



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TE 145561

**RANCANG BANGUN PENGENDALI *HOIST* PADA MINIATUR
*RUBBER TYRED GANTRY CRANE***

Edwin Abdurahman
NRP 22013030005
Riza Kamelia
NRP 22013030029

Dosen Pembimbing
Eko Premunanto, S.T., M.T.

PROGRAM STUDI D3 TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - TE 145561

DESIGN HOIST CONTROLLER FOR MINIATURE RUBBER TYRED GANTRY CRANE

Edwin Abdurahman
NRP 2213030005
Riza Kamelia
NRP 2213030029

Advisor
Eko Pramunanto, S.T., M.T.

ELECTRICAL ENGINEERING D3 STUDY PROGRAM
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini kami menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir kami dengan judul "**Rancang Bangun Pengendali Hoist Pada Miniatur Rubber Tyred Gantry Crane**" adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang kami akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, kami bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 1 Juni 2016



Riza Kamelia
NRP 2213030029



Edwin Abdurahman
NRP 2213030005

RANCANG BANGUN PENGENDALI *HOIST* PADA MINIATUR *RUBBER TYRED GANTRY CRANE*

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik
Pada
Bidang Studi Komputer Kontrol
Program Studi D3 Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui:
Dosen Pembimbing



Eko Pramunanto, S.T., M.T.
NIP. 19661203 199412 1 001

**SURABAYA
JUNI, 2016**

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam semoga selalu dilimpahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW, keluarga, sahabat, dan umat muslim yang senantiasa meneladani beliau.

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan guna menyelesaikan pendidikan Diploma 3 pada Bidang Studi Komputer Kontrol, Program Studi D3 Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan judul:

RANCANG BANGUN PENGENDALI *HOIST* PADA MINIATUR *RUBBER TYRED GANTRY CRANE*

Dalam Tugas Akhir ini dirancang miniatur *rubber tyred gantry crane* dengan pengendali pengereman otomatis pada *hoist* saat melakukan pengambilan kontainer dan sensor jarak untuk mendeteksi tinggi tumpukan kontainer.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu dan Bapak penulis yang memberikan berbagai bentuk doa serta dukungan tulus tiada henti, Bapak Eko Pramunanto, S.T., M.T. atas segala bimbingan ilmu, moral, dan spiritual dari awal hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini. Penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari dan memohon maaf atas segala kekurangan pada Tugas Akhir ini. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dalam pengembangan keilmuan di kemudian hari.

Surabaya, 01 Juni 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	v
RANCANG BANGUN PENGENDALI <i>HOIST</i> PADA MINIATUR <i>RUBBER TYRED GANTRY CRANE</i>	vii
ABSTRAK	ix
<i>ABSTRACT</i>	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	1
1.3 Batasan Masalah	1
1.4 Tujuan	2
1.5 Metodologi Penelitian	2
1.6 Sistematika Laporan	2
1.7 Relevansi	3
BAB II TEORI DASAR	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 <i>Rubber Tyred Gantry Crane</i>	5
2.3 <i>Power Supply</i>	7
2.4 Arduino Mega 2560	7
2.5 Sensor Ultrasonik HC-SR04	9
2.6 Motor <i>Stepper</i>	10
2.7 Driver Motor Stepper (Modul <i>Driver Easy Stepper</i>)	15
2.8 Motor DC	17
2.9 Driver Motor DC L293D	19
2.10 Modul <i>Joystick Dual-Axis XY</i>	20
BAB III PERANCANGAN ALAT	23
3.1 Perancangan dan Pembuatan Mekanik	24
3.2 Perancangan Elektrik	25

3.3 Perancangan Rangkaian <i>Power Supply</i>	27
3.4 Arduino Mega 2560 R3.....	28
3.5 Perancangan Rangkaian Driver Motor DC.....	29
3.6 Perancangan <i>Driver Motor Stepper</i>	30
3.7 Perancangan <i>Software</i>	31
BAB IV PENGUJIAN ALAT.....	33
4.1 Pengujian <i>Power Supply</i>	33
4.2 Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04.....	34
4.3 Pengujian Rangkaian Driver Motor DC.....	38
4.4 Pengujian Motor <i>Stepper</i>	40
4.5 Pengujian Motor DC dengan <i>Joystick</i> dan Sensor Ultrasonik HC-SR04.....	40
4.6 Pengujian Motor <i>Stepper</i> dengan <i>Joystick</i> dan Sensor Ultrasonik HC-SR04.....	43
BAB V PENUTUP.....	45
5.1 Kesimpulan.....	45
5.2 Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA.....	47
LAMPIRAN A.....	A-1
A.1 Listing Program.....	A-1
LAMPIRAN B.....	B-1
B.1 GAMBAR RANCANGAN RUBBER TYRED GANTRY CRANE.....	B-1
B.2 GAMBAR ALAT MINIATUR <i>RUBBER TYRED GANTRY CRANE</i>	B-1
LAMPIRAN C.....	C-1
C.1 <i>Datasheet</i> IC LM317.....	C-1
C.2 <i>Datasheet</i> IC L293.....	C-4
C.3 <i>Datasheet</i> Sensor Ultrasonik HC-SR04.....	C-6
C.4 <i>Datasheet</i> IC A3967.....	C-8
LAMPIRAN D.....	D-1
D.1 Rangkaian Arduino Mega 2560.....	D-1
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	E-1
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	E-3

DAFTAR GAMBAR

	HALAMAN
Gambar 2.1 <i>Rubber Tyred Gantry Crane</i> (RTG)[2].....	6
Gambar 2.2 Blok Diagram Power Supply.....	7
Gambar 2.3 Arduino Mega 2560.....	8
Gambar 2.4 Sensor Ultrasonik HC-SR04.....	9
Gambar 2.5 <i>Timing</i> Diagram HC-SR04.....	10
Gambar 2.6 Bentuk Fisik Motor <i>Stepper</i>	10
Gambar 2.7 Gambar Penampang Melintang Motor <i>Stepper Variable Reluctance</i> (VR).....	13
Gambar 2.8 Motor <i>Stepper</i> Pemanen Magnet (PM).....	13
Gambar 2.9 Penampang Melintang Motor <i>Hybrid</i>	14
Gambar 2.10 Motor <i>Stepper</i> dengan Lilitan Unipolar.....	14
Gambar 2.11 Motor <i>Stepper</i> dengan Lilitan Bipolar.....	15
Gambar 2.12 <i>Easy Driver</i> Motor <i>Stepper</i>	15
Gambar 2.13 Pin <i>Top Board Easy Driver</i> Motor <i>Stepper</i>	16
Gambar 2.14 Pin <i>Bottom Board Easy Driver</i> Motor <i>Stepper</i>	16
Gambar 2.15 Prinsip Kerja Motor DC.....	18
Gambar 2.16 Konstruksi Pin IC L293.....	20
Gambar 2.17 Modul <i>Joystick</i>	20
Gambar 2.18 Diagram Skematik Modul <i>Joystick</i>	21
Gambar 3.1 Diagram Fungsional Miniatur <i>Rubber Tyred Gantry Crane</i>	23
Gambar 3.2 Desain Mekanik <i>Rubber Tyred Gantry Crane</i>	24
Gambar 3.3 Skema Perancangan Elektronik <i>Rubber Tyred Gantry Crane</i>	26
Gambar 3.4 Skematik Rangkaian <i>Power Supply</i> dengan LM317.....	27
Gambar 3.5 Skematik Rangkaian <i>Power Supply</i> 5 volt.....	28
Gambar 3.6 Skema Konfigurasi <i>Driver</i> Motor DC.....	29
Gambar 3.7 Gambar Hubungan <i>Driver</i> Motor <i>Stepper</i> , Motor <i>Stepper</i> dan <i>Arduino Mega</i>	30
Gambar 3.8 <i>Flowchart</i> Program.....	32
Gambar 4.1 <i>Wiring</i> Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04.....	35
Gambar 4.2 <i>Wiring</i> Pengujian <i>Driver</i> Motor DC.....	38

