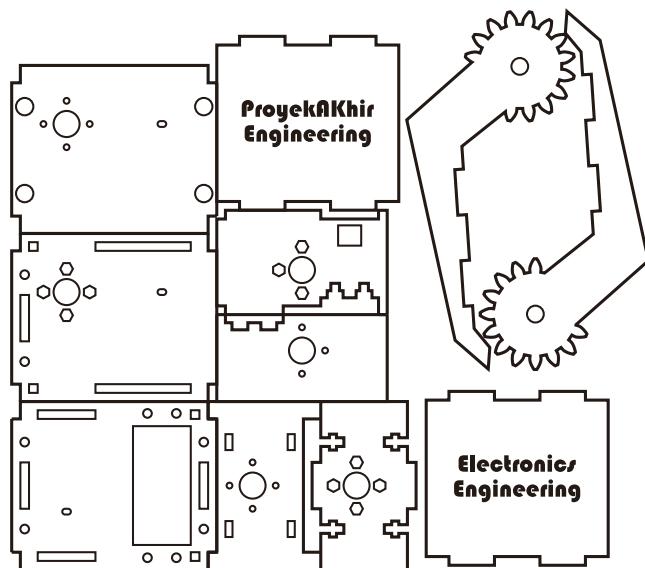
Gambar 28. Rancangan Mekanik Bodi Atas

Gambar 28 merupakan rancangan mekanik bodi atas dimana bentuk terdapat lubang untuk meletakkan LCD karakter 16x2 dan saklar untuk menghidupkan dan mematikan alat. Untuk titik tik merah atau lingkaran merah kecil berfungsi sebagai tempat meletakkan *receiver joystick*, indikator baterai Li-Po dan sebagai penghubung dengan bodi bawah. Ukuran dari bodi atas sama dengan yang bodi bawah yaitu 25 cm.



Gambar 29. Rancangan Mekanik Lengan Robot

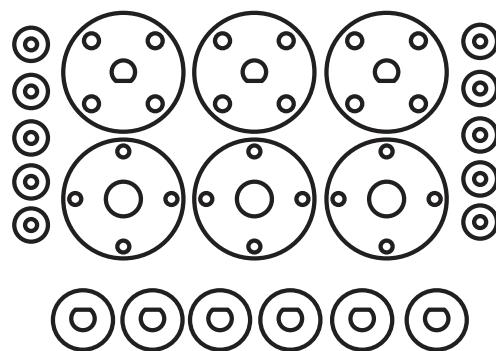
Gambar 29 merupakan rancangan mekanik lengan robot dimana terdapat beberapa bagian untuk menutup motor servo dan menghubungkan antar motor servo. Proyek akhir ini membutuhkan 3 buah rancangan mekanik lengan robot yang nantinya dikombinasikan dengan pencapit atau gripper. Lengan robot sendiri memiliki sifat *portable* atau bongkar pasang dengan mur dan baut sebagai pemersatunya. Ukuran akrilik yang digunakan 19cmx16cm untuk satu buah lengan yang menutupi sebuah motor servo. Perancangan ini membutuhkan 3 buah servo lengan sehingga ukuran tersebut dikalikan 3. Motor servo yang paling atas dihubungkan ke rancangan mekanik pencapit atau gripper. Gambar 30 merupakan rancangan mekanik gripper atau capit.



Gambar 30. Rancangan Mekanik Gripper atau Capit

3. Membuat mekanik penghubung *omnidirectional wheel* dengan motor DC

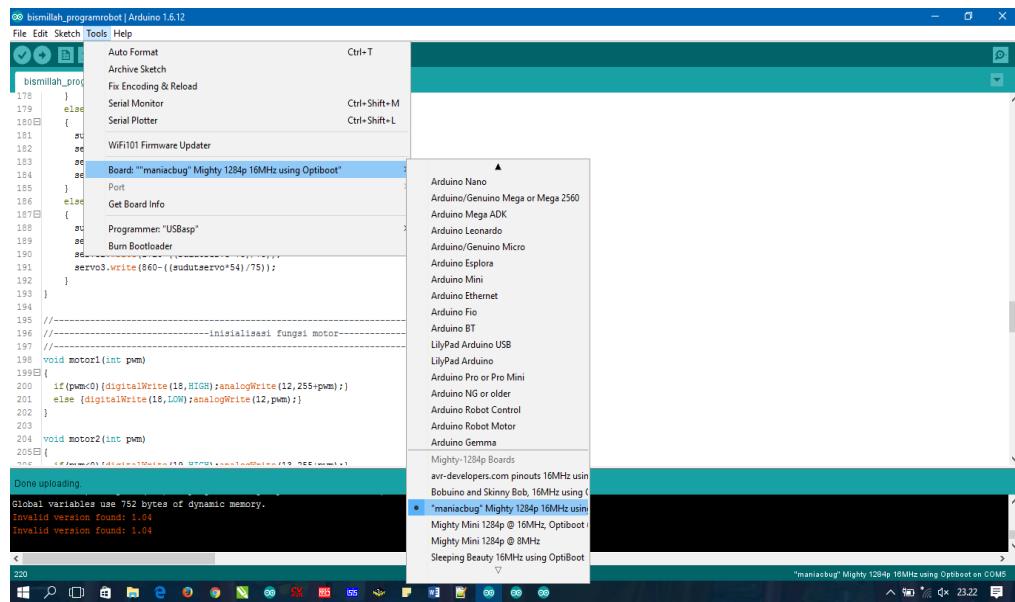
Pembuatan penghubung motor DC digunakan untuk menghubungkan as motor DC dengan *omnidirectional wheel* agar bisa digunakan dengan menggabungkan bagian-bagian dari desain. Perancangan ini menggunakan dua jenis akrilik dengan ketebalan berbeda yaitu 2mm dan 3mm tetapi bahan yang digunakan adalah akrilik putih susu. Gambar 31 merupakan rancangan mekanik penghubung *omnidirectional wheel* dengan motor DC.



Gambar 31. Rancangan Mekanik *Omnidirectional Wheel* dengan Motor DC

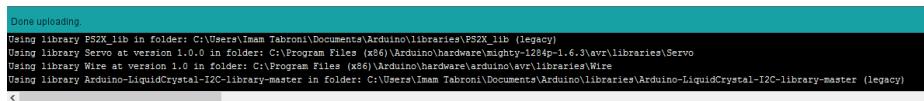
F. Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak merupakan langkah yang paling menentukan dalam proses pembuatan alat ini. *Software* yang digunakan untuk membuat prototipe *forklift omnidirectional wheel* dan lengan robot adalah *software* Arduino IDE dengan bahasa pemrograman bahasa C. Arduino IDE merupakan *software open source* yang banyak digunakan. Gambar 32 merupakan tampilan *software* Arduino.



Gambar 32. Tampilan Software Arduino

Hal yang harus dilakukan sebelum melakukan *upload* program adalah melakukan pengaturan *board* yang digunakan. *Board* yang diatur harus sesuai dengan board yang digunakan, setelah pengaturan selesai melakukan *compile* program, jika tidak terdapat kesalahan atau *error* pada program, program bisa langsung *diupload* dengan menekan tombol Ctrl+U pada keyboard dan menunggu proses *upload* hingga selesai. Gambar 33 merupakan tampilan setelah selesai *upload* program.



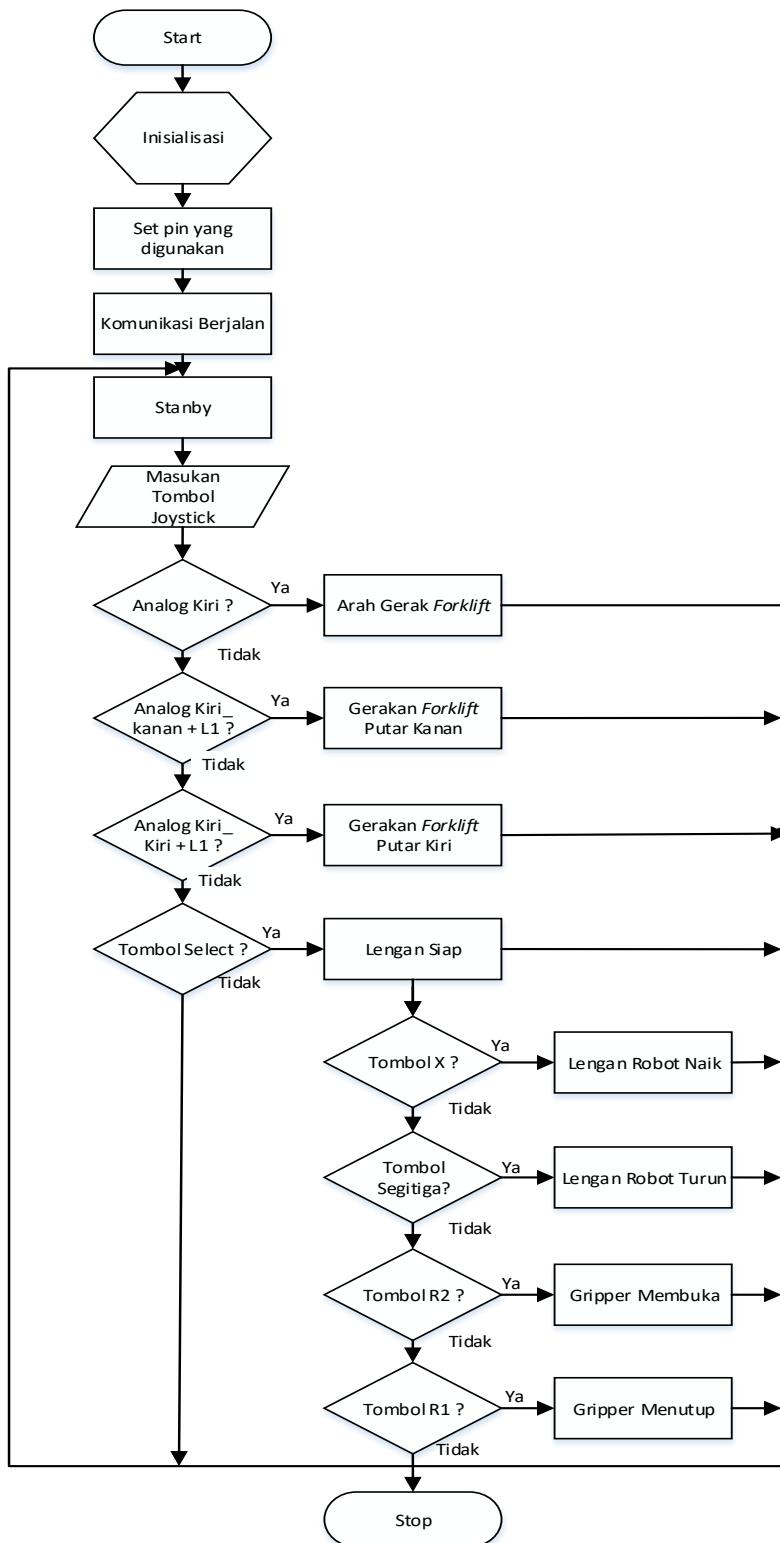
```
Done uploading.
Using library PSZX_Lib in folder: C:\Users\Imam Tabroni\Documents\Arduino\libraries\PSZX_Lib (legacy)
Using library Servo at version 1.0.0 in folder: C:\Program Files (x86)\Arduino\hardware\mighty-1284p-1.6.3\avr\libraries\Servo
Using library Wire at version 1.0.0 in folder: C:\Program Files (x86)\Arduino\hardware\arduino\avr\libraries\Wire
Using library Arduino-LiquidCrystal-I2C-library-master in folder: C:\Users\Imam Tabroni\Documents\Arduino\libraries\Arduino-LiquidCrystal-I2C-library-master (legacy)
<
```

Gambar 33. Tampilan Setelah Selesai *Upload* Program

1. Algoritma program
 - a. Start.
 - b. Jalankan prototipe *forklift* dengan menggunakan analog kiri pada *joystick* ke arah barang yang akan dituju.
 - c. Setelah sampai kedalikan lengan robot dengan cara menekan tombol segitiga untuk lengan berada pada posisi bawah.
 - d. Buka gripper dengan menekan tombol R2 dan posisikan gripper pada barang yang akan diambil, dan tekan tombol R1 untuk mencapit barang, setelah kondisi barang sudah tercapit. Kemudian tekan tombol X untuk menaikkan gripper pada posisi semula.
 - e. Bawa barang ketempat tujuan, dengan mengendalikan analog pada *joystick*. Setelah sampai gerakkan lengan dan cari posisi untuk meletakkan barang, letakkan barang dengan menekan tombol R2.
 - f. Ulangi langkah tersebut untuk melakukan pemindahan yang berulang.
 - g. Selesai.

Algoritma prototipe *forklift omnidirectioanal wheel* dan lengan robot dengan memanfaatkan komunikasi SPI antara mikrokontroler dan *joystick* untuk mengendalikan kerja alat secara keseluruhan. Proses pergerakan prototipe *forklift* dapat bergerak bebas sesuai dengan analog pada *joystick* yang dikendalikan oleh user.

2. Flowchart



Gambar 34. Flowchart

G. Spesifikasi Alat

Prototipe *forklift omnidirectional wheel* dan lengan robot berbasis mikrokontroler ATmega1284 dan *Joystick* memiliki spesifikasi sebagai berikut:

1. Pembuatan mekanik alat menggunakan akrilik 2mm dan 3mm
2. Menggunakan baterai Li-Po 11,1V 3 Cells sebagai sumber tegangan
3. Tegangan rangkaian yang digunakan adalah 3.3V, 5V dan 12V
4. Menggunakan *wireless joystick* sebagai pengendali prototipe *forklift*
5. Menggunakan mikrokontroler ATmega1284 sebagai pengolah data
6. Menggunakan motor DC gearbox dan *omnidirectional wheel* sebagai aktuator prototipe *forklift*
7. Menggunakan motor servo sebagai mekanik dari lengan robot
8. Pada prototipe *forklift omnidirectional wheel* dan lengan robot berbasis mikrokontroler ATmega1284 dan *Joystick* dapat digunakan ketika daya dialirkan kedalam rangkaian yang kemudian *transmitter joystick* akan berkomunikasi dengan *receiver* yang digunakan untuk mengendalikan seluruh kerja alat. Komunikasi *joystick* dengan mikrokontroler ATmega1284 dengan memanfaatkan komunikasi SPI. Setelah berkomunikasi selanjutnya menfungsikan *joystick* sebagai pengendali yaitu ketika analog kiri di gerakkan maka robot akan bergerak sesuai dengan arah dari analog yang di gerakkan dan tombol X digunakan untuk penggerak lengan keatas dan tombol segitiga digunakan untuk penggerak lengan kebawah. Tombol R1 digunakan sebagai penutup gripper dan

tombol R2 digunakan sebagai pembuka gripper dengan kombinasi tersebut alat dapat bekerja dengan baik. Sudut gerak *forklift* dapat diketahui dengan menggunakan *joystick* yang nantinya akan ditampilkan pada display LCD.