DAFTAR TABEL

	HALAMAN
Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Mega 2560	8
Tabel 2.2 Spesifikasi HC-SR04	10
Tabel 2.3 <i>Truth Table</i> MS1 dan MS2	17
Tabel 3.1 Penggunaan Pin Arduino Mega 2560 R3	28
Tabel 4.1 Tabel Hasil Pengukuran Tegangan <i>Power Supply</i> 0-24 volt ..	33
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran <i>Power Supply</i> 5 volt	34
Tabel 4.3 Hasil Perbandingan Pengukuran Jarak Ultrasonik HC-SR04 sensor 1	35
Tabel 4.4 Hasil Perbandingan Pengukuran Jarak Ultrasonik HC-SR04 sensor 2	36
Tabel 4.5 Hasil Perbandingan Pengukuran Jarak Ultrasonik HC-SR04 sensor 3	37
Tabel 4.6 Hasil Pengujian <i>Driver</i> Motor L293	39
Tabel 4.7 Data Hasil Pengujian Driver Motor DC L293 dengan PWM	39
Tabel 4.8 Hasil Pengujian Motor <i>Stepper</i> dengan <i>Joystick</i>	40
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Motor DC terhadap <i>Joystick</i> dan Sensor Ultrasonik 1 HC-SR04	41
Tabel 4.10 Hasil Pengujian Motor DC terhadap <i>Joystick</i> dan Sensor Ultrasonik 2 HC-SR04	42
Tabel 4.11 Data Hasil Pengujian Motor Stepper dengan Joystick dan Sensor Ultrasonik HC-SR04	43

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rubber tyred gantry crane adalah suatu alat yang digunakan untuk mengangkat suatu kontainer di lapangan peti kemas. *Rubber tyred gantry crane* merupakan jenis crane yang memiliki trek sistem yang ditopang oleh sebuah tiang penyangga pada masing-masing ujung trek dan memiliki roda untuk memindahkan *rubber tyred gantry crane* di blok lainnya. Pada umumnya cara kerja dari *Rubber Tyred Gantry Crane* adalah mengangkat kontainer hingga titik tertinggi atau melakukan gerakan *Hoist*, menggesernya yang disebut gerakan *Trolley* dan membawa ke tempat yang sudah ditentukan. Namun, operator seringkali saat memindahkan kontainer hanya mengangkat sampai setinggi sekiranya tidak ada kontainer lain yang berada di dekatnya dan menggeser kontainer tersebut. Sehingga kadang kala operator kurang waspada dan menabrakkan kontainer tersebut ke kontainer yang berada di tumpukan. Hal ini dapat menyebabkan rubuhnya kontainer dan membuat perusahaan mengalami kerugian berupa kerugian finansial bila barang didalam kontainer rusak dan waktu pengiriman juga terganggu. Maka dari itu dibutuhkan kontrol untuk menangani level ketinggian yang akan diangkat oleh *Rubber Tyred Gantry* dan jarak aman agar dapat digeser tanpa harus mengangkat sampai level tertinggi.

1.2 Permasalahan

Melihat latar belakang di atas, maka dirumuskan permasalahan berupa pengaturan level ketinggian dari gerakan *hoist* atau gerakan naik dan turun pada *rubber tyred gantry crane* saat sedang digeser yang gerakan *trolley* untuk pengangkatan kontainer masih manual berdasarkan intuisi dari operator. Sehingga jaminan dari terhindarnya kecelakaan saat kontainer diangkat masih belum ada, maka dibutuhkan pengaturan level ketinggian secara otomatis.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam perancangan dan pembuatan miniatur *rubber tyred gantry crane* ini adalah :

1. Simulasi *rubber tyred gantry crane* tidak menggunakan roda atau tidak berjalan.
2. Pengendali menggunakan mikrokontroler arduino Mega.

3. Tidak memiliki sistem anti *sway* (bergerak tanpa ayunan).

1.4 Tujuan

Tujuan tugas akhir ini adalah merancang miniatur *Rubber Tyred Gantry Crane* yang dapat melakukan pengendalian *hoist* atau gerakan naik secara otomatis berdasarkan level ketinggian yang diberikan.

1.5 Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan metodologi, yaitu, studi literatur, perancangan *hardware*, perancangan algoritma software, implementasi dan analisis data, dan yang terakhir adalah penyusunan laporan berupa buku Tugas Akhir.

Pada tahap studi literatur akan dipelajari mengenai penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh orang lain terkait dengan perancangan *rubber tyred gantry crane*, karakteristik sensor ultrasonik, materi tentang katrol. Pada tahap perancangan *hardware* dilakukan perancangan desain dari *rubber tyred gantry crane* dan perancangan katrol dan penempatan sensor. Dari perancangan *hardware* tersebut, kemudian dibuat algoritma pemrograman untuk pengereman motor dengan penggunaan sensor. Kemudian, dilakukan pengujian pada alat dan pengambilan data. Data percobaan yang telah diperoleh selanjutnya akan dianalisis. Dari hasil analisis, akan ditarik kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan. Tahap akhir penelitian adalah penyusunan laporan penelitian.

1.6 Sistematika Laporan

Pembahasan Tugas Akhir ini akan dibagi menjadi lima Bab dengan sistematika sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Bab ini meliputi latar belakang, permasalahan, tujuan penelitian, metodologi penelitian, sistematika laporan, dan relevansi.

Bab II Teori Dasar

Bab ini menjelaskan tentang tinjauan pustaka, teori power supply, Arduino Mega 2560, sensor ultrasonik HC-SR04, Motor DC beserta drivernya, Motor Stepper.

Bab III Perancangan Sistem

Membahas perencanaan dan pembuatan tentang perencanaan dan pembuatan perangkat keras (*Hardware*) yang meliputi desain mekanik dan perangkat lunak (*Software*) yang meliputi program yang akan digunakan untuk menjalankan alat tersebut.

Bab IV Implementasi dan Analisis Sistem

Membahas pengujian alat dan menganalisa data yang didapat dari pengujian tersebut serta membahas tentang pengukuran, pengujian, dan penganalisaan terhadap alat.

Bab V Penutup

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari hasil pembahasan yang telah diperoleh.

1.7 Relevansi

Hasil yang diperoleh dari Tugas Akhir ini diharapkan dapat diimplementasikan pada *Rubber Tyred Gantry Crane* untuk membantu perusahaan jasa petikemas dalam memindahkan kontainer agar tingkat kecelakaan karena kelalaian operator berkurang.

BAB II

TEORI DASAR

2.1 Tinjauan Pustaka

Ada beberapa metode yang pernah diusulkan untuk menyelesaikan masalah tabrakan antar kontainer, diantaranya dengan menggunakan metode *Neural Network* dengan simulasi secara *real time* dengan objek mempunyai bentuk yang sama. Hasil yang didapat adalah penempatan dan akurasi yang tepat. Hal ini karena tidak tergantung pada jumlah poligon yang digunakan untuk model objek, melainkan hanya pada jumlah unit saraf jaringan yang digunakan dalam model [1].

Metode lainnya, dengan menggunakan kamera yang dinamakan *magic eye* dan dikembangkan oleh *Mitsubishi Heavy Industry, Ltd.* Metode ini menggunakan kamera yang dipasang pada sudut kanan dan kiri depan. Setiap *magic eye* terdiri dari kamera dan sumber cahaya. Setiap gambar yang ditangkap akan di olah dengan perangkat pengolahan citra untuk mendeteksi posisi dari tepi atas dari tempat target dan tepi bawah tempat mengangkat dan menentukan penyimpangan posisi relatifnya. Hasil yang didapat adalah *magic eye* dapat mendeteksi deviasi dari posisi relatif pada kontainer yang diangkat dari target kontainer untuk memastikan kontrol penumpukan secara akurat meskipun terdapat getaran dan *spreader* yang bergoyang[2].

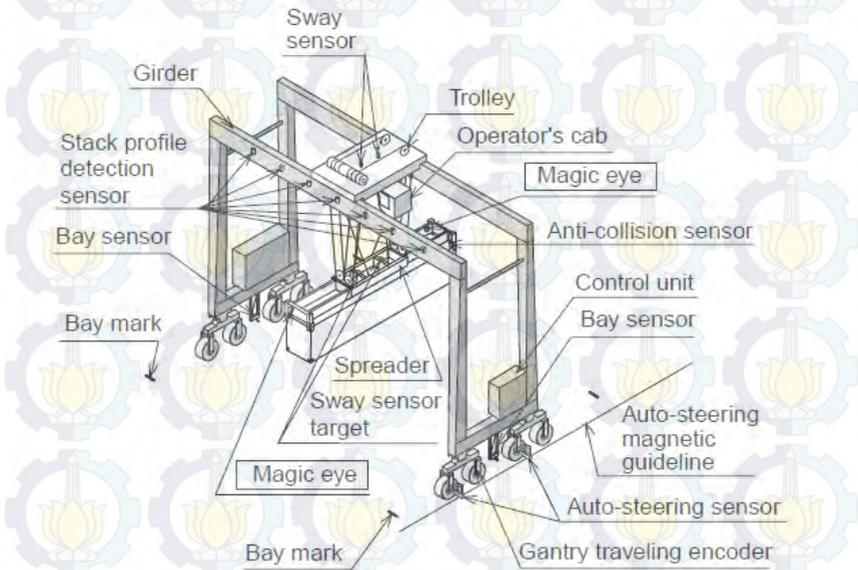
Pada Tugas Akhir ini akan dilakukan perancangan kontrol *hoist* pada miniatur *rubber tyred gantry crane* dengan sensor ultrasonik untuk mendeteksi ketinggian *spreader* saat mengangkat kontainer. Teori dasar yang digunakan adalah pengertian dari *rubber tyred gantry crane*, *power supply* sebagai sumber tegangan dan arus pada rangkaian, *Arduino Mega 2560* sebagai controller, motor DC, motor *stepper*, sensor ultrasonik serta metode katrol untuk mengangkat kontainer.

2.2 Rubber Tyred Gantry Crane

Rubber tyred gantry crane (RTG) seperti pada gambar 2.1 merupakan jenis *crane* jembatan yang berfungsi memindahkan peti kemas di terminal penumpukan peti kemas. Dilengkapi dengan 4 komponen utama yaitu *gantry*, *spreader*, *trolley* dan *rubber tyre*. *Spreader* berfungsi sebagai penjepit peti kemas ketika diangkat dan diturunkan. *Trolley* sebagai tempat bergantungnya *spreader* dan kabin operator, *trolley* dilengkapi dengan motor sehingga dapat bergerak horisontal sepanjang konstruksi *girder runaway* (penampang melintang).

Rubber tyre merupakan ban karet penggerak *gantry* yang dapat dikemudikan untuk berbelok. Pada umumnya cara kerja dari RTG adalah mengangkat kontainer hingga titik tertinggi, menggesernya dan membawa ke tempat yang sudah ditentukan.

Dalam operasinya, RTG *crane* dapat mengangkat beban kontainer berkisar 36 sampai 40 ton dengan kebutuhan listrik rata-rata 300-500kW yang disuplai dari generator listrik. Kecepatan RTG *crane* dalam memindahkan kontainer bergantung pada spesifikasi motor listrik yang digunakan. RTG *crane* menggunakan motor spesifikasi motor AC. Motor AC (motor induksi) merupakan motor yang paling umum digunakan pada berbagai peralatan industri. RTG *crane* banyak melakukan gerak mekanik naik dan turun untuk proses bongkar muat. Gerakan naik dan turun tersebut terkadang mengangkat kontainer dan tidak. Saat mengangkat kontainer dengan berat berkisar 36 sampai 40 ton, kerja motor listrik menjadi besar. Sedangkan saat menurunkan kontainer hanya dibutuhkan daya pengereman yang sesuai agar kontainer aman diletakkan pada tempatnya[3].



Gambar 2.1 Rubber Tyred Gantry Crane (RTG)[2]

2.3 Power Supply



Gambar 2.2 Blok Diagram Power Supply

Hampir semua rangkaian elektronik membutuhkan sumber tegangan DC yang teratur untuk dapat dioperasikan termasuk miniatur *rubber tyred gantry crane*. Pencatutan sumber tegangan dapat dilakukan secara langsung oleh baterai, namun yang lebih umum catu daya yang diperoleh dari sumber AC standar yang kemudian diubah menjadi tegangan DC.

Input sumber memiliki tegangan yang relatif tinggi, yaitu 220V AC yang berasal dari rumah sehingga digunakanlah sebuah transformator *step down* dengan rasio lilitan yang sesuai untuk mengkonversi tegangan ini menjadi tegangan rendah. Output AC dari sisi sekunder transformator kemudian disearahkan menggunakan dioda penyearah untuk menghasilkan output yang masih kasar (*ripple*). Output ini kemudian dihaluskan dan difilter sebelum diteruskan ke rangkaian yang akan menstabilkan tegangan *output* agar tetap berada dalam keadaan yang relatif konstan walaupun terdapan fluktuasi baik pada arus beban maupun pada tegangan *input*. Diagram blok dari pencatutan sumber tegangan ini seperti pada gambar 2.2[4].

2.4 Arduino Mega 2560

Arduino merupakan sebuah *platform* komputasi fisik yang bersifat *open source* dimana Arduino memiliki *input/output* (I/O) yang sederhana yang dapat dikontrol menggunakan bahasa pemrograman. Arduino dapat dihubungkan ke perangkat seperti komputer. Bahasa pemrograman yang digunakan pada Arduino adalah bahasa pemrograman C++ yang telah disederhanakan dengan fitur-fitur dalam *library* sehingga cukup membantu dalam pembuatan program. Ada dua bagian utama pada Arduino, yaitu *hardware* dan *software*. *Hardware* Arduino merupakan papan elektronik yang biasa disebut dengan mikrokontroler. Sedangkan *software* Arduino yang digunakan untuk memasukkan program yang digunakan untuk menjalankan Arduino tersebut.