H. Pengujian Alat

Pengujian proyek akhir ini menjelaskan tentang pengujian dan pengambilan data dari Prototipe *forklift omnidirectional wheel* dan lengan robot berbasis mikrokontroler ATmega1284 dan *Joystick*. Berikut langkah-langkah pengujian yang dilakukan.

1. Uji fungsional

Dalam pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sistem dan perangkat dapat bekerja dengan baik atau tidak sesuai dengan karakteristik dan fungsi masing-masing rangkaian. Pengujian ini dilakukan pada setiap blok rangkaian yang menyusun alat ini.

2. Uji unjuk kerja

Pada proses pengujian unjuk kerja alat dilakukan dengan cara mengetahui unjuk kerja sistem dan unjuk kerja alat. Hal-hal yang perlu diamati dalam pengujian ini antara lain: rangkaian sistem minimum, rangkaian catu daya, rangkaian driver motor DC, pengujian jarak komunikasi *joystick wireless*, pengujian sudut jalan, pengujian berat barang yang dibawa, pengujian lengan robot. Kinerja alat dapat diketahui dengan pengujian uji unjuk kerja.

I. Tabel Uji Alat

1. Pengujian Tegangan Catu Daya

Tabel 2. Pengujian Catu Daya Tanpa Beban

No	Pengukuran IC	jml	V In (VDC)	V Output	V Output Terbaca	Error %
1	IC 1 LM2576- 5.0	1		5		
		2		5		
		3		5		
2	IC 2 LM2576- 5.0	1		5		
		2		5		
		3		5		
3	IC 3 LM2576- 5.0	1		5		
		2		5		
		3		5		
4	IC 4 LM2576- 3.3	1		3.3		
		2		3.3		
		3		3.3		

Tabel 3. Pengujian Catu Daya Dengan Beban

No	Pengukuran IC	jml	V In (VDC)	V Output	V Output Terbaca	Error %
1	IC 1 LM2576- 5.0	1		5		
		2		5		
		3		5		
2	IC 2 LM2576- 5.0	1		5		
		2		5		
		3		5		
3	IC 3 LM2576- 5.0	1		5		
		2		5		
		3		5		
4	IC 4 LM2576- 3.3	1		3.3		
		2		3.3		
		3		3.3		

2. Pengujian Indikator Baterai

Tabel 4. Pengujian Indikator Tegangan Baterai Li-Po

No	Pengukuran Multimeter (V)	Pengukuran di LCD (V)	Error %
1			
2			
3			
4			
5			

3. Pengujian Jarak Komunikasi *Wireless Joystick*

Tabel 5. Pengujian Jarak Komunikasi *Wireless Joystick*

No	Jarak (meter)	Komunikasi	
		Penerima Terbuka	Penerima Tertutup
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

4. Pengujian arah pergerakan robot

Tabel 6. Pengujian Arah Gerak *Forklift* dengan Masukan Program Sudut

No	Sudut Masukan	PWM dan Tegangan Motor						Sudut Gerak Forklift	Error %		
		Motor1		Motor2		Motor3					
		PWM	Vout	PWM	Vout	PWM	Vout				
1	0°										
2	15°										
3	30°										
4	45°										
5	60°										
6	75°										
7	90°										

8	105°							
9	120°							
10	135°							
11	150°							
12	165°							
13	180°							
14	195°							
15	210°							
16	225°							
17	240°							
18	255°							
19	270°							
20	285°							
21	300°							
22	315°							
23	330°							
24	345°							

Tabel 7. Pengujian Arah Gerak *Forklift* dengan Masukan Sudut Joystick

No	Posisi Analog (sudut)	PWM dan Tegangan Motor						Sudut Gerak <i>Forklift</i>	<i>Error %</i>		
		Motor1		Motor2		Motor3					
		PWM	Vout	PWM	Vout	PWM	Vout				
1	0°										
2	15°										
3	30°										
4	45°										
5	60°										
6	75°										
7	90°										
8	105°										
9	120°										
10	135°										
11	150°										
12	165°										
13	180°										
14	195°										
15	210°										
16	225°										
17	240°										
18	255°										
19	270°										
20	285°										
21	300°										
22	315°										
23	330°										
24	345°										

5. Pengujian Berat Barang Yang Diangkat dan Dibawa

Tabel 8. Pengujian Berat Barang Yang Diangkat Dan Dibawa

No	Berat Barang	Keterangan
1		
2		
3		
4		
5		

6. Pengujian LCD

Tabel 9. Pengujian LCD

No	Pengujian	Hasil	Keterangan
1			
2			
3			

7. Uji Unjuk Kerja

Pengujian unjuk kerja dilakukan untuk mengetahui kerja seluruh rangkaian proyek akhir. Cara yang dilakukan untuk melakukan uji unjuk kerja yaitu dengan mengoperasikan seluruh sistem yang telah dibuat menjadi alat sesuai dengan fungsi dan tujuannya.

J. Pengoperasian Alat

Pengoperasian alat ini bisa dilakukan dengan cara sebagai berikut;

1. Pastikan socket baterai terhubung dengan socket di rangkaian catu daya.
2. Tekan saklar pada prototipe *forklift* sehingga tegangan mengalir ke seluruh rangkaian.

3. Jalankan alat ke lokasi barang yang akan dipindahkan menggunakan kendali *wireless joystick* dan menggunakan analog sebelah kiri.
4. Tekan tombol select pada *joystick* untuk menurunkan lengan robot ke posisi ready.
5. Setelah itu posisikan lengan robot hingga dihadapan barang yang akan diambil dengan menekan tombol segitiga untuk posisi kebawah atau turun dan X untuk posisi keatas atau naik pada *joystick*.
6. Buka gripper atau pencapit dengan menekan tombol R2 pada *joystick*.
7. Setelah terbuka posisikan capit diantara barang, dan tutup capit hingga menahan barang menggunakan tombol R1 pada *joystick*.
8. Setelah barang tercapit, posisikan lengan hingga ke awal gerak dengan menekan tombol X pada *joystick*.
9. Bawa barang tersebut ke tempat tujuan dengan mengerakkan alat sesuai perintah di analog pada *joystick*.
10. Posisikan lengan hingga ke tempat dimana barang akan diletakkan.
11. Setelah dirasa berada pada posisi yang pas, buka pencapit hingga posisi barang terlepas dan berada pada tempat yang telah disediakan.
12. Ulangi langkah-langkah tersebut untuk memindahkan barang lainnya.
13. Selesai.

BAB IV

PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Pengujian terhadap alat dilakukan untuk mengetahui kinerja dari masing-masing komponen yang digunakan. Pengujian alat ini diharapkan mendapatkan hasil yang baik dan komponen penyusun alat secara keseluruhan bekerja sesuai dengan fungsinya.

A. PENGUJIAN

1. Pengujian Tegangan Catu Daya

Pengujian catu daya dibutuhkan karena merupakan sebuah rangkaian yang memberikan sumber tegangan ke seluruh rangkaian yang digunakan. Pengukuran catu daya dilakukan pada bagian *input* dan *output*. Pengukuran ini dilakukan untuk memastikan tegangan yang dihasilkan oleh catu daya tidak melebihi kapasitas maksimal *input* tegangan kerja pada seluruh rangkaian. Tabel 10 merupakan pengukuran tegangan catu daya tanpa beban dan Tabel 11 merupakan pengukuran catu daya dengan beban.

Tabel 10. Pengukuran Tegangan Catu Daya Tanpa Beban

No	Pengukuran IC	jml	V In (VDC)	V Output	V Output Terbaca	Error %
1	IC 1 LM2576-5.0	1	11.85	5	4.98	0.4%
		2	11.64	5	4.98	0.4%
		3	11.31	5	4.98	0.4%
2	IC 2 LM2576-5.0	1	11.85	5	4.98	0.4%
		2	11.64	5	4.98	0.4%
		3	11.31	5	4.98	0.4%
3	IC 3 LM2576-5.0	1	11.85	5	4.98	0.4%
		2	11.64	5	4.98	0.4%
		3	11.31	5	4.98	0.4%

4	IC 4 LM2576- 3.3	1	11.85	3.3	3.32	0.6%
		2	11.64	3.3	3.32	0.6%
		3	11.31	3.3	3.32	0.6%

Tabel 10 merupakan pengukuran tegangan catu daya tanpa beban, keluaran tegangan dari masing-masing regulator yang di digunakan, hasil dari pengukuran untuk IC regulator LM2576-5.0 adalah 4.98V berbeda 0.02V dengan tegangan *output* asli, dan pengukuran IC regulator LM2576-3.3 adalah 3.32V berbeda 0.02V dengan tegangan aslinya. Meskipun tegangan Vin berbeda-beda tetapi catu daya dapat bekerja dengan baik.

Berikut rumus perhitungan *%error*nya.

$$\%error = \left| \frac{V_{out\ Output} - V_{Output\ Terbaca}}{V_{out\ sebenarnya}} \right| \times 100\%$$

$$\%error = \left| \frac{5V - 4.98V}{5V} \right| \times 100\%$$

$$\%error = 0.4\% , \text{ dan}$$

$$\%error = \left| \frac{3.3V - 3.32V}{3.3V} \right| \times 100\%$$

$$\%error = 0.6\%$$

Jadi, IC regulator yang digunakan memiliki *%error* sebesar 0.4% untuk IC LM2576-5.0 dan 0.6% untuk IC LM2576-3.3 dan presentase *error* masih dalam batas wajar.

Tabel 11. Pengukuran Tegangan Catu Daya Dengan Beban

No	Pengukuran IC	jml	V In (VDC)	V Output	V Output Terbaca	Error %
1	IC 1 LM2576-	1	11.85	5	4.96	0.8%
		2	11.64	5	4.96	0.8%

	5.0	3	11.31	5	4.96	0.8%
2	IC 2 LM2576- 5.0	1	11.85	5	4.96	0.8%
		2	11.64	5	4.96	0.8%
		3	11.31	5	4.96	0.8%
3	IC 3 LM2576- 5.0	1	11.85	5	4.96	0.8%
		2	11.64	5	4.96	0.8%
		3	11.31	5	4.96	0.8%
4	IC 4 LM2576- 3.3	1	11.85	3.3	3.31	0.3%
		2	11.64	3.3	3.31	0.3%
		3	11.31	3.3	3.31	0.3%

Tabel 11 merupakan pengukuran tegangan catu daya dengan beban, keluaran tegangan dari masing-masing regulator yang digunakan, hasil dari pengukuran IC regulator LM2576-5.0 adalah 4.96V berbeda 0.04V dengan tegangan output asli, dan pengukuran IC regulator LM2576-3.3 adalah 3.31V berbeda 0.01V dengan tegangan aslinya. Meskipun tegangan Vin berbeda-beda tetapi catu daya dapat bekerja dengan baik.

Berikut rumus perhitungan %errornya.

$$\%error = \left| \frac{V_{Output} - V_{Output\ Terbaca}}{V_{Output}} \right| \times 100\%$$

$$\%error = \left| \frac{5V - 4.96V}{5V} \right| \times 100\%$$

$$\%error = 0.8\% , \text{ dan}$$

$$\%error = \left| \frac{3.3V - 3.31V}{3.3V} \right| \times 100\%$$

$$\%error = 0.3\%$$

Jadi, IC regulator yang digunakan memiliki %error sebesar 0.8% untuk IC LM2576-5.0 dan 0.3% untuk IC LM2576-3.3 dan presentase error masih dalam batas wajar.

2. Pengujian Indikator Tegangan Baterai

Pengujian indikator baterai dilakukan untuk mengetahui tegangan baterai apakah tegangan baterai sudah habis atau masih, pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan pengukuran dengan multimeter dan pengukuran dengan rangkaian indikator yang diolah menggunakan ADC mikrokontroler yang kemudian ditampilkan pada LCD. Tabel 12 merupakan hasil pengukuran tegangan indikator baterai Li-Po.

Tabel 12. Pengukuran Indikator Tegangan Baterai Li-Po

No	Pengukuran Multimeter (V)	Pengukuran di LCD (V)	Error %
1	11.31	11.34	0.27%
2	11.56	11.57	0.08%
3	11.73	11.75	0.16%
4	12.06	12.05	0.08%
5	12.22	12.20	0.16%

Tabel 12 merupakan pengukuran indikator tegangan baterai Li-Po. Hasil dari pengukuran tersebut masih terdapat *error*. Sampel perhitungan %*error* pada saat mengukur masukan 11.56V sebagai berikut.

$$\text{Diketahui : Pengukuran Multimeter} = 11.56\text{V}$$

$$\text{Pengukuran di LCD} = 11.57\text{V}$$

Ditanya : %*error*

Penyelesaian:

$$\% \text{error} = \left| \frac{\text{Pengukuran Multimeter} - \text{Pengukuran di LCD}}{\text{pengukuran Multimeter}} \right| \times 100\%$$

$$\% \text{error} = \left| \frac{11.56 - 11.57}{11.56} \right| \times 100\%$$

$$\%error = 0.08\%$$

Selanjutnya dijumlahkan total rata-rata presentase *error*.

$$\begin{aligned} \text{Total } \%error &= 0.75\% \\ \text{Rata-rata } \%error &= (\text{Total } \%error) / (\text{Banyak data}) \\ &= 0.75 / 5 = 0.15\% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh presentase *error* 0.08%. pengukuran indikator tegangan baterai Li-Po dapat bekerja dengan baik dengan memiliki rata-rata kesalahan sebesar 0.15%.

3. Pengujian Jarak Komunikasi *Wireless Joystick*

Pengujian jarak *wireless joystick* dilakukan untuk mengetahui sejauh mana *wireless* dapat berkomunikasi antara pemancar (*transmitter*) dengan penerima (*receiver*), sehingga memungkinkan untuk pengendalian jarak jauh tanpa menggunakan kabel. Pengujian dilakukan dengan cara melakukan ujicoba untuk jarak terdekat hingga menuju jarak maksimal komunikasi *wireless joystick*. Tabel 13 merupakan hasil pengukuran jarak komunikasi *wireless joystick*.