Arduino Mega 2560 adalah papan mikrokontroler berdasarkan ATmega 2560. Ini memiliki 54 digital pin *input / output* (yang 15 dapat digunakan sebagai *output* PWM), 16 *input* analog, 4 UART (*hardware serial port*), osilator Kristal 16 MHz, koneksi USB, *jack* listrik, *header* ICSP, dan tombol *reset*. Ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, hanya menghubungkan dengan kabel USB. Dapat dilihat pada Gambar 2.3. [5]



Gambar 2.3 Arduino Mega 2560

Hardware Arduino Mega 2560 ditunjukkan oleh Tabel 2.1 sebagai berikut :

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Mega 2560

Mikrokontroler	ATmega 2560
Tegangan Operasi	5 Volt
Tegangan Masukan (disarankan)	7-12 Volt
Tegangan Masukan (<i>limit</i>)	6-20 Volt
Pin Digital I/O	54 (15 pin digunakan keluaran PWM)
Pin <i>Input</i> Analog	16
Arus DC per pin I/O	40 miliAmpere
Arus DC untuk pin 3,3 Volt	50 miliAmpere
<i>Flash Memory</i>	256 KB (8 kb untuk <i>bootloader</i>)
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
<i>Clock Speed</i>	16 MHz

Arduino menggunakan bahasa C++ yang telah dipermudah melalui *library*. Arduino menggunakan *software processing* yang digunakan untuk mengetik program ke dalam aplikasi Arduino. *Processing* sendiri merupakan penggabungan antara bahasa C++ dan Java. *Software* Arduino ini dapat di-*install* di berbagai *operating system* (OS) seperti: LINUX, Mac OS, Windows.

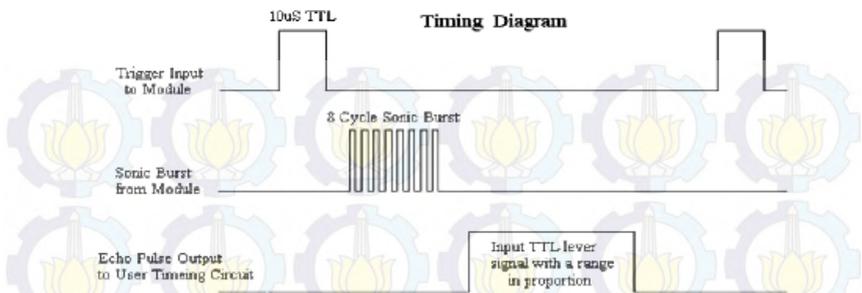
2.5 Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ultrasonik HC-SR04 seperti terlihat pada gambar 2.4 merupakan sensor yang menggunakan sonar untuk menghitung jarak suatu objek seperti yang dilakukan oleh burung kelelawar atau lumba-lumba. Operasional dari sensor ultrasonik HC-SR04 tidak dipengaruhi oleh cahaya matahari atau material berwarna gelap, namun dipengaruhi oleh material akustik. Sensor ini dapat mendeteksi jarak mulai dari 2 centimeter sampai 4 meter dengan akurasi sensor 3milimeter. Modul HC-SR04 terdiri dari ultrasonik *transmitter*, *receiver* dan *control circuit*.

Sensor ultrasonik HC-SR04 memiliki *timing diagram* seperti terlihat pada gambar 2.5 dibawah. Cara kerjanya adalah ketika pin *trigger* diberikan pulsa selama 10us maka sensor akan mengirimkan 8 step sinyal ultrasonik dengan frekuensi 40 KHz. Kemudian sinyal akan diterima oleh pin *echo*. Pin *echo* adalah jarak objek yang memiliki lebar pulsa dengan berbagai proporsi. Untuk menghitung rentang interval waktu antara sinyal *trigger* dan *echo* dengan rumus $uS / 58 = \text{centimeter}$ atau $uS / 148 = \text{inchi}$ atau dengan $\text{range} = \text{high level time} \times \text{velocity} (340 \text{ M/S}) / 2$. Disarankan untuk menggunakan lebih dari 60ms siklus pengukuran untuk mencegah memicu sinyal *echo*. [6]



Gambar 2.4 Sensor Ultrasonik HC-SR04



Gambar 2.5 Timing Diagram HC-SR04

Spesifikasi elektrik dari sensor ultrasonik HC-SR04 terlihat pada tabel 2.2 dibawah :

Tabel 2.2 Spesifikasi HC-SR04

Tegangan Kerja	5 volt DC
Arus Kerja	15 mA
Frekuensi Kerja	40 Hz
Jarak Maksimum Pengukuran	4 meter
Jarak Minimum Pengukuran	2 cm
Sudut Pengukuran	15 ⁰
Sinyal Input Trigger	10 uS pulsa TTL
Sinyal Output Echo	Tergantung masukan sinyal TTL dan rentang pengukuran

2.6 Motor Stepper



Gambar 2.6 Bentuk Fisik Motor Stepper

Motor *stepper* seperti terlihat pada gambar 2.6 adalah perangkat elektromekanis yang bekerja dengan mengubah pulsa elektronis menjadi gerakan mekanis diskrit. Motor stepper bergerak berdasarkan urutan pulsa yang diberikan kepada motor. Satu putaran motor memerlukan 360° dengan jumlah langkah yang tertentu perderajatnya. Ukuran kerja dari motor stepper biasanya diberikan dalam jumlah langkah per-putaran per-detik. Karena itu, Untuk menggerakkan motor stepper diperlukan pengendali motor stepper yang membangkitkan pulsa-pulsa periodik. Penggunaan motor stepper memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan penggunaan motor DC biasa. Keunggulannya antara lain adalah:

1. Sudut rotasi motor proporsional dengan pulsa masukan sehingga lebih mudah diatur.
2. Motor dapat langsung memberikan torsi penuh pada saat mulai bergerak.
3. Posisi dan pergerakan repetisinya dapat ditentukan secara presisi.
4. Memiliki respon yang sangat baik terhadap mulai, stop dan berbalik (perputaran).
5. Sangat reliabel karena tidak adanya sikat yang bersentuhan dengan rotor seperti pada motor DC.
6. Dapat menghasilkan perputaran yang lambat sehingga beban dapat dikopel langsung ke porosnya.
7. Frekuensi perputaran dapat ditentukan secara bebas dan mudah pada range yang luas.

Prinsip kerja motor stepper mirip dengan motor DC, sama-sama dicatu dengan tegangan DC untuk memperoleh medan magnet. Bila motor DC memiliki magnet tetap pada stator, motor stepper mempunyai magnet tetap pada rotor. Adapun spesifikasi dari motor stepper adalah banyaknya fasa, besarnya nilai derajat per step, besarnya volt tegangan catu untuk setiap lilitan, dan besarnya arus yang dibutuhkan untuk setiap lilitan.