Tabel 13. Pengukuran Jarak Komunikasi *Wireless Joystick*

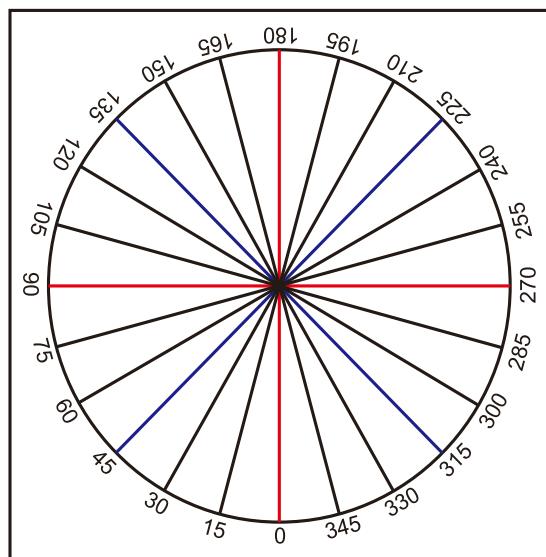
No	Jarak (meter)	Komunikasi	
		Penerima Terbuka	Penerima Tertutup
1	1	Terhubung	Terhubung
2	2	Terhubung	Terhubung
3	3	Terhubung	Terhubung
4	4	Terhubung	Tersendat
5	5	Terhubung	Tersendat
6	6	Terhubung	Terputus
7	7	Terhubung	Terputus
8	8	Terhubung	Terputus

9	9	Terhubung	Terputus
10	10	Terhubung	Terputus
11	11	Terhubung	Terputus
12	12	Terhubung	Terputus
13	13	Terhubung	Terputus
14	14	Terhubung	Terputus
15	15	Terhubung	Terputus
16	16	Terhubung	Terputus
17	17	Terhubung	Terputus
18	18	Terhubung	Terputus
19	19	Terhubung	Terputus
20	20	Terhubung	Terputus
21	21	Tersendat	Terputus
22	22	Tersendat	Terputus
23	23	Tersendat	Terputus
24	24	Tersendat	Terputus
25	25	Terputus	Terputus

Tabel 13 merupakan pengujian jarak komunikasi *wireless joystick*, hasil dari pengujian tersebut didapatkan data pengujian dengan penerima terbuka dan pengujian dengan penerima tertutup. Berdasarkan pengujian dengan penerima terbuka didapatkan hasil jarak pengujian yang masih terhubung dan masih lancar untuk menggerakkan *forklift* hingga jarak 20 meter, mulai jarak 21 meter sudah tersendat-sendat dan untuk jarak 25 meter komunikasi *joystick* dengan prototipe *forklift* terputus. Pengujian penerima tertutup yaitu dengan menutup penerima *wireless joystick* jarak yang dapat dijangkau untuk menggerakkan *forklift* hanya sampai 3 meter dengan lancar, 4-5 meter tersendat dan jarak 6 meter komunikasi *joystick* terputus.

4. Pengujian Arah Gerak *Forklift* Terhadap Sudut

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui arah gerak *forklift* terhadap sudut. pengujian ini dibagi menjadi 2 bagian yaitu pengujian arah gerak *forklift* dengan masukan program sudut dan pengujian arah gerak *forklift* dengan masukan sudut *joystick*. Media yang digunakan untuk pengujian ini adalah sebuah garis yang membentuk sudut-sudut dari 0° sampai dengan 345° dengan garis sudut kelipatan 15° . Gambar 35 merupakan media tempat pengujian gerak *forklift*.



Gambar 35. Media Tempat Pengujian Gerak *forklift*

Gambar 35 terdapat garis-garis sudut dengan kelipatan 15° . Pengujian ini dilakukan dengan cara meletakkan *forklift* di tengah-tengah dari media tersebut. Pengujian arah gerak *forklift* terhadap program sudut bertujuan untuk mengetahui apakah *forklift* dapat berjalan sesuai dengan program yang diberikan atau tidak. Pengujian arah gerak *forklift* dengan masukan sudut *joystick* bertujuan untuk mengetahui jalannya *forklift* ketika

dikendalikan menggunakan *joystick*. Kedua pengujian tersebut untuk mengetahui PWM dan tegangan dari masing-masing motor DC yang digunakan.

Tabel 14 merupakan data hasil pengujian arah gerak *forklift* dengan masukan program sudut dan Tabel 15 merupakan pengujian arah gerak *forklift* dengan masukan sudut *joystick*.

Tabel 14. Pengukuran Arah Gerak *Forklift* dengan Masukan Program Sudut

No	Sudut Masukan	Sudut Gerak <i>Forklift</i>	PWM dan Tegangan Motor						Error %	
			Motor1		Motor2		Motor3			
			PWM	Vout	PWM	Vout	PWM	Vout		
1	0°	0°	0	0	-100	-4.66	100	4.70	0 %	
2	15°	15°	25	1.91	-100	-4.66	75	3.64	0 %	
3	30°	30°	50	2.74	-100	-4.66	50	2.74	0 %	
4	45°	45°	75	3.64	-100	-4.66	25	1.91	0 %	
5	60°	60°	100	4.70	-100	-4.66	0	0	0 %	
6	75°	75°	100	4.70	-75	-3.61	-25	-1.91	0 %	
7	90°	89°	100	4.70	-50	-2.72	-50	-2.72	1.11 %	
8	105°	105°	100	4.70	-25	-1.91	-75	-3.61	0 %	
9	120°	119°	100	4.70	0	0	-100	-4.66	0.83 %	
10	135°	136°	75	3.64	25	1.91	-100	-4.66	0.74 %	
11	150°	149°	50	2.74	50	2.74	-100	-4.66	0.67 %	
12	165°	163°	25	1.91	75	3.64	-100	-4.66	1.21 %	
13	180°	180°	0	0	100	4.70	-100	-4.66	0 %	
14	195°	194°	-25	-1.91	100	4.70	-75	-3.61	0.51 %	
15	210°	210°	-50	-2.72	100	4.70	-50	-2.72	0	
16	225°	225°	-75	-3.61	100	4.70	-25	-1.91	0 %	
17	240°	241°	-100	-4.66	100	4.70	0	0	0.42 %	
18	255°	254°	-100	-4.66	75	3.64	25	1.91	0.39 %	
19	270°	270°	-100	-4.66	50	2.74	50	2.74	0 %	
20	285°	286°	-100	-4.66	25	1.91	75	3.64	0.35 %	
21	300°	299°	-100	-4.66	0	0	100	4.70	0.34 %	
22	315°	315°	-75	-3.61	-25	-1.91	100	4.70	0 %	
23	330°	330°	-50	-2.72	-50	-2.72	100	4.70	0 %	
24	345°	345°	-25	-1.91	-75	-3.61	100	4.70	0 %	

Tabel 14 merupakan pengukuran arah gerak *forklift* dengan masukan program sudut. hasil dari pengukuran tersebut masih terdapat *error*. Dengan masukan PWM maksimal diatur 100. Dalam pengujian tersebut terdapat 3

pengujian motor berupa PWM dan tegangan yang masing-masing sudut berbeda pwm dan tegangan keluaran motor. Tanda – (*negative*) pada tabel PWM merupakan *CW* (berputar searah jarum jam) dan sebaliknya jika tidak memiliki tanda maka *CCW* (berputar berlawanan arah jarum jam). Sampel perhitungan presentase *error* pada saat pengujian sudut 90° sebagai berikut.

$$\text{Diketahui : } \begin{array}{ll} \text{Sudut Masukan} & = 90^\circ \\ \text{Sudut Gerak Forklift} & = 89^\circ \end{array}$$

Ditanya : %*error*

Penyelesaian:

$$\% \text{error} = \left| \frac{\text{Sudut Masukan} - \text{Sudut Gerak Forklift}}{\text{Sudut Masukan}} \right| \times 100\%$$

$$\% \text{error} = \left| \frac{90 - 89}{90} \right| \times 100\%$$

$$\% \text{error} = 1.11\%$$

Selanjutnya di jumlahkan total rata-rata presentase *error*.

$$\text{Total \%error} = 6,57\%$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata \%error} &= (\text{Total \%error}) / (\text{Banyak data}) \\ &= 6,57 / 24 = 0.27\% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan sampel, diperoleh presentase *error* 1,11%. Pengukuran arah gerak *forklift* dengan masukan proram sudut dapat bekerja dengan baik dengan memiliki rata rata kesalahan sebesar 0.27%.

Tabel 15. Pengujian Arah Gerak *Forklift* dengan Masukan Sudut *Joystick*

No	Posisi Analog (Sudut)	Sudut Gerak <i>Forklift</i>	PWM dan Tegangan Motor						Error %	
			Motor1		Motor2		Motor3			
			PWM	Vout	PWM	Vout	PWM	Vout		
1	0°	0°	0	0	-100	-4.66	100	4.70	0 %	
2	15°	14.8°	24.56	1.90	-100	-4.66	75.44	3.66	1.33 %	
3	30°	28.5°	47.51	2.56	-100	-4.66	52.49	2.69	5 %	
4	45°	47°	68.62	3.22	-100	-4.66	31.38	2.08	4.44 %	
5	60°	59°	98.35	4.41	-100	-4.66	1.65	0.05	1.63 %	
6	75°	77.2°	100	4.70	-71.33	-3.42	-28.67	-1.92	2.93 %	
7	90°	90°	100	4.70	-50	-2.72	-50	-2.72	0 %	
8	105°	105.1°	100	4.70	-24.84	-1.90	-75.16	-3.65	0.09 %	
9	120°	121.7°	97.22	4.23	-2.79	-0.1	-100	-4.66	1.41 %	
10	135°	136.2°	72.93	3.47	27.07	1.92	-100	-4.66	0.89 %	
11	150°	146.1°	56.53	2.93	43.47	2.46	-100	-4.66	2.61 %	
12	165°	173.4°	11.03	0.89	88.97	3.98	-100	-4.66	5.09 %	
13	180°	180°	0	0	100	4.70	-100	-4.66	0 %	
14	195°	199.8°	-32.93	-2.04	100	4.70	-67.07	-3.19	2.46 %	
15	210°	210.4°	-50.59	-2.73	100	4.70	-49.41	-2.71	0.17 %	
16	225°	222°	-79.66	-3.68	100	4.70	-20.34	-1.66	1.33 %	
17	240°	245.4°	-100	-4.66	90.95	4.0	-9.05	-0.45	2.25 %	
18	255°	257.1°	-100	-4.66	71.5	3.42	28.51	1.92	0.82 %	
19	270°	270°	-100	-4.66	50	2.72	50	2.72	0 %	
20	285°	281.1°	-100	-4.66	31.46	2.06	68.55	3.35	1.37 %	
21	300°	292.1°	-100	-4.66	13.18	1.27	86.83	3.9	2.63 %	
22	315°	311°	-75.03	-3.64	-24.97	-1.91	100	4.70	1.27 %	
23	330°	329.3°	-51.21	-2.64	-48.79	-2.55	100	4.70	0.21 %	
24	345°	339.3°	-34.55	-2.17	-65.45	-3.22	100	4.70	1.66 %	

Tabel 15 merupakan pengukuran arah gerak *forklift* dengan masukan sudut *joystick*. hasil dari pengukuran tersebut masih terdapat *error*. Pengujian ini hampir sama dengan pengujian sebelumnya akan tetapi pada pengujian ini menggunakan analog pada *joystick*. Tanda – (*negative*) pada tabel PWM merupakan CW (berputar searah jarum jam) dan sebaliknya jika tak bertanda maka CCW (berputar berlawanan arah jarum jam). Sampel perhitungan presentase *error* pada saat pengujian sudut 45° sebagai berikut.

$$\text{Diketahui : } \begin{array}{ll} \text{Sudut Masukan} & = 45^\circ \\ \text{Sudut Gerak } \textit{Forklift} & = 47^\circ \end{array}$$

Ditanya : %error

Penyelesaian:

$$\%error = \left| \frac{\text{Sudut Masukan} - \text{Sudut Gerak Forklift}}{\text{Sudut Masukan}} \right| \times 100\%$$

$$\%error = \left| \frac{45-47}{45} \right| \times 100\%$$

$$\%error = 4.44\%$$

Selanjutnya dijumlahkan total rata-rata presentase error.

$$\text{Total \%error} = 39.59\%$$

$$\begin{aligned}\text{Rata-rata \%error} &= (\text{Total \%error}) / (\text{Banyak data}) \\ &= 39.59 / 24 = 1.65\%\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan sampel, diperoleh presentase error 4.44%. Pengukuran arah gerak *forklift* dengan masukan sudut analog *joystick* dapat bekerja dengan baik dengan memiliki rata-rata kesalahan sebesar 1.65%.

5. Pengujian Berat Barang Yang Diangkat dan Dibawa

Pengujian berat barang yang dibawa dan diangkat untuk memastikan kekuatan dari lengan yang terdiri dari beberapa motor servo, dengan demikian dapat dilihat berat barang maksimal yang dapat diangkat oleh lengan robot. Pengujian ini dilakukan dengan cara melakukan penaikkan berat barang yang diangkat, dari berat yang terkecil hingga beban maksimal yang bisa diangkat. Tabel 16 merupakan data hasil pengujian berat barang yang diangkat dan dibawa.

Tabel 16. Pengujian Berat Barang Yang Diangkat dan Dibawa

No	Berat Barang (gram)	Keterangan
1	10	Terangkat
2	20	Terangkat
3	30	Terangkat
4	40	Terangkat
5	50	Terangkat
6	60	Terangkat
7	70	Terangkat
8	80	Terangkat
9	90	Terangkat
10	100	Terangkat
11	110	Terangkat
12	120	Terangkat
13	130	Terangkat
14	140	Terangkat
15	150	Terangkat
16	160	Terangkat
17	170	Terangkat
18	180	Tidak Terangkat

Tabel 16 merupakan hasil pengujian berat barang yang dapat diangkat dan dibawa oleh lengan robot. Pengujian ini dilakukan bertahap dengan kenaikan secara konstan yaitu dari 10 gram hingga 180 gram pengujian berat benda. Hasil dari pengujian didapatkan beban maksimal yang dapat diangkat dan dibawa dengan baik yaitu hingga 170 gram.

6. Pengujian LCD

Pengujian LCD ini dimaksudkan untuk mengetahui kondisi LCD yang digunakan pada pembuatan proyek akhir ini dalam keadaan baik dan dapat bekerja sesuai dengan fungsinya. Tabel 17 merupakan hasil dari pengujian LCD.

Tabel 17. Pengujian LCD

No	Pengujian	Hasil	Keterangan
1	Tampilan Awal		Sesuai
2	Ditekan Tombol Select		Sesuai
3	Ditekan Tombol X		Sesuai
4	Ditekan Tombol Segitiga		Sesuai
5	Ditekan Tombol R2		Sesuai
6	Ditekan Tombol R1		Sesuai
7	Analog Kiri Digerakkan		Sesuai

7. Pengujian unjuk kerja

Pengujian unjuk kerja dilakukan untuk mengetahui kinerja seluruh bagian dari prototipe *forklift* sebagai sebuah sistem secara utuh. Pengujian unjuk kerja dilakukan dari pengujian catu daya, indikator baterai Li-Po, pengujian jarak komunikasi *wireless joystick*, pengujian sudut gerak *forklift* terhadap masukan sudut program dan masukan sudut analog pada *joystick*,

pengujian berat barang dan pengujian LCD. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kekurangan pada saat alat melakukan proses kerja.