Motor stepper tidak dapat bergerak sendiri secara kontinyu, tetapi bergerak secara diskrit per-step sesuai dengan spesifikasinya. Untuk bergerak dari satu step ke step berikutnya diperlukan waktu dan menghasilkan torsi yang besar pada kecepatan rendah. Salah satu karakteristik motor stepper yang penting yaitu adanya torsi penahan, yang memungkinkan motor stepper menahan posisinya yang berguna untuk aplikasi motor stepper dalam yang memerlukan keadaan start dan stop. Motor stepper memiliki karakteristik berupa :

1. Tegangan

Tiap motor stepper mempunyai tegangan rata-rata yang tertulis pada tiap unitnya atau tercantum pada datasheet masing-masing motor stepper. Tegangan rata-rata ini harus diperhatikan dengan seksama karena bila melebihi dari tegangan rata-rata ini akan menimbulkan panas yang menyebabkan kinerja putarannya tidak maksimal atau bahkan motor stepper akan rusak dengan sendirinya.

2. Resistansi

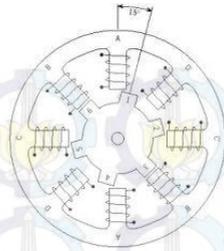
Resistansi per lilitan adalah karakteristik yang lain dari motor stepper. Resistansi ini akan menentukan arus yang mengalir, selain itu juga akan mempengaruhi torsi dan kecepatan maksimum dan motor stepper.

3. Derajat per step

Besarnya derajat putaran per step adalah parameter terpenting dalam pemilihan motor stepper karena akan menentukan ukuran langkah gerakan yang paling kecil (resolusi). Tiap-tiap motor stepper mempunyai spesifikasi masing-masing, antara lain 0.72° per step, 1.8° per step, 3.6° per step, 7.5° per step, 15° per step, dan bahkan ada yang 90° per step. Dalam pengoperasiannya dapat menggunakan 2 prinsip yaitu full step atau half step. Dengan full step berarti motor stepper berputar sesuai dengan spesifikasi derajat per stepnya, sedangkan half step berarti motor stepper berputar setengah derajat per step dari spesifikasi motor stepper tersebut. Pada dasarnya motor *stepper* terdapat tiga tipe yaitu:

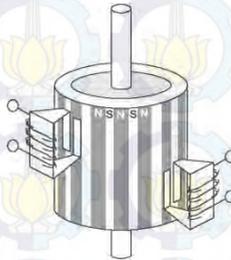
1. Motor Stepper Tipe Variable Reluctance (VR)

Motor stepper jenis ini telah lama ada dan merupakan jenis motor yang secara struktural paling mudah untuk dipahami. Motor ini terdiri atas sebuah rotor besi lunak dengan beberapa gerigi dan sebuah lilitan stator. Ketika lilitan stator diberi energi dengan arus DC, kutub-kutubnya menjadi termagnetasi. Perputaran terjadi ketika gigi-gigi rotor tertarik oleh kutub-kutub stator. Berikut ini adalah penampang melintang dari motor stepper tipe variable reluctance (VR) seperti pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Gambar Penampang Melintang Motor *Stepper Variable Reluctance* (VR)

2. Motor Stepper Tipe Permanent Magnet (PM)



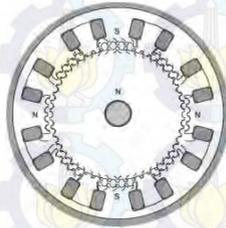
Gambar 2.8 Motor *Stepper* Pemanen Magnet (PM)

Motor stepper jenis ini memiliki rotor yang berbentuk seperti kaleng bundar (tin can) yang terdiri atas lapisan magnet permanen yang diselang-seling dengan kutub yang berlawanan. Dengan adanya magnet permanen, maka intensitas fluks magnet dalam motor ini akan meningkat sehingga dapat menghasilkan torsi yang lebih besar. Motor jenis ini biasanya memiliki resolusi langkah (step) yang rendah yaitu antara $7,5^\circ$ hingga 15° per langkah atau 48 hingga 24 langkah setiap putarannya. Berikut ini adalah ilustrasi sederhana dari motor stepper tipe permanent magnet pada gambar 2.8.

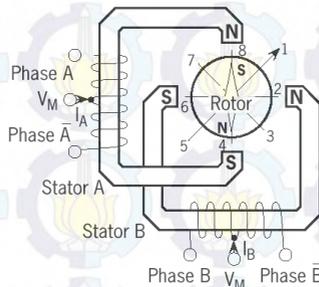
3. Motor Stepper Tipe Hybrid (HB)

Motor stepper tipe hibrid memiliki struktur yang merupakan kombinasi dari kedua tipe motor stepper sebelumnya. Motor stepper tipe hibrid memiliki gerigi seperti pada motor tipe VR dan juga memiliki magnet permanen yang tersusun secara aksial pada batang porosnya seperti motor tipe PM. Motor tipe ini paling banyak digunakan dalam berbagai aplikasi karena kinerja lebih baik. Motor tipe hibrid dapat menghasilkan resolusi langkah yang tinggi yaitu antara $3,6^\circ$ hingga $0,9^\circ$

per langkah atau 100-400 langkah setiap putarannya. Berikut ini adalah penampang melintang dari motor stepper tipe hybrid pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Penampang Melintang Motor Hybrid

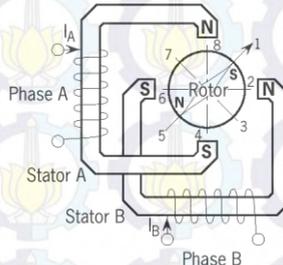


Gambar 2.10 Motor Stepper dengan Lilitan Unipolar

Berdasarkan metode perancangan rangkain pengendalinya, motor stepper dapat dibagi menjadi jenis unipolar dan bipolar. Rangkaian pengendali motor stepper unipolar lebih mudah dirancang karena hanya memerlukan satu switch / transistor setiap lilitannya. Untuk menjalankan dan menghentikan motor ini cukup dengan menerapkan pulsa digital yang hanya terdiri atas tegangan positif dan nol (ground) pada salah satu terminal lilitan (wound) motor sementara terminal lainnya dicatu dengan tegangan positif konstan (VM) pada bagian tengah (center tap) dari lilitan (perhatikan gambar 2.10).

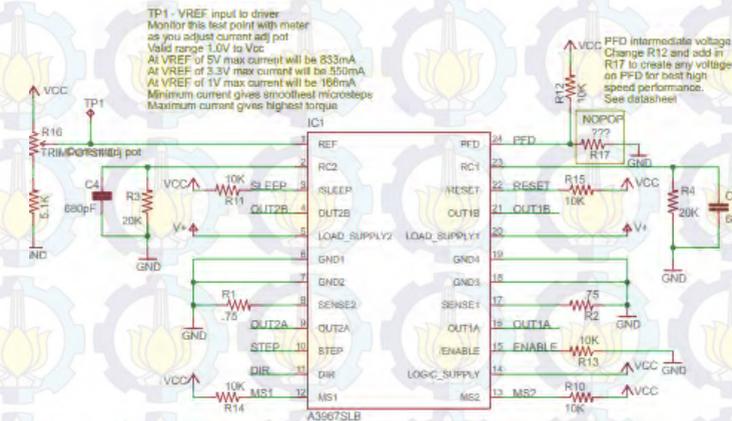
Untuk motor stepper dengan lilitan bipolar, diperlukan sinyal pulsa yang berubah-ubah dari positif ke negatif dan sebaliknya. Jadi pada setiap terminal lilitan (A & B) harus dihubungkan dengan sinyal yang mengayun dari positif ke negatif dan sebaliknya (perhatikan gambar 2.11). Karena itu dibutuhkan rangkaian pengendali yang agak lebih kompleks daripada rangkaian pengendali untuk motor unipolar. Motor

stepper bipolar memiliki keunggulan dibandingkan dengan motor stepper unipolar dalam hal torsi yang lebih besar untuk ukuran yang sama.