Berdasarkan pengujian alat yang telah dilakukan, hasil dari pengujian catu daya dapat dilihat pada pengujian tersebut, dalam pengujian catu daya didapatkan selisih pengukuran dan presentase *error* keluaran tegangan pada rangkaian baik pada pengujian tanpa beban dan dengan beban. Catu daya ketika diberikan beban maka tegangan keluaran yang didapatkan akan berkurang sehingga terdapat selisih *error* pada catu daya dengan beban dan tanpa beban.

Pengujian indikator baterai Li-Po meliputi keluaran tegangan yang dihasilkan baterai kemudian diolah menggunakan mikrokontroler dengan memanfaatkan rangkaian pembagi tegangan yang ditampilkan di LCD. Hasil dari pengukuran tersebut kemudian dibandingkan dengan pengukuran multimeter.

Pengujian jarak komunikasi *wireless joystick* melibatkan pemancar dengan penerima yang diolah dengan mikrokontroler. Hasil pengujian tersebut dengan memanfaatkan meteran yang digunakan untuk mengukuran jarak antara pemancar dan penerima pada *wireless joystick*, dan mendapatkan hasil seperti pada pengujian jarak komunikasi *wireless joystick*.

Pengujian sudut gerak *forklift* meliputi pengujian antar sudut dengan memanfaatkan media bergaris yang mempunyai kelipatan sudut 15° . Pengujian dilakukan dengan dua kali yaitu pengujian yang pertama dengan

masukan program sudut dan yang kedua dengan masukan sudut pada analog *joystick*. Pada pengujian ini terdapat presentase *error* selisih antar sudut asli dengan sudut pengujian. Prototipe *Forklift* dapat bekerja dengan baik hampir sesuai dengan hasil pengujian sebenarnya.

Pengujian berat barang yang akan dibawa dilakukan dengan meningkatkan berat dari terkecil sampai beban maksimal yang dapat diangkat oleh lengan robot. Media yang dipakai sebelum dingkat di timbang dahulu berat barang yang diangkat sehingga lebih mempermudah dalam pengujian.

Pengujian LCD dapat bekerja dengan baik sesuai dengan perintah yang diberikan. Tampilan LCD dapat dilihat pada tampilan yang telah diprogram.

B. PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa sistem yang telah dirancangan dapat bekerja dengan baik sebagaimana fungsinya, walaupun masih terdapat *error* pada beberapa bagian pengukuran. Berikut pembahasan dari pengujian yang telah dilakukan.

1. Catu Daya

Hasil pengukuran catu daya dapat bekerja dengan baik sesui dengan fungsinya, dengan melihat pengujian tegangan input yang berbeda-beda dan pengujian dilakukan sebanyak 3 kali untuk setiap IC regulator yang digunakan menghasilkan tegangan *output* yang sama. Tegangan *output* yang dihasilkan sudah sesuai dengan yang diharapkan dan memenuhi tegangan pada mikrokontroler ATmega1284 serta untuk mensuplai

tegangan motor servo sehingga dapat bekerja dengan baik dan mendekati 5V yaitu sebesar 4.98V dengan presentase *error* sebesar 0.4%. Pengujian tanpa beban dan 4.96V dengan presentase *error* 0.8%. Pengujian dengan beban, serta mendekati 3.3V yaitu 3.32V dengan presentase *error* 0.6% Pengujian tanpa beban dan 3.31V dengan presentase *error* 0.3%. Pengujian dengan beban pada regulator sumber LM2576-3.3. Sumber tegangan motor DC langsung dari baterai Li-Po.

2. Indikator Tegangan Baterai

Hasil pengujian yang dilakukan pada indikator tegangan baterai ini dapat bekerja dengan baik meskipun masih terdapat presentase *error* pada saat pengukuran dengan multimeter dan pembacaan dengan menggunakan tampilan LCD display yang diolah menggunakan mikrokontroler ATmega1284. Hasil pengujian diperoleh rata-rata kesalahan sebesar 0.54%, sehingga penggunaan rangkaian tersebut dapat digunakan sebagai indikator baterai dapat bekerja dengan baik dan sesuai dengan fungsinya.

3. Jarak Komunikasi *Wireless joystick*

Hasil pengujian yang dilakukan untuk mengetahui jarak komunikasi *wireless joystick* dengan prototipe *forklift*. Pengujian dilakukan dengan dua cara yaitu pengujian dengan penerima terbuka yaitu dengan kondisi bebas hambatan hanya lurus dengan *forklift*, jarak maksimum komunikasi terhubung adalah 20 meter, ketika pada jarak 21-24 meter komunikasi pada *wireless joystick* tersendat-sendat dan pada jarak 25 meter komunikasi *joystick* terputus. Pengujian dengan penerima tertutup yaitu penerima

ditutup menggunakan tangan dan jarak maksimum untuk komunikasi yang baik antara prototipe *forklift* dengan *wireless joystick* adalah 3 meter, 4-5 meter komunikasinya tersendat dan pada jarak 6 meter komunikasinya terputus. Pengujian ini dapat dilakukan dengan baik dan penggunaan *wireless joystick* sudah sesuai dengan fungsinya bisa mengirim dan menerima data.

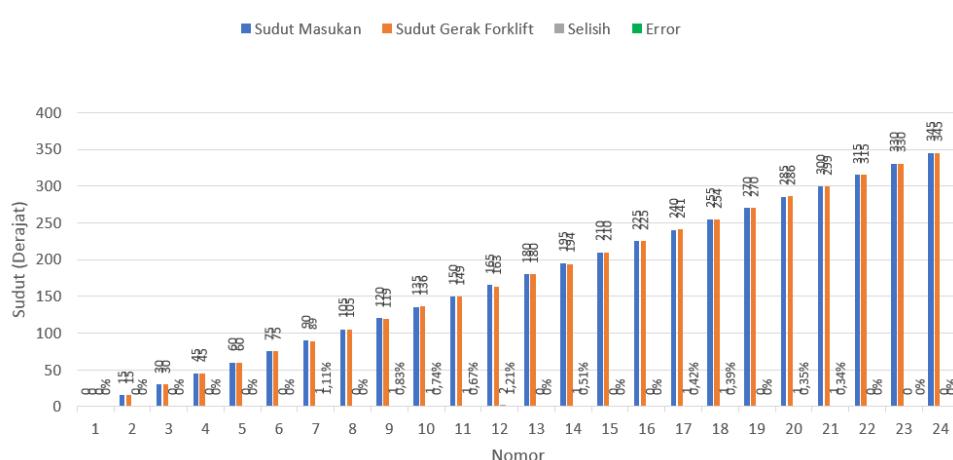
4. Arah Gerak *Forklift* dengan Masukan Program Sudut dan Kendali Joystick

Pengujian sudut gerak *forklift* dilakukan dengan dua bagian yaitu pengujian arah gerak *forklift* dengan masukan program sudut dan pengujian arah gerak *forklift* dengan masukan sudut *joystick*.

Pengujian yang pertama dilakukan yaitu pengukuran sudut gerak *forklift* terhadap masukan program sudut, menunjukkan hasil yang sangat baik, hal ini dibuktikan dengan pengujian sudut gerak dengan kelipatan sudut 15° .

Gambar 36 merupakan hasil pengujian gerak *forklift*.

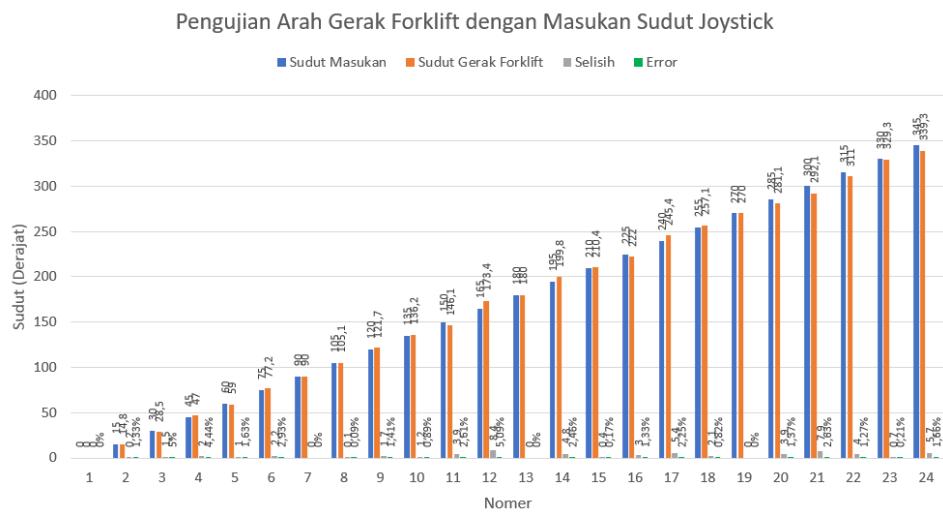
Pengujian Arah Gerak Forklift dengan Masukan Program Sudut



Gambar 36. Hasil Pengujian Gerak *Forklift* dengan Masukan Program Sudut

Berdasarkan hasil pengujian sudut hanya terdapat selisih 0-2 derajat dengan sudut aslinya atau sudut program dengan mempunyai rata-rata kesalahan sebesar 0.27%.

Pengujian yang kedua dilakukan yaitu pengukuran sudut gerak *forklift* dengan masukan sudut *joystick*, dengan menggerakkan posisi analog pada *joystick* yang telah di berikan sudut pergerakan dan pengujian yang dilakukan sama dengan pengujian sebelumnya yaitu dengan kelipatan 15°. Gambar 37 merupakan hasil pengujian erak *forklift* dengan masukan *joystick*.



Gambar 37. Hasil Pengujian Gerak *Forklift* dengan Masukan Sudut *Joystick*

Berdasarkan hasil pengujian dan pengukuran yang telah dilakukan selisih antara sudut asli dengan sudut masukan *joystick* antara 0-7.9 derajat. Rata-rata kesalahan saat pengujian sebesar 1.65 %. Berdasarkan rata-rata kesalahan pengujian tersebut dapat disimpulkan pergerakan *forklift* dengan masukan sudut *joystick* sudah dapat bekerja dengan baik.

5. Berat Barang Yang Dibawa dan Diangkat

Hasil pengujian yang dilakukan untuk mengetahui berat benda yang dapat diangkat dan dibawa oleh *forklift*. Pengujian ini dilakukan dengan menaikkan beban secara konstan dari 10 gram hingga 180 gram atau dari beban terkecil hingga beban maksimal barang yang diangkat. Pengujian ini dapat bekerja dengan baik yaitu dari 10 gram hingga 170 gram beban dapat di pindahkan dengan baik oleh prototipe *forklift* ini dan untuk beban 180 gram lengan sudah tidak kuat untuk mengangkatnya. Pengujian sudah sesuai dengan fungsinya yaitu untuk mengambil dan memindahkan barang dari satu tempat ketempat yang lain.

6. LCD

Hasil pengujian yang dilakukan menunjukkan LCD dalam keadaan baik dan sudah sesuai dengan fungsinya. Karakter yang ditampilkan oleh LCD 16x2 sesuai dengan masukan program didalam mikrokontroler ATmega1284 diantaranya dapat menunjukkan tampilan awal, ditekan tombol start, X, Segitiga, R1, R2.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, realisasi dan pengujian yang telah dilakukan terhadap Prototipe *Forklift Omnidirectional Wheel* dan Lengan Robot Berbasis Mikrokontroler ATmega1284 dan *Joystick*, maka dapat disimpulkan:

1. Rancangan sistem Prototipe *Forklift Omnidirectional Wheel* dan Lengan Robot Berbasis Mikrokontroler ATmega1284 dan *Joystick*.
 - a. Perancangan Mekanik

Perancangan mekanik berupa desain badan dari prototipe *forklift* yang terdiri dari tiga buah bagian yaitu bagian bawah dan bagian atas serta bagian penghubung roda dengan motor DC. Badan bagian bawah dari *forklift* digunakan untuk meletakkan komponen seperti, rangkaian elektronik, penghubung dengan lengan robot, dan penempatan aktuator gerak dari *forklift*. Badan bagian atas digunakan untuk meletakkan *receiver joystick*, LCD, saklar dan rangkaian indikator baterai Li-Po. Bagian penghubung motor digunakan untuk menghubungkan motor DC dengan *omnidirectional wheel*. Pembuatan desain mekanik ini menggunakan *software Corel Draw*.

- b. Perancangan Elektronik

Perancangan elektronik merupakan perancangan rangkaian-rangkaian yang diperlukan seperti rangkaian catu daya, rangkaian

indikator baterai Li-Po, rangkaian sistem minimum, dan rangkaian diver motor DC. Perancangan elektronik menggunakan *software* ARES di Proteus.

c. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak menggunakan *software* Arduino IDE dengan bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa C yang disimulasikan menggunakan ISIS pada *software* Proteus.

2. Untuk merealisasikan Prototipe *Forklift Omnidirectional Wheel* dan Lengan Robot Berbasis Mikrokontroler ATmega1284 dan *Joystick* dilakukan melalui beberapa bagian yaitu:

- a. Merealisasikan perancangan mekanik yang sudah di desain dengan Corel Draw kemudian di cetak laser menggunakan bahan akrilik 3mm untuk badan bagian bawah, bagian atas dan penghubung motor dengan roda *omnidirectional wheel*.
- b. Merealisasikan perancangan rangkaian elektronik yang telah di rancang dan di desain menggunakan *software* ARES Proteus kemudian di cetak diatas kertas foto, serta di setrika diatas tembaga PCB. Setelah itu di pasangi komponen yang dibutuhkan, serta melakukan pengujian rangkaian sehingga dapat difungsikan sebagaimana mestinya.
- c. Meralisasikan perancangan perangkat lunak menggunakan *software* Arduino IDE untuk memberi program kepada mikrokontroler ATmega1284 sebagai otak dari alat ini dan penyesuaian program dengan *hardware* yang telah dibuat.

3. Unjuk kerja Prototipe *Forklift Omnidirectional Wheel* dan Lengan Robot Berbasis Mikrokontroler ATmega1284 dan *Joystick*. Rata-rata *error* pergerakan *forklift* dengan masukan sudut program adalah 0.27%, dan pergerakan *forklift* dengan masukan sudut *joystick* adalah 1.67%. Berat barang yang dapat diangkat oleh lengan robot tidak lebih dari 180g. Jarak komunikasi antara *transmitter joystick* dengan *receiver* yaitu sampai dengan 20 meter dalam keadaan penerima terbuka dan 3 meter dalam keadaan penerima tertutup. *Fokrlift* ni sudah dapat berfungsi dengan baik.

B. KETERBATASAN ALAT

Prototipe *Forklift Omnidirectional Wheel* dan Lengan Robot Berbasis Mikrokontroler ATmega1284 dan *Joystick*, memiliki keterbatasan dalam sistem kerjanya, antara lain;

1. Pergerakan *forklift* dengan analog *joystick* kurang presisi terhadap sudut pengujian.
2. Berat maksimum barang yang dapat diangkat tidak lebih dari 180g.
3. Jarak komunikasi wireless *joystick* pada saat di ruang terbuka tidak lebih dari 20m dan keadaan tertutup tidak lebih dari 3m.
4. Gripper atau pencapit tidak tahu posisi posisi persis letak dari barang yang diambil.
5. Prototipe *forklift* membutuhkan sensor untuk membatasi supaya tidak terjadi tabrakan antara barang dengan *forklift*.
6. Semiautomatisasi prototipe *forklift* untuk mengurangi pengoperasian secara berulang-ulang ketempat yang sama.

7. Pembuatan *forklift* yang sesungguhnya membutuhkan komponen yang lebih besar dan lebih baik.

C. SARAN

Berdasarkan keterbatasan waktu, kemampuan, waktu dan dana, penulis mengakui masih adanya kekurangan dalam penggerjaan alat yang dibuat ini, maka disarankan sebagai berikut:

1. Menggunakan analog yang lebih presisi sehingga robot dapat berjalan dengan sudut yang lebih presisi.
2. Menggunakan mekanik lengan robot harus terbuat dari bahan yang lebih ringan dan kuat dari pada akrilik dan mekanik lengan robot harus di desain lebih baik lagi, serta mengganti motor servo dengan motor servo yang memiliki torsi lebih besar sehingga barang yang diangkat lebih dari 180g.
3. Menggunakan remote radio frekuensi yang baik sehingga komunikasi dengan robot dapat pada lebih baik.
4. Menambahkan sensor untuk mendekteksi letak dari barang yang akan diambil sehingga proses pengambilan barang tersebut pas.
5. Menambahkan sensor jarak untuk membatasi jarak antara *forklift* dengan barang sehingga tidak terjadi tabrakan.
6. Menambahkan encoder dan decoder untuk mengulang ulang perintah sehingga tidak dikendalkikan secara *full manual*.
7. Memerlukan komponen-komponen yang dapat digunakan untuk merealisasikan prototipe *forklift* ke bentuk sesungguhnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrianto H. (2008). *Pemrograman Mikrokontroler AVR ATmega16*. Bandung : Informatika.
- Andrianto, H. (2015). *Pemrograman Mikrokontroler AVR ATmega16 Menggunakan Bahasa C (CodeVisionAVR) revisi 2*. Bandung : Informatika.
- Atmel. (2009). *Datasheet ATmega1284*. 8059D–AVR–11/09. San Jose : Atmel Corporation.
- Bastian,A.(2014). *Perancangan Sistem Keamanan Pada Sepeda Motor Dengan Menggunakan ArduinoUno Berbasis Mikrokontroller ATMega328 Melalui Media Handphone*. Laporan Kuliah Kerja Praktek. Sekolah Tinggi Manajemen Dan Ilmu Komputer Raharja. Tangerang.
- Braunl,T. (2008). Embedded Robotics : *Mobile Robot Disain and Application with Embedded System* (3rd ed.). Berlin, Heidelberg: Springer Verlang.
- Chamim. (2012). *Mikrokontroler Belajar Code Vision AVR Mulai Dari Nol*.Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Darmawan, dkk. (2013). *Sistem Informasi Manajemen*. Bandung : PT Remaja Rosdakarya.
- Desiani. (2015). *Aplikasi Sensor Proximity Pada Lengan Robot Sebagai Penyortir Kotak Berdasarkan Ukuran Berbasis Arduino Uno*. Other thesis, tidak dipublikasikan. Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang.
- Doroftei, I. Grosu, V. Spinu, V.(2007). *Omnidirectional Mobile Robot - Design and Implementation, Bioinspiration and Robotics Walking and Climbing Robots*, Maki K. Habib (Ed.), ISBN: 978-3902613-15-8, InTech.
- Elektronika Dasar (2012). *Motor Servo*. Diambil tanggal 29 Juni 2017 dari <http://elektronika-dasar.web.id/>
- Esaco. (2017). *Pengertian Forklift, Fungsi, Bagian dan Jenisnya*. Diambil tanggal 26 juni 2017 dari <http://esaco.co.id/pengertian-forklift-fungsi-bagian-dan-jenisnya>.
- Fakhruddin. (2011). *Rancang Bangun Rescue Robot Dengan Kendali Wireless*. Tugas Akhir. Universitas Hasanuddin. Makasar.
- Jatmika. Nur, Y. (2011). *Cara Mudah Merakit Robot Untuk Pemula*. Yogyakarta: flashbooks.

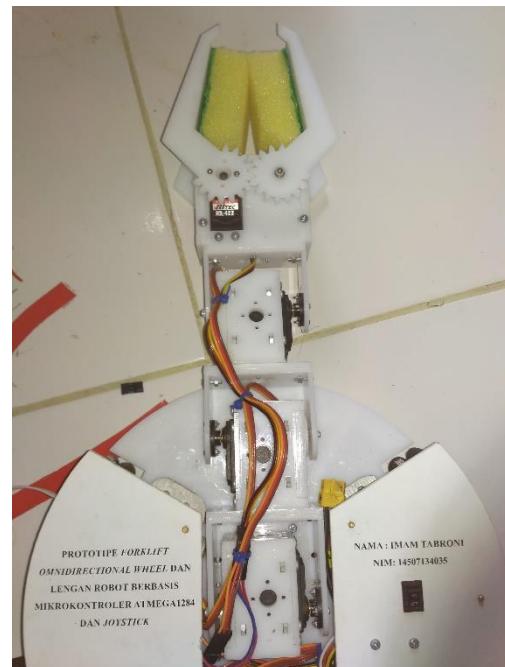
- Madya,D.R.S.(2014). *Prototype Pengendali Pintu Dan Jendela Mobil Menggunakan Smartphone Berbasis Atmega 328p Di Kelurahan Cibogo*. Skripsi. Sekolah Tinggi Manajemen Dan Ilmu Komputer Raharja. Tangerang.
- Mall. (2009). *Rekayasa Perangkat Lunak 2*. Jakarta : PT Rineka Cipta.
- Mcleod Jr, Raymond, Schell, G, P. (2007). *Management Information Systems*.(10th Edition). USA: Pearson Prentice Hall.
- National. (2004). *LM2576/LM2576HV Series Simple Switcher 3A Stepdown Voltage Regulator* : National Semiconductor Corporation.
- Putra, P.G (2013).*Aplikasi Pengenalan Wajah Pada Mobile Robot Omnidirectional Menggunakan Metode Principal Component Analysis (PCA)*. Undergraduate thesis, tidak dipublikasikan. STIKOM Surabaya, Surabaya.
- Rajagukguk, J. (2011). *Analisis Perancangan Forklift Dengan Kapasitas 1 Ton*. Jurnal Kalpika. 3.2.
- Rauf,A.(2016) *Sistem Perpustakaan Menggunakan Radio Frequency Identification (Rfid) Dengan Pendekatan Smart City (Studi Kasus: Perpustakaan Wilayah Soeman Hs Provinsi Riau)*. Skripsi thesis, tidak dipublikasikan. Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Riau.
- Saputra,R.S. (2014). *Prototype Sistem Informasi Cuti Karyawan Berbasis Web Pada Pt. Surya Toto Indonesia*. Laporan Kuliah Kerja Praktek. Sekolah Tinggi Manajemen Dan Ilmu Komputer Raharja. Tangerang.
- Setiawan, A. (2012). *20 Aplikasi Mikrokontroller ATmega 8535 & ATmega 16 menggunakan BASCOM-AVR*. Yogyakarta : Andi Offset.
- Simarmata. (2010). *Rekayasa Perangkat Lunak*. Yogyakarta : Andi Offset.
- Sutra, E.(2015). *Sistem Kendali Joystik Ps2 Wireless Pada Robot Beroda Pemindah Barang Berbasis Arduino*. Other thesis, tidak dipublikasikan. Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang.
- Syahrul. (2014). *Pemrograman Mikrokontroler Avr*. Bandung : Informatika Bandung.
- Syahwil, M. (2013). *Panduan Mudah Simulasi Dan Praktek Mikrokontroler Arduino*. Yogyakarta : Andi Offset.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar Alat



Prototipe *Forklift* dan *Joystick*



Lengan Robot

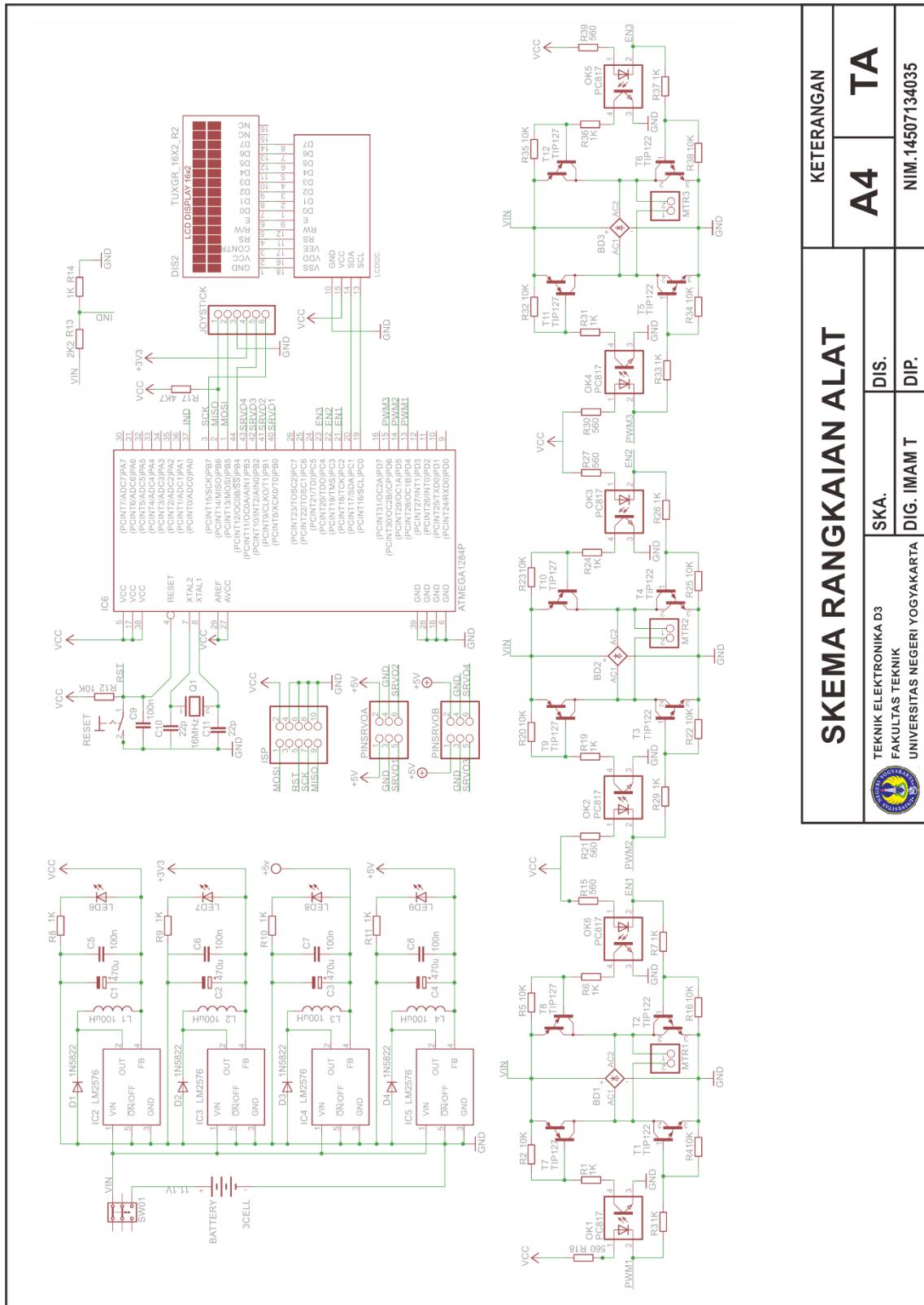


Forklift mengangkat Barang



Pengujian Sudut Gerak *Forklift*

Lampiran 2. Skema Rangkaian



Lampiran 3. Source Code

```
//-----
//-----inialisasi library-----
//-----

#include <PS2X_lib.h>
#include <Servo.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Math.h>

LiquidCrystal_I2C lcd (0x27,16,2);

PS2X ps2x;
int error = 0, aaa=0;
byte type = 0;
byte vibrate = 0;

float Nilaisensor = 0;
float blablabla=1;
float tegangan;
#define indpin 24

//-----
//-----inialisasi servo-----
//-----

Servo servol;
Servo servo2;
Servo servo3;
Servo servo4;

float kecepatan = 100;

void setup()
{
    //-----
    //-----inialisasi pin dan variabel motor DC-----
    //-----
```

```

//-----
int x;
for(x=12;x<16;x++) {pinMode(x,OUTPUT);}
for(x=18;x<22;x++) {pinMode(x,OUTPUT);}
TCCR1A=0xA1;
TCCR1B=0x04;
TCCR2A=0x21;
TCCR2B=0x06;
motor1(0);motor2(0);motor3(0);

lcd.begin();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("      Bismillah      ");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("  Projek Akhir  ");
delay(1000);

Serial.begin(57600); //open serial komunikasi joystick

//konfigurasi Joystick PS2
error = ps2x.config_gamepad(7,5,4,6,true,true);//konfigurasi pin
joystick(clock,command,attention,data,pressure,rumble)
type = ps2x.readType();
delay(1000);
lcd.clear();

//-----
//-----inialisasi pin servo-----
//-----
servo1.attach(0);
servo2.attach(3);
servo3.attach(2);
servo4.attach(1);

//-----
//-----posisi awal servo-----
//-----
servo1.write(600);

```

```

servo2.customSudut(520);
servo3.write(1480);
servo4.write(400);

}

float ubahservo=740,sudutservo=0;
int x = 0;
char ready=1,standby=1, alon=0;
void loop()
{
    if (error==1) return; //skip controller
    if (error==2) return;
    else
    {
        ps2x.read_gamepad(false,vibrate);
        if(ready==1)
        {
            if(ps2x.ButtonReleased(PSB_SELECT)){if(standby==0) standby=1;
            else standby=0; loopbah();ubahservo=740; }

            konversianalogkesudut();
            if(ps2x.ButtonReleased(PSB_L2)){if(alon==0){alon=1;kecepatan=7
            0;}else{alon=0;kecepatan=100;}delay(300);}
            if(standby==1)
            {
                lcd.setCursor(0,0);
                if(ps2x.Button(PSB_BLUE))
                {
                    if(ubahservo<=2040)ubahservo=ubahservo+10;delay(1);
                    lcd.print(" Lengan Naik ");
                }
                else if(ps2x.Button(PSB_GREEN))
                {
                    if(ubahservo>=0)ubahservo=ubahservo-10;delay(1);
                    lcd.print(" Lengan Turun ");
                }
                else if(ps2x.Button(PSB_R1))
                {