Gambar 2.11 Motor Stepper dengan Lilitan Bipolar

2.7 Driver Motor Stepper (Modul Driver Easy Stepper)



Gambar 2.12 Easy Driver Motor Stepper

Driver motor stepper seperti pada skema gambar 2.12 memiliki spesifikasi dapat menggerakkan motor stepper antara 150mA sampai 700mA per fasa. Driver motor stepper menggunakan IC A3967. IC ini dapat menggerakkan motor stepper dengan 4,6 atau 8 konfigurasi kabel. Driver ini menggunakan sumber tegangan 3,3 volt atau 5 volt DC. Konfigurasi top pin dari Easy Driver Motor Stepper seperti gambar 2.13 berikut :



Gambar 2.13 Pin Top Board Easy Driver Motor Stepper

1. Coil A+ : H-bridge 2 output A. Untuk separuh koneksi motor stepper coil A.
2. Coil A- : H-bridge 2 output B. Untuk separuh koneksi motor stepper coil A.
3. Coil B+ : H-Bridge 1 output A. Untuk separuh koneksi motor stepper coil B.
4. Coil B- : H-bridge 1 output B. Untuk separuh koneksi motor stepper coil B.
5. RST : Logic input. Ketika LOW, semua perintah STEP diabaikan dan semua fungsi FET dimatikan. Untuk mengaktifkan kontrol STEP harus diberi HIGH.
6. ENABLE : Logic Input. Untuk mengaktifkan driver motor. Jika HIGH, FET akan mati dan IC tidak men drive motor. Jika LOW, semua FET akan aktif dan men drive motor.
7. MS2 : Logic Input. Terdapat pada truth table pada tabel 2.3 dibawah.
8. GND : Ground
9. M+ : Power Input sebesar 6 – 30V, 2A.

Untuk konfigurasi bottom board pin seperti gambar 2.14 berikut :



Gambar 2.14 Pin Bottom Board Easy Driver Motor Stepper

10. GND : Ground
11. 5V : Output. Pin ini untuk power external circuit. Dibutuhkan arus maksimal 70 mA untuk mengaktifkan fungsi Easy Driver.
12. SLP : Logic Input. Ketika LOW output akan mati dan konsumsi listrik minimal
13. MS1: Logic Input. Seperti pada truth table di tabel 2.3
14. GND : Ground

15. STEP : logic input. Setiap transisi pada pin dari LOW ke HIGH akan memicu motor untuk bergerak 1 step. Arah dan ukuran langkah akan di kontrol dari setting pada pin DIR dan MSx. Ini membutuhkan 0-5V atau 0-3,3V tegangan tergantung *logic selection*.
16. DIR : Logic Input. Pin ini untuk menentukan arah putaran motor. Setiap perubahan HIGH ke LOW atau LOW ke HIGH hanya memberi dampak pada kenaikan berikutnya pada perintah STEP.

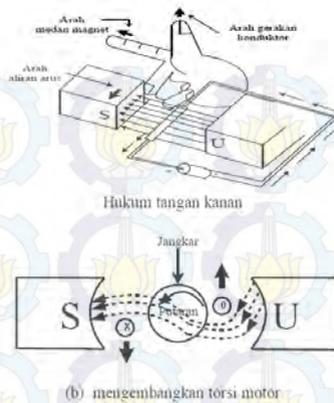
Truth table dari MS1 dan MS2 ditunjukkan pada tabel 2.3 berikut :

Tabel 2.3 *Truth Table* MS1 dan MS2

MS1	MS2	Resolusi
L	L	Full step (2 fasa)
H	L	Half step
L	H	Quarter Step
H	H	Eigh Step

2.8 Motor DC

Motor listrik merupakan perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor DC atau sering disebut motor arus searah lebih sering digunakan untuk keperluan yang membutuhkan pengaturan kecepatan dibandingkan dengan motor AC. Teori dasar dari motor arus searah adalah apabila sebuah kawat berarus diletakkan antara kutub magnet (U-S), maka pada kawat itu akan bekerja suatu gaya yang menggerakkan kawat itu. Motor listrik bekerja dengan prinsip bahwa dua medan magnet dapat dibuat berinteraksi untuk menghasilkan gerakan. Tujuan motor adalah untuk menghasilkan gaya yang menggerakkan (torsi). Prinsip motor ditunjukkan pada gambar 2.15.



Gambar 2.15 Prinsip Kerja Motor DC

Mekanisme kerja untuk motor DC :

1. Arus listrik dalam medan magnet akan memberikan gaya.
2. Jika kawat yang membawa arus dibengkokkan menjadi sebuah lingkaran/loop, maka kedua sisi loop, yaitu pada sudut kanan medan magnet akan mendapatkan gaya pada arah yang berlawanan.
3. Pasangan gaya menghasilkan tenaga putar/torque untuk memutar kumparan.
4. Motor memiliki beberapa loop pada dinamanya untuk memberikan tenaga putaran yang lebih seragam dan medan magnetnya dihasilkan oleh susunan elektromagnetik yang disebut kumparan medan[4].

Ada tiga metode sistem pengereman secara elektris yang dapat diaplikasikan pada motor DC. Berikut tiga metode sistem pengereman pada motor listrik :

1. Pengereman secara regenerative
Pengereman secara regenerative adalah pengereman yang dilakukan dengan menghubungkan antara polaritas positif dan negative, sehingga akan didapat putaran motor akan berhenti dengan cepat.
2. Pengereman secara Dinamis
Pengereman yang dilakukan dengan melepaskan jangkar yang berputar dari sumber tegangan dan memasang tahanan pada terminal jangkar.

3. Pengereman secara Plugging

Pengereman yang dilakukan mampu menghentikan motor lebih cepat dengan menggunakan metode yang disebut metode plugging. Prinsip kerjanya adalah membalikkan arus angker dengan cara membalik terminal sumber. Sehingga akan didapat kondisi motor berputar balik seiring polaritas sumber terbalik.

2.9 Driver Motor DC L293D

Driver yang digunakan pada motor DC adalah driver dengan IC L293D. IC L293D adalah IC yang didesain khusus sebagai *driver* motor DC dan dapat dikendalikan dengan rangkaian TTL maupun mikrokontroler. Motor DC yang dikontrol dengan driver IC L293D dapat dihubungkan ke *ground* maupun ke sumber tegangan positif karena di dalam driver L293D sistem *driver* yang digunakan adalah *totem pool*. Dalam 1 unit chip IC L293D terdiri dari 4 buah driver motor DC yang berdiri sendiri sendiri dengan kemampuan mengalirkan arus 1 Ampere tiap drivernya. Sehingga dapat digunakan untuk membuat *driver* H-bridge untuk 2 buah motor DC. Konstruksi pin *driver* motor DC IC L293D pada gambar 2.16 adalah sebagai berikut. [5]

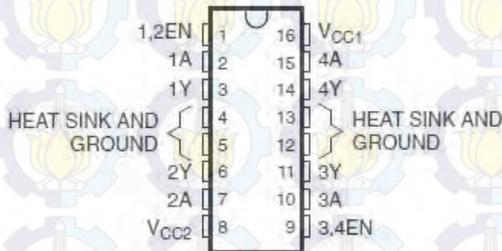
Fungsi Pin Driver Motor DC IC L293D adalah :