```

```

        x=servo4.read();
        if(x<1800)servo4.write(x+30);
        lcd.print(" Tutup Gripper ");
    }
    else if(ps2x.Button(PSB_R2))
    {
        x=servo4.read();
        if(x>0)servo4.write(x-30);
        lcd.print(" Buka Gripper ");
    }
    else lcd.print(" Ready ");
    servoobah();
}
else
{
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print(" Stanby ");
}
}
if(aaa==0)
{
    Nilaisensor=1023;
    for(int x=0;x<100;x++)
    {
        int sample = analogRead(indpin);
        if(sample<Nilaisensor)Nilaisensor=sample;
    }
    tegangan = (float)((Nilaisensor/1023)*5*3.186);
    lcd.setCursor(10,1);
    lcd.print(tegangan);
    lcd.setCursor(15,1);
    lcd.print("V");
}
aaa++;if(aaa>200)aaa=0;
}

void loopobah()

```

```

{
    if(standby==1)
    {
        for(blablabla=1;blablabla<=1720;blablabla++)
        {
            servo1.write(600+((blablabla*55)/172));
            servo2.write(0+((blablabla*172)/172));
            servo3.write(1550-((blablabla*25)/172));
        }
    }
    else if(standby==0)
    {
        if(ubahservo>740){while(ubahservo!=740){ubahservo--
        ;servoobah();delay(1);}

        if(ubahservo<740){while(ubahservo!=740){ubahservo++;servoobah
        ();delay(1);}}
        for(blablabla=1;blablabla<=1720;blablabla++)
        {
            servo1.write(1150-((blablabla*55)/172));
            servo2.write(1720-((blablabla*172)/172));
            servo3.write(1300+((blablabla*18)/172));
        }
        servo2.customSudut(520);
    }
}
}

void servoobah()
{
    if(ubahservo<=740)
    {
        sudutservo=ubahservo;
        servo1.write(700+((sudutservo*45)/74));
        servo2.write(980+((sudutservo*74)/74));
        servo3.write(1000+((sudutservo*30)/74));
    }
    else if(ubahservo<=1290)
    {
}
}

```

```

        sudutservo=ubahservo-740;
        servo1.write(1150+((sudutservo*55)/55));
        servo2.write(1720);
        servo3.write(1300-((sudutservo*44)/55));
    }
    else if(ubahservo<=2040)
    {
        sudutservo=ubahservo-1290;
        servo1.write(1700-((sudutservo*10)/75));
        servo2.write(1720-((sudutservo*75)/75));
        servo3.write(860-((sudutservo*54)/75));
    }
}

//-----
//-----inisialisasi fungsi motor-----
//-----

void motor1(int pwm)
{
    if(pwm<0){digitalWrite(18,HIGH);analogWrite(12,255+pwm);}
    else {digitalWrite(18,LOW);analogWrite(12,pwm);}
}

void motor2(int pwm)
{
    if(pwm<0){digitalWrite(19,HIGH);analogWrite(13,255+pwm);}
    else {digitalWrite(19,LOW);analogWrite(13,pwm);}
}

void motor3(int pwm)
{
    if(pwm<0){digitalWrite(20,HIGH);analogWrite(14,255+pwm);}
    else {digitalWrite(20,LOW);analogWrite(14,pwm);}
}

//-----
//-----jalan motor dengan penentuan sudut-----
//-----

```

```

void jalan (float sudut)
{
    float x,y,z;
    if (sudut<60)
    {
        x = (float) (kecepatan*(sudut)/60);
        y = (float) (-kecepatan);
        z = (float) (kecepatan*(60-sudut)/60);
    }
    else if (sudut<120)
    {
        x = (float) (kecepatan);
        y = (float) (-kecepatan*(120-sudut)/60);
        z = (float) (-kecepatan*(sudut-60)/60);
    }
    else if (sudut<180)
    {
        x = (float) (kecepatan*(180-sudut)/60);
        y = (float) (kecepatan*(sudut-120)/60);
        z = (float) (-kecepatan);
    }
    else if (sudut<240)
    {
        x = (float) (-kecepatan*(sudut-180)/60);
        y = (float) (kecepatan);
        z = (float) (-kecepatan*(240-sudut)/60);
    }
    else if (sudut<300)
    {
        x = (float) (-kecepatan);
        y = (float) (kecepatan*(300-sudut)/60);
        z = (float) (kecepatan*(sudut-240)/60);
    }
    else if (sudut<360)
    {
        x = (float) (-kecepatan*(360-sudut)/60);
        y = (float) (-kecepatan*(sudut-300)/60);
        z = (float) (kecepatan);
    }
}

```

```

    }

lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(sudut);
lcd.print("  ");

motor1((int)x);
motor2((int)y);
motor3((int)z);

}

//-----
//-----konversianalogJoystickesudut-----
//-----

void konversianalogkesudut()
{
    float x=0,y=0,z=0,sudut=0;

    x = ps2x.Analog(PSS_LX);
    y = ps2x.Analog(PSS LY);

    if(x<=128&&y>128){z = pow((128-x),2) + pow((y-128),2);}
    else if(x<128&&y<=128){z = pow((128-x),2) + pow((128-y),2);}
    else if(x>=128&&y<128){z = pow((x-128),2) + pow((128-y),2);}
    else if(x>128&&y>=128){z = pow((x-128),2) + pow((y-128),2);}

    z = sqrt(z);

    if(z>20)
    {
        if(ps2x.Button(PSB_L1))
        {
            if(x<128){motor1((int)-kecepatan);motor2((int)-kecepatan);motor3((int)-kecepatan);}
            else
                if(x>128){motor1((int)kecepatan);motor2((int)kecepatan);motor3((int)kecepatan);}
        }
    }
}

```

```

else
{
    if (x==128&&y>128) {sudut=0; }
    else if (x<128&&y==128) {sudut=90; }
    else if (x==128&&y<128) {sudut=180; }
    else if (x>128&&y==128) {sudut=270; }
    else
    {
        if (x<128&&y>128) {sudut=atan2((128-x), (y-
128)); sudut=sudut*(180/3.14285714); }
        else if (x<128&&y<128) {sudut=atan2((128-y), (128-
x)); sudut=sudut*(180/3.14285714); sudut=sudut+90; }
        else if (x>128&&y<128) {sudut=atan2((x-128), (128-
y)); sudut=sudut*(180/3.14285714); sudut=sudut+180; }
        else if (x>128&&y>128) {sudut=atan2((y-128), (x-
128)); sudut=sudut*(180/3.14285714); sudut=sudut+270; }
    }
    jalan(sudut);
}
}
else
{
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("DIAM      ");
    motor1(0);motor2(0);motor3(0);
}
}

```

Lampiran 4. Datasheet ATmega1284

Features

- High-performance, Low-power AVR® 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 131 Powerful Instructions – Most Single-clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 20 MIPS Throughput at 20 MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- Nonvolatile Program and Data Memories
 - 128K Bytes of In-System Self-Programmable Flash
Endurance: 10,000 Write/Erase Cycles
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
In-System Programming by On-chip Boot Program
True Read-While-Write Operation
 - 4K Bytes EEPROM
Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
 - 16K Bytes Internal SRAM
 - Programming Lock for Software Security
- JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface
 - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
 - Extensive On-chip Debug Support
 - Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
 - Two 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Six PWM Channels
 - 8-channel, 10-bit ADC
Differential mode with selectable gain at 1x, 10x or 200x
 - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
 - Two Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
 - Interrupt and Wake-up on Pin Change
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated RC Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 32 Programmable I/O Lines
 - 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, and 44-pad QFN/MLF
- Operating Voltages
 - 1.8 - 5.5V for ATmega1284P
- Speed Grades
 - 0 - 4 MHz @ 1.8 - 5.5V
 - 0 - 10 MHz @ 2.7 - 5.5V
 - 0 - 20 MHz @ 4.5 - 5.5V
- Power Consumption at 1 MHz, 1.8V, 25°C
 - Active: 0.4 mA
 - Power-down Mode: 0.1 µA
 - Power-save Mode: 0.7 µA (Including 32 kHz RTC)



8-bit AVR® Microcontroller with 128K Bytes In-System Programmable Flash

ATmega1284P

Preliminary

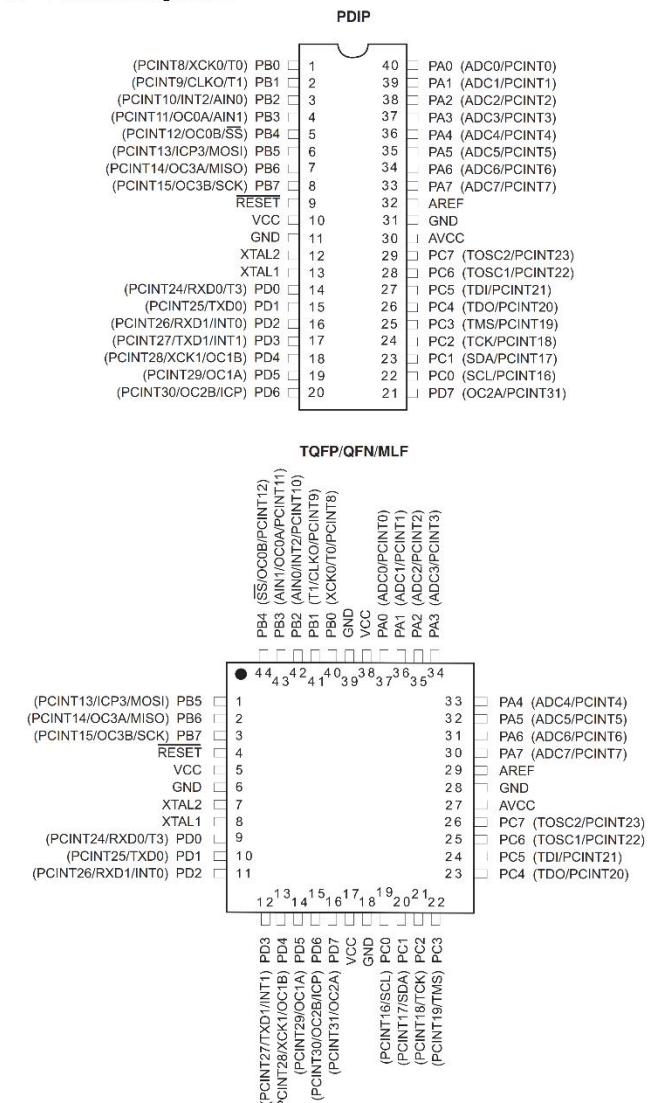
8059D-AVR-11/09



ATmega1284P

1. Pin Configurations

Figure 1-1. Pinout ATmega1284P



Note: The large center pad underneath the QFN/MLF package should be soldered to ground on the board to ensure good mechanical stability.



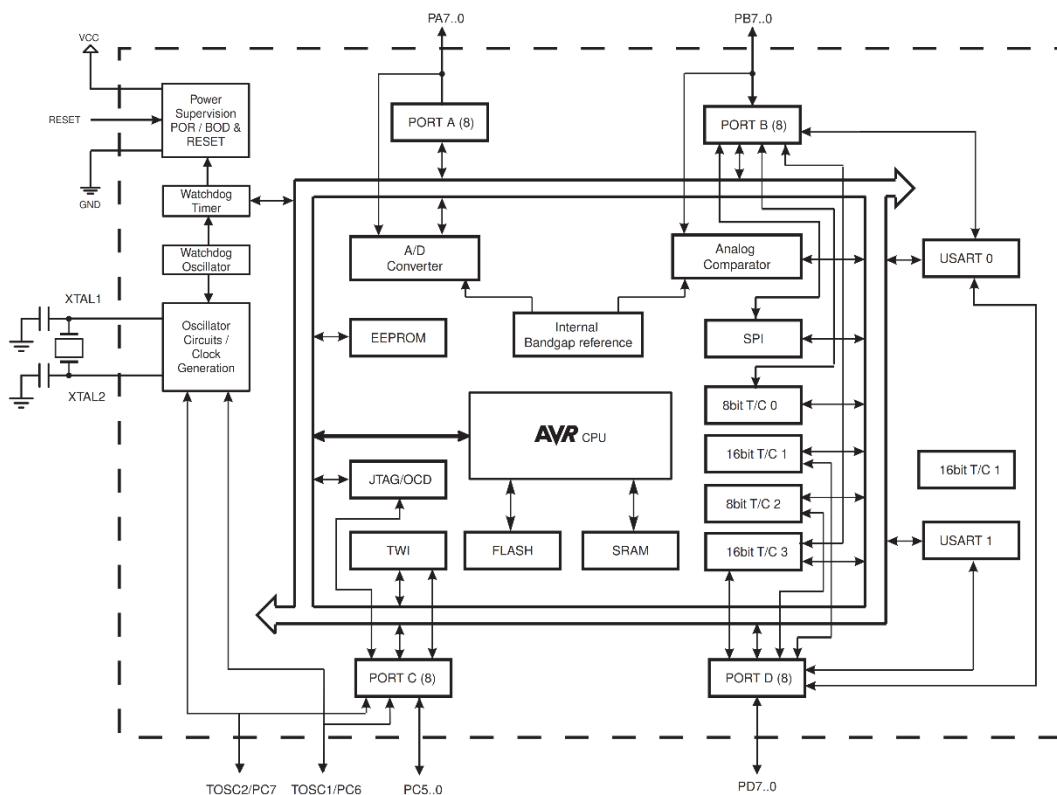
ATmega1284P

2. Overview

The ATmega1284P is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega1284P achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

2.1 Block Diagram

Figure 2-1. Block Diagram



The AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All the 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting architecture is more code efficient while achieving throughputs up to ten times faster than conventional CISC microcontrollers.

The ATmega1284P provides the following features: 128K bytes of In-System Programmable Flash with Read-While-Write capabilities, 4K bytes EEPROM, 16K bytes SRAM, 32 general pur-

ATmega1284P

pose I/O lines, 32 general purpose working registers, Real Time Counter (RTC), three flexible Timer/Counters with compare modes and PWM, 2 USARTs, a byte oriented 2-wire Serial Interface, a 8-channel, 10-bit ADC with optional differential input stage with programmable gain, programmable Watchdog Timer with Internal Oscillator, an SPI serial port, IEEE std. 1149.1 compliant JTAG test interface, also used for accessing the On-chip Debug system and programming and six software selectable power saving modes. The Idle mode stops the CPU while allowing the SRAM, Timer/Counters, SPI port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the register contents but freezes the Oscillator, disabling all other chip functions until the next interrupt or Hardware Reset. In Power-save mode, the asynchronous timer continues to run, allowing the user to maintain a timer base while the rest of the device is sleeping. The ADC Noise Reduction mode stops the CPU and all I/O modules except Asynchronous Timer and ADC, to minimize switching noise during ADC conversions. In Standby mode, the Crystal/Resonator Oscillator is running while the rest of the device is sleeping. This allows very fast start-up combined with low power consumption. In Extended Standby mode, both the main Oscillator and the Asynchronous Timer continue to run.

The device is manufactured using Atmel's high-density nonvolatile memory technology. The On-chip ISP Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system through an SPI serial interface, by a conventional nonvolatile memory programmer, or by an On-chip Boot program running on the AVR core. The boot program can use any interface to download the application program in the application Flash memory. Software in the Boot Flash section will continue to run while the Application Flash section is updated, providing true Read-While-Write operation. By combining an 8-bit RISC CPU with In-System Self-Programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel ATmega1284P is a powerful microcontroller that provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

The ATmega1284P AVR is supported with a full suite of program and system development tools including: C compilers, macro assemblers, program debugger/simulators, in-circuit emulators, and evaluation kits.

2.2 Pin Descriptions

2.2.1 VCC

Digital supply voltage.

2.2.2 GND

Ground.

2.2.3 Port A (PA7:PA0)

Port A serves as analog inputs to the Analog-to-digital Converter.

Port A also serves as an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port A output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port A pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port A pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port A also serves the functions of various special features of the ATmega1284P as listed on page 78.

ATmega1284P

2.2.4 Port B (PB7:PB0)

Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port B also serves the functions of various special features of the ATmega1284P as listed on [page 80](#).

2.2.5 Port C (PC7:PC0)

Port C is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port C output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port C also serves the functions of the JTAG interface, along with special features of the ATmega1284P as listed on [page 83](#).

2.2.6 Port D (PD7:PD0)

Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port D also serves the functions of various special features of the ATmega1284P as listed on [page 86](#).

2.2.7 RESET

Reset input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in "[System and Reset Characteristics](#)" on [page 327](#). Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset.

2.2.8 XTAL1

Input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

2.2.9 XTAL2

Output from the inverting Oscillator amplifier.

2.2.10 AVCC

AVCC is the supply voltage pin for Port F and the Analog-to-digital Converter. It should be externally connected to V_{CC} , even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V_{CC} through a low-pass filter.

2.2.11 AREF

This is the analog reference pin for the Analog-to-digital Converter.

Lampiran 5. Datasheet LM2576

 Product
Folder

 Sample &
Buy

 Technical
Documents

 Tools &
Software

 Support &
Community



LM2576, LM2576HV

SNVS107D – JUNE 1999 – REVISED MAY 2016

LM2576xx Series SIMPLE SWITCHER® 3-A Step-Down Voltage Regulator

1 Features

- 3.3-V, 5-V, 12-V, 15-V, and Adjustable Output Versions
- Adjustable Version Output Voltage Range, 1.23 V to 37 V (57 V for HV Version) $\pm 4\%$ Maximum Over Line and Load Conditions
- Specified 3-A Output Current
- Wide Input Voltage Range: 40 V Up to 60 V for HV Version
- Requires Only 4 External Components
- 52-kHz Fixed-Frequency Internal Oscillator
- TTL-Shutdown Capability, Low-Power Standby Mode
- High Efficiency
- Uses Readily Available Standard Inductors
- Thermal Shutdown and Current Limit Protection

2 Applications

- Simple High-Efficiency Step-Down (Buck) Regulator
- Efficient Preregulator for Linear Regulators
- On-Card Switching Regulators
- Positive-to-Negative Converter (Buck-Boost)

3 Description

The LM2576 series of regulators are monolithic integrated circuits that provide all the active functions for a step-down (buck) switching regulator, capable of driving 3-A load with excellent line and load regulation. These devices are available in fixed output voltages of 3.3 V, 5 V, 12 V, 15 V, and an adjustable output version.

Requiring a minimum number of external components, these regulators are simple to use and include fault protection and a fixed-frequency oscillator.

The LM2576 series offers a high-efficiency replacement for popular three-terminal linear regulators. It substantially reduces the size of the heat sink, and in some cases no heat sink is required.

A standard series of inductors optimized for use with the LM2576 are available from several different manufacturers. This feature greatly simplifies the design of switch-mode power supplies.

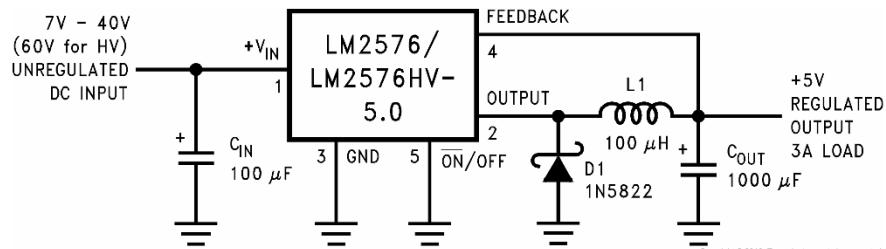
Other features include a $\pm 4\%$ tolerance on output voltage within specified input voltages and output load conditions, and $\pm 10\%$ on the oscillator frequency. External shutdown is included, featuring 50- μ A (typical) standby current. The output switch includes cycle-by-cycle current limiting, as well as thermal shutdown for full protection under fault conditions.

Device Information⁽¹⁾

PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
LM2576	TO-220 (5)	10.16 mm × 8.51 mm
LM2576HV	DDPAK/TO-263 (5)	10.16 mm × 8.42 mm

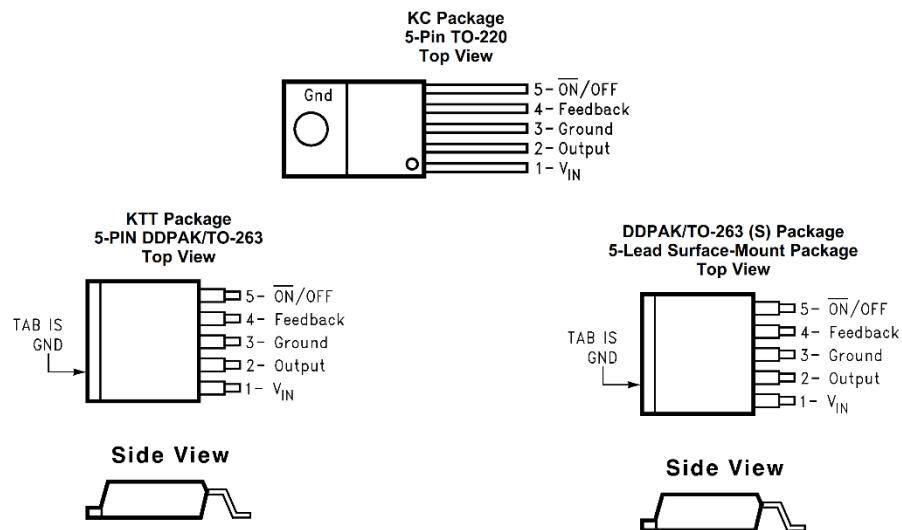
(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the data sheet.

Fixed Output Voltage Version Typical Application Diagram



Copyright © 2016, Texas Instruments Incorporated

5 Pin Configuration and Functions



Pin Functions

NO.	PIN NAME	I/O ⁽¹⁾	DESCRIPTION
1	V _{IN}	I	Supply input pin to collector pin of high-side transistor. Connect to power supply and input bypass capacitors C _{IN} . Path from V _{IN} pin to high frequency bypass C _{IN} and GND must be as short as possible.
2	OUTPUT	O	Emitter pin of the power transistor. This is a switching node. Attached this pin to an inductor and the cathode of the external diode.
3	GROUND	—	Ground pin. Path to C _{IN} must be as short as possible.
4	FEEDBACK	I	Feedback sense input pin. Connect to the midpoint of feedback divider to set V _{OUT} for ADJ version or connect this pin directly to the output capacitor for a fixed output version.
5	ON/OFF	I	Enable input to the voltage regulator. High = OFF and low = ON. Connect to GND to enable the voltage regulator. Do not leave this pin float.
—	TAB	—	Connected to GND. Attached to heatsink for thermal relief for TO-220 package or put a copper plane connected to this pin as a thermal relief for DDPAK package.

(1) I = INPUT, O = OUTPUT

6 Specifications

6.1 Absolute Maximum Ratings

over the recommended operating junction temperature range of -40°C to 125°C (unless otherwise noted)⁽¹⁾⁽²⁾

		MIN	MAX	UNIT
Maximum supply voltage	LM2576		45	V
	LM2576HV		63	
ON/OFF pin input voltage		-0.3V ≤ V ≤ +V _{IN}		V
Output voltage to ground	(Steady-state)	-1		V
Power dissipation		Internally Limited		
Maximum junction temperature, T _J		150		°C
Storage temperature, T _{stg}		-65	150	°C

- (1) Stresses beyond those listed under *Absolute Maximum Ratings* may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, which do not imply functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under *Recommended Operating Conditions*. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.
- (2) If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the TI Sales Office/ Distributors for availability and specifications.

6.2 ESD Ratings

		VALUE	UNIT
V _(ESD)	Electrostatic discharge	Human-body model (HBM), per ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 ⁽¹⁾	±2000 V

- (1) JEDEC document JEP155 states that 500-V HBM allows safe manufacturing with a standard ESD control process.

6.3 Recommended Operating Conditions

over the recommended operating junction temperature range of -40°C to 125°C (unless otherwise noted)

		MIN	MAX	UNIT
Temperature	LM2576, LM2576HV	-40	125	°C
	LM2576		40	
Supply voltage	LM2576HV		60	V

6.4 Thermal Information

THERMAL METRIC ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾	LM2576, LM2576HV		UNIT
	KTT (TO-263)	KC (TO-220)	
	5 PINS	5 PINS	
R _{θJA}	Junction-to-ambient thermal resistance	42.6	°C/W
R _{θJC(top)}	Junction-to-case (top) thermal resistance	43.3	°C/W
R _{θJB}	Junction-to-board thermal resistance	22.4	°C/W
Ψ _{JT}	Junction-to-top characterization parameter	10.7	°C/W
Ψ _{JB}	Junction-to-board characterization parameter	21.3	°C/W
R _{θJC(bot)}	Junction-to-case (bottom) thermal resistance	0.4	°C/W

- (1) For more information about traditional and new thermal metrics, see the *Semiconductor and IC Package Thermal Metrics* application report, [SPRA953](#) and the *Using New Thermal Metrics* applications report, [SBVA025](#).
- (2) The package thermal impedance is calculated in accordance with JESD 51-7
- (3) Thermal Resistances were simulated on a 4-layer, JEDEC board.

6.5 Electrical Characteristics: 3.3 V

Specifications are for $T_J = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise noted).

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT	
SYSTEM PARAMETERS TEST CIRCUIT Figure 26 and Figure 32⁽¹⁾							
V_{OUT}	Output Voltage	$V_{IN} = 12 \text{ V}$, $I_{LOAD} = 0.5 \text{ A}$ Circuit of Figure 26 and Figure 32	3.234	3.3	3.366	V	
	Output Voltage: LM2576	$6 \text{ V} \leq V_{IN} \leq 40 \text{ V}$, $0.5 \text{ A} \leq I_{LOAD} \leq 3 \text{ A}$ Circuit of Figure 26 and Figure 32	$T_J = 25^\circ\text{C}$ Applies over full operating temperature range	3.168	3.3	3.432	V
	Output Voltage: LM2576HV	$6 \text{ V} \leq V_{IN} \leq 60 \text{ V}$, $0.5 \text{ A} \leq I_{LOAD} \leq 3 \text{ A}$ Circuit of Figure 26 and Figure 32	$T_J = 25^\circ\text{C}$ Applies over full operating temperature range	3.135	3.465	V	
η	Efficiency	$V_{IN} = 12 \text{ V}$, $I_{LOAD} = 3 \text{ A}$		75%			

- (1) External components such as the catch diode, inductor, input and output capacitors can affect switching regulator system performance. When the LM2576/LM2576HV is used as shown in Figure 26 and Figure 32, system performance is as shown in *Electrical Characteristics: All Output Voltage Versions*.

6.6 Electrical Characteristics: 5 V

Specifications are for $T_J = 25^\circ\text{C}$ for the Figure 26 and Figure 32 (unless otherwise noted).

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
SYSTEM PARAMETERS TEST CIRCUIT Figure 26 and Figure 32⁽¹⁾						
V_{OUT}	Output Voltage	$V_{IN} = 12 \text{ V}$, $I_{LOAD} = 0.5 \text{ A}$ Circuit of Figure 26 and Figure 32	4.9	5	5.1	V
V_{OUT}	Output Voltage LM2576	$0.5 \text{ A} \leq I_{LOAD} \leq 3 \text{ A}$, $8 \text{ V} \leq V_{IN} \leq 40 \text{ V}$ Circuit of Figure 26 and Figure 32	$T_J = 25^\circ\text{C}$ Applies over full operating temperature range	4.8	5	5.2
				4.75	5.25	V
V_{OUT}	Output Voltage LM2576HV	$0.5 \text{ A} \leq I_{LOAD} \leq 3 \text{ A}$, $8 \text{ V} \leq V_{IN} \leq 60 \text{ V}$ Circuit of Figure 26 and Figure 32	$T_J = 25^\circ\text{C}$ Applies over full operating temperature range	4.8	5	4.75
				5.225	5.275	V
η	Efficiency	$V_{IN} = 12 \text{ V}$, $I_{LOAD} = 3 \text{ A}$		77%		

- (1) External components such as the catch diode, inductor, input and output capacitors can affect switching regulator system performance. When the LM2576/LM2576HV is used as shown in Figure 26 and Figure 32, system performance is as shown in *Electrical Characteristics: All Output Voltage Versions*.

6.7 Electrical Characteristics: 12 V

Specifications are for $T_J = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise noted).

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
SYSTEM PARAMETERS TEST CIRCUIT Figure 26 and Figure 32⁽¹⁾						
V_{OUT}	Output Voltage	$V_{IN} = 25 \text{ V}$, $I_{LOAD} = 0.5 \text{ A}$ Circuit of Figure 26 and Figure 32	11.76	12	12.24	V
V_{OUT}	Output Voltage LM2576	$0.5 \text{ A} \leq I_{LOAD} \leq 3 \text{ A}$, $15 \text{ V} \leq V_{IN} \leq 40 \text{ V}$ Circuit of Figure 26 and Figure 32 and	$T_J = 25^\circ\text{C}$ Applies over full operating temperature range	11.52	12	12.48
				11.4	12.6	V
V_{OUT}	Output Voltage LM2576HV	$0.5 \text{ A} \leq I_{LOAD} \leq 3 \text{ A}$, $15 \text{ V} \leq V_{IN} \leq 60 \text{ V}$ Circuit of Figure 26 and Figure 32	$T_J = 25^\circ\text{C}$ Applies over full operating temperature range	11.52	12	12.54
				11.4	12.66	V
η	Efficiency	$V_{IN} = 15 \text{ V}$, $I_{LOAD} = 3 \text{ A}$		88%		

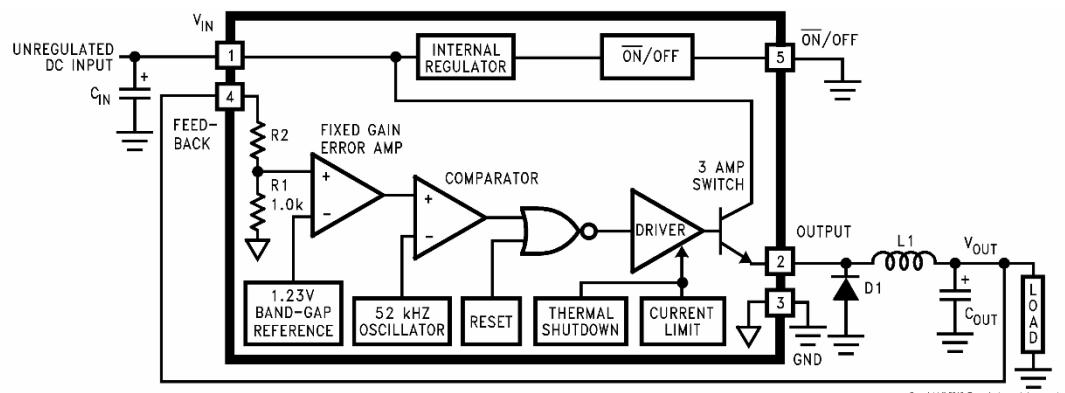
- (1) External components such as the catch diode, inductor, input and output capacitors can affect switching regulator system performance. When the LM2576/LM2576HV is used as shown in Figure 26 and Figure 32, system performance is as shown in *Electrical Characteristics: All Output Voltage Versions*.