1. Pin EN (Enable, EN1.2, EN3.4) berfungsi untuk mengizinkan driver menerima perintah untuk menggerakkan motor DC.
2. Pin In (Input, 1A, 2A, 3A, 4A) adalah pin input sinyal kendali motor DC Pin Out (Output, 1Y, 2Y, 3Y, 4Y) adalah jalur output masing-masing driver yang dihubungkan ke motor DC
3. Pin VCC (VCC1, VCC2) adalah jalur input tegangan sumber driver motor DC, dimana VCC1 adalah jalur input sumber tegangan rangkaian kontrol driver dan VCC2 adalah jalur input sumber tegangan untuk motor DC yang dikendalikan.
4. Pin GND (Ground) adalah jalu yang harus dihubungkan ke ground, pin GND ini ada 4 buah yang berdekatan dan dapat dihubungkan ke sebuah pendingin kecil.

Driver motor DC IC L293D memiliki *feature* yang lengkap untuk sebuah driver motor DC sehingga dapat diaplikasikan dalam beberapa teknik driver motor DC dan dapat digunakan untuk mengendalikan beberapa jenis motor DC. Feature yang dimiliki driver motor DC IC L293D sesuai dengan datasheet adalah sebagai berikut :

1. Wide Supply-Voltage Range: 4.5 V to 36 V
2. Separate Input-Logic Supply

3. Internal ESD Protection Thermal Shutdown
4. High-Noise-Immunity Inputs
5. Functionally Similar to SGS L293 and SGS L293D
6. Output Current 1 A Per Channel (600 mA for L293D)
7. Peak Output Current 2 A Per Channel (1.2 A for L293D)
8. Output Clamp Diodes for Inductive Transient Suppression (L293D)



Gambar 2.16 Konstruksi Pin IC L293

2.10 Modul Joystick Dual-Axis XY

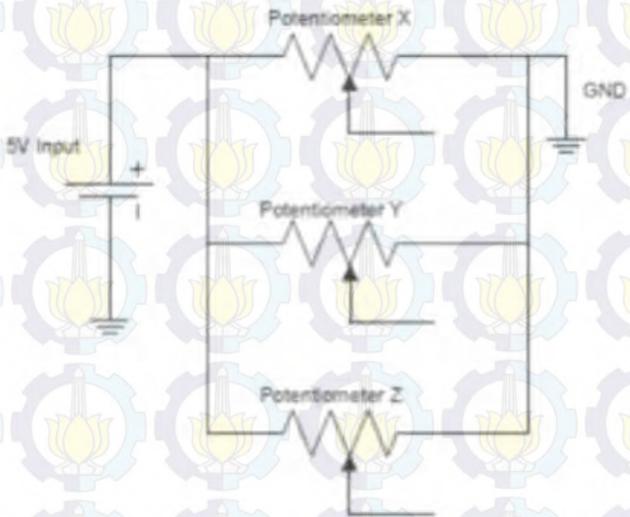


Gambar 2.17 Modul Joystick

Modul *joystick* seperti pada gambar 2.17 ini sama seperti *joystick* analog pada *gamepad*. Ini dibuat dengan memasang 2 buah potensiometer dengan sudut 90° . Potensiometer terhubung dengan *stick* pendek yang berpusat pada pegas.

Modul ini menghasilkan *output* sekitar 2,5 volt dari X dan Y bila dalam posisi ditengah. Menggerakkan *joystick* akan menyebabkan *output* yang bervariasi dari 0 volt hingga 5 volt tergantung pada arah yang ditentukan. Jika modul ini dihubungkan dengan mikrokontroler, maka dapat dilihat nilainya sebesar 512 bila berada pada posisi di

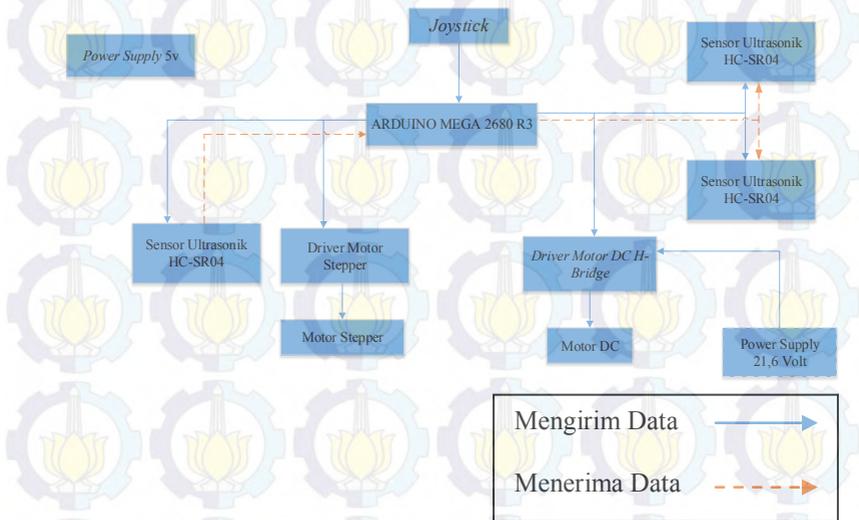
tengah. Bila *joystick* digerakan maka nilainya akan berubah antara 0 – 1023 tergantung pada posisinya. Diagram skematiknya seperti terlihat pada gambar 2.18 dibawah.[6]



Gambar 2.18 Diagram Skematik Modul *Joystick*

BAB III PERANCANGAN ALAT

Bab ini membahas perancangan sistem yang meliputi perancangan *hardware*, *software* dan perancangan mekanik. Diagram fungsional dari keseluruhan Sistem pengendali *rubber tyred gantry crane* terlihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Fungsional Miniatur Rubber Tyred Gantry Crane

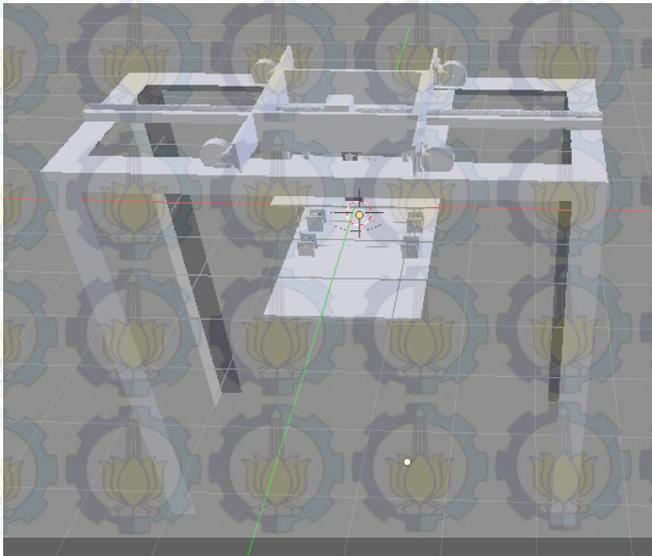
Gambaran kerja dari sistem secara keseluruhan berdasarkan diagram pada gambar 3.1 bahwa *joystick* sebagai *input* pada mikrokontroler Arduino Mega. *Joystick* ini berfungsi untuk menggerakkan motor DC sebagai *hoist* dan motor *stepper* sebagai *trolley*. Ketika *joystick* digerakkan ke depan maka motor DC akan bergerak untuk menurunkan *spreader*. Ketika *joystick* digerakkan kebelakang, maka motor DC akan menaikkan *spreader*. Ketika *joystick* digerakkan ke kanan atau ke kiri maka motor *stepper* yang akan berfungsi dan menggerakkan *spreader* ke kanan atau ke kiri. Sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk sensor jarak pendeteksi kontainer lain. Arduino Mega memberikan masukan ke pin *trigger* sensor ultrasonik dan kemudian pin *echo* akan mengirimkan sinyal balik ke mikrokontroler.