7 Detailed Description

7.1 Overview

The LM2576 SIMPLE SWITCHER® regulator is an easy-to-use, non-synchronous step-down DC-DC converter with a wide input voltage range from 40 V to up to 60 V for a HV version. It is capable of delivering up to 3-A DC load current with excellent line and load regulation. These devices are available in fixed output voltages of 3.3 V, 5 V, 12 V, 15 V, and an adjustable output version. The family requires few external components, and the pin arrangement was designed for simple, optimum PCB layout.

7.2 Functional Block Diagram



3.3 V R2 = 1.7 k

5 V, R2 = 3.1 k

12 V, R2 = 8.84 k

15 V, R2 = 11.3 k

For ADJ. Version

R1 = Open, R2 = 0 Ω

Patent Pending

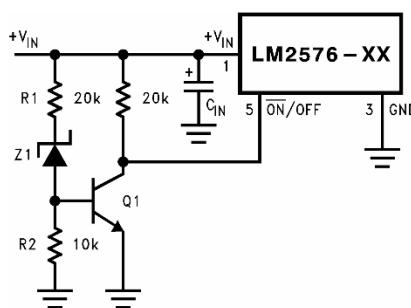
7.3 Feature Description

7.3.1 Undervoltage Lockout

In some applications it is desirable to keep the regulator off until the input voltage reaches a certain threshold. Figure 20 shows an undervoltage lockout circuit that accomplishes this task, while Figure 21 shows the same circuit applied to a buck-boost configuration. These circuits keep the regulator off until the input voltage reaches a predetermined level.

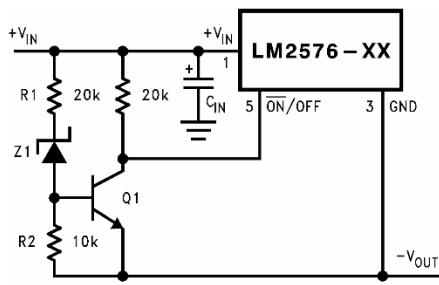
$$V_{TH} \approx V_{Z1} + 2V_{BE}(Q1) \quad (1)$$

Feature Description (continued)


Copyright © 2016, Texas Instruments Incorporated

Complete circuit not shown.

Figure 20. Undervoltage Lockout for Buck Circuit


Copyright © 2016, Texas Instruments Incorporated

Complete circuit not shown (see Figure 24).

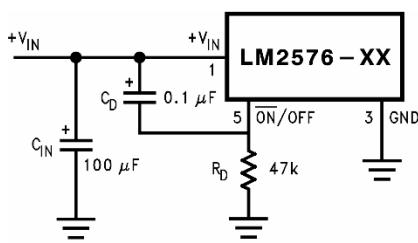
Figure 21. Undervoltage Lockout for Buck-Boost Circuit

7.3.2 Delayed Start-Up

The ON /OFF pin can be used to provide a delayed start-up feature as shown in Figure 22. With an input voltage of 20 V and for the part values shown, the circuit provides approximately 10 ms of delay time before the circuit begins switching. Increasing the RC time constant can provide longer delay times. But excessively large RC time constants can cause problems with input voltages that are high in 60-Hz or 120-Hz ripple, by coupling the ripple into the ON /OFF pin.

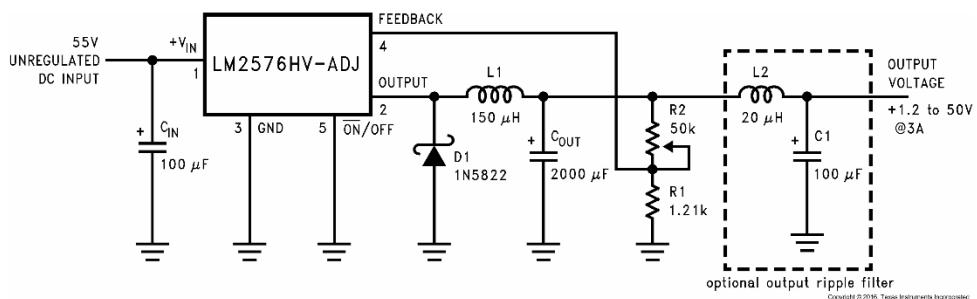
7.3.3 Adjustable Output, Low-Ripple Power Supply

Figure 23 shows a 3-A power supply that features an adjustable output voltage. An additional LC filter that reduces the output ripple by a factor of 10 or more is included in this circuit.

Feature Description (continued)


Copyright © 2016, Texas Instruments Incorporated

Complete circuit not shown.

Figure 22. Delayed Start-Up**Figure 23. 1.2-V to 55-V Adjustable 3-A Power Supply With Low Output Ripple**

7.4 Device Functional Modes

7.4.1 Shutdown Mode

The $\overline{ON/OFF}$ pin provides electrical ON and OFF control for the LM2576. When the voltage of this pin is higher than 1.4 V, the device is in shutdown mode. The typical standby current in this mode is 50 μ A.

7.4.2 Active Mode

When the voltage of the $\overline{ON/OFF}$ pin is below 1.2 V, the device starts switching, and the output voltage rises until it reaches the normal regulation voltage.

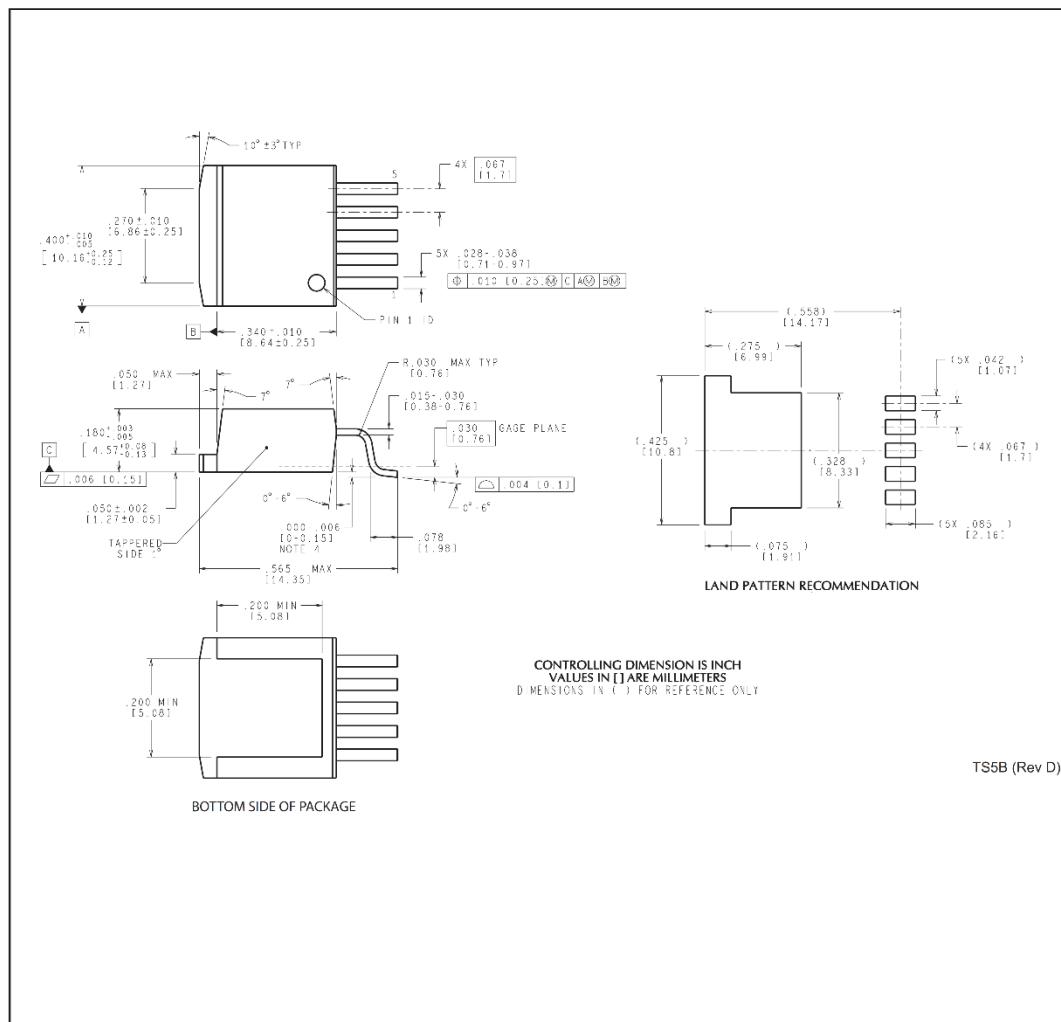
7.4.3 Current Limit

The LM2576 device has current limiting to prevent the switch current from exceeding safe values during an accidental overload on the output. This current limit value can be found in *Electrical Characteristics: All Output Voltage Versions* under the heading of I_{CL} .

The LM2576 uses cycle-by-cycle peak current limit for overload protection. This helps to prevent damage to the device and external components. The regulator operates in current limit mode whenever the inductor current exceeds the value of I_{CL} given in *Electrical Characteristics: All Output Voltage Versions*. This occurs if the load current is greater than 3 A, or the converter is starting up. Keep in mind that the maximum available load current depends on the input voltage, output voltage, and inductor value. The regulator also incorporates short-circuit protection to prevent inductor current run-away. When the voltage on the FB pin (ADJ) falls below about 0.58 V the switching frequency is dropped to about 11 kHz. This allows the inductor current to ramp down sufficiently during the switch OFF-time to prevent saturation.

MECHANICAL DATA

KTT0005B



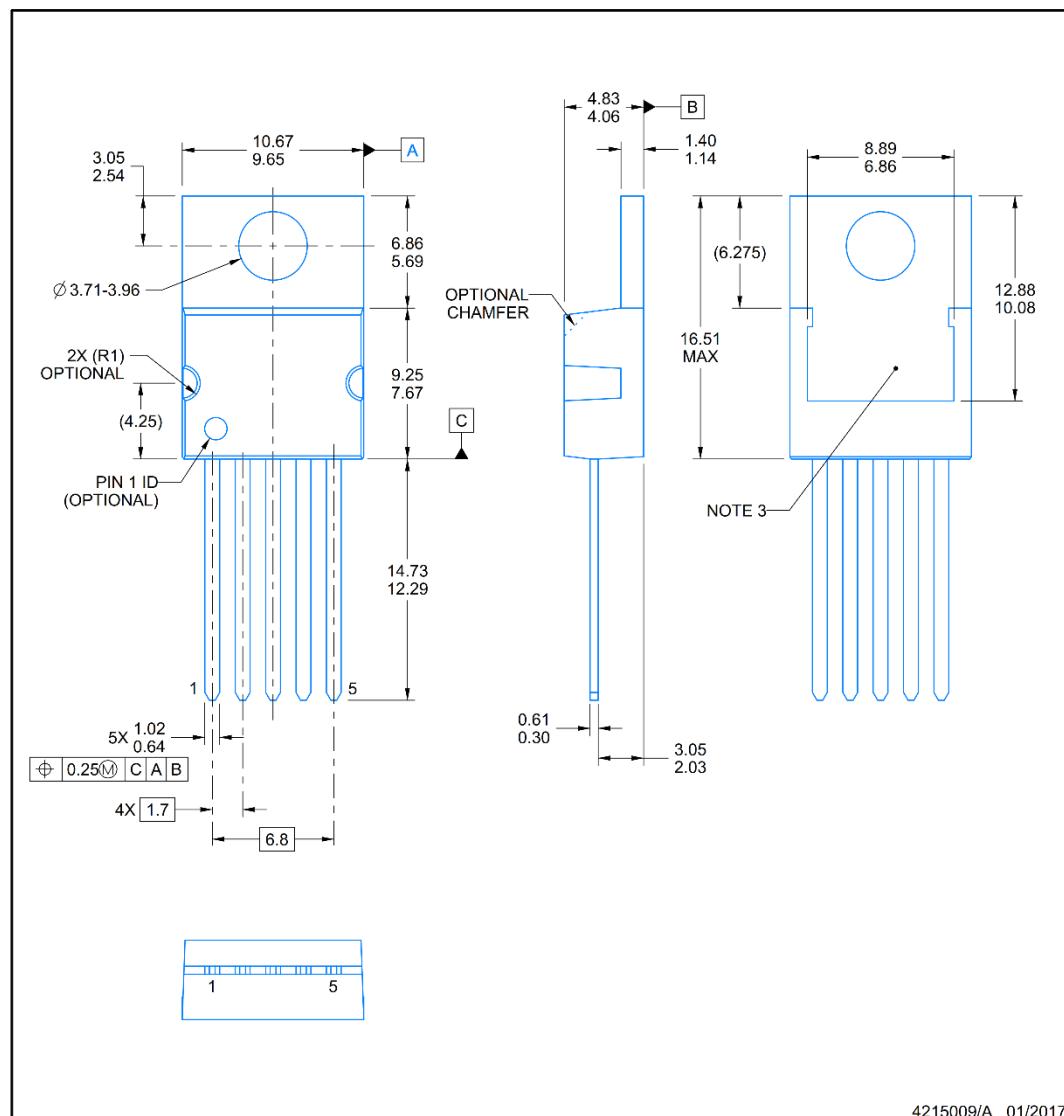


PACKAGE OUTLINE

KC0005A

TO-220 - 16.51 mm max height

TO-220



NOTES:

1. All controlling linear dimensions are in inches. Dimensions in brackets are in millimeters. Any dimension in brackets or parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
 2. This drawing is subject to change without notice.
 3. Shape may vary per different assembly sites.