Dari sinyal yang diberikan oleh sensor ultrasonik kemudian mikrokontroler akan membatasi gerakan dari Motor DC dan motor *stepper*. Pembatasan gerakan ini dirancang berupa pemberian level untuk tumpukan kontainer. Level yang diberikan berdasarkan dengan ketinggian dari kontainer dan diberikan level sebanyak 4 karena tumpukan kontainer maksimal 5 tumpukan. Ketika sensor ultrasonik mendeteksi ada kontainer yang lebih tinggi dari kontainer yang diangkat, maka motor *stepper* tidak dapat bergerak sedangkan motor DC masih dapat bergerak sampai level di atasnya.

3.1 Perancangan dan Pembuatan Mekanik

Perancangan mekanik ini berupa perancangan konstruksi dari *crane*. Perancangan ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan kerangka guna menanggung beban dan untuk menentukan peletakan peralatan yang digunakan. Ukuran dari miniatur *rubber tyred gantry crane* adalah panjang 85 sentimeter, lebar 35 sentimeter, dan tinggi 1 meter. Desain perancangan mekanik seperti terlihat pada gambar 3.2.

Pada pengangkatan beban dirancang menggunakan prinsip kerja katrol bebas. Titik tumpu dari katrol diletakkan pada gagang penyangga tempat motor *hoist* diletakkan. Ukuran diameter dari katrol sebesar 3cm.

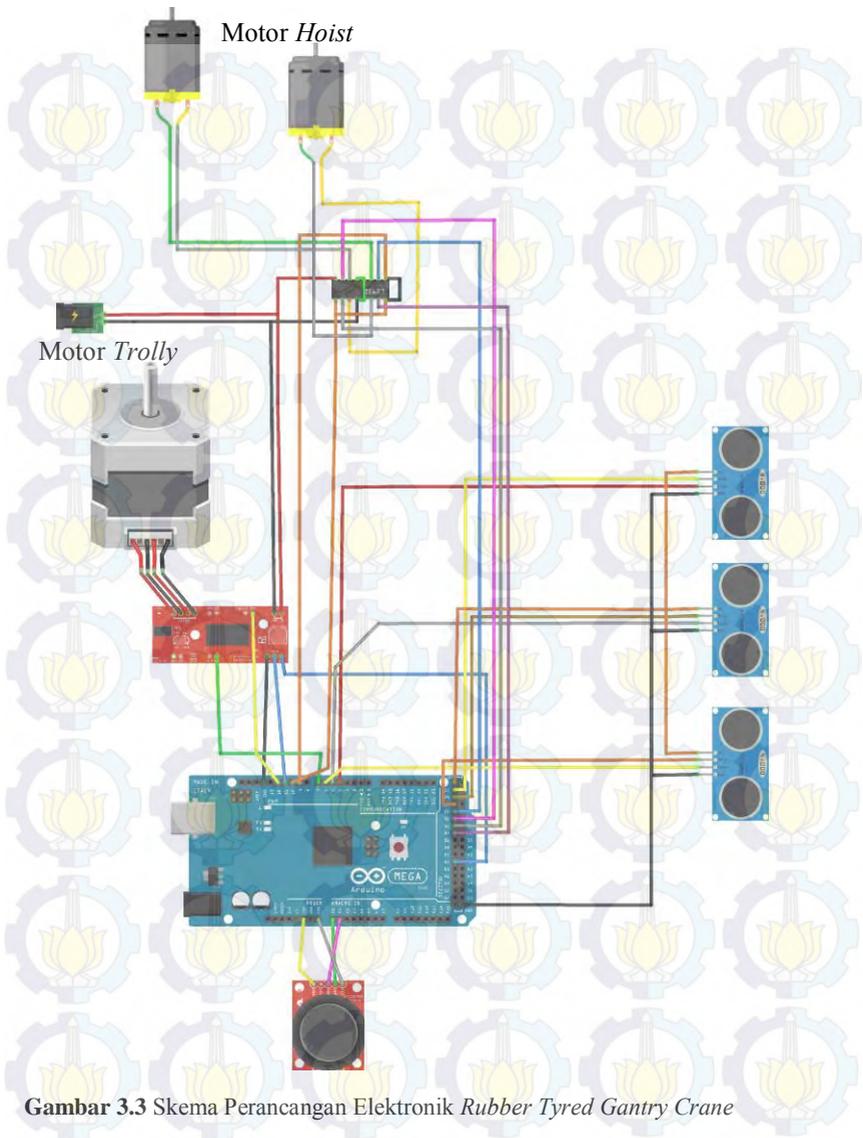


Gambar 3.2 Desain Mekanik *Rubber Tyred Gantry Crane*

3.2 Perancangan Elektrik

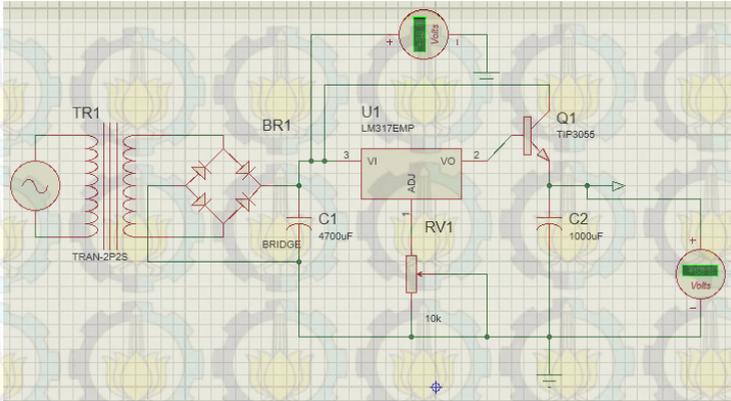
Pada perancangan elektrik pada gambar 3.2 terdapat arduino Mega 2560 R3 sebagai bagian kontrol utama dari *rubber tyred gantry crane*. Arduino ini terhubung dengan beberapa bagian komponen yaitu sensor ultrasonik HC-SR04, Motor DC, Motor Stepper dan *joystick*. Ada 3 buah sensor ultrasonik yang dipasang. Pada sensor ultrasonik pertama digunakan untuk mengukur jarak antara kontainer yang diangkat dengan tanah, sedangkan 2 sensor yang lain digunakan untuk menentukan pembatasan pada objek yang berada di depannya. Pada perancangan ini ditambah 4 buah motor DC untuk mengunci kontainer yang diangkat. Keempat buah motor ini dipasang pada ujung – ujung *spreader* atau tempat untuk mengangkat kontainer.





Gambar 3.3 Skema Perancangan Elektronik *Rubber Tyred Gantry Crane*

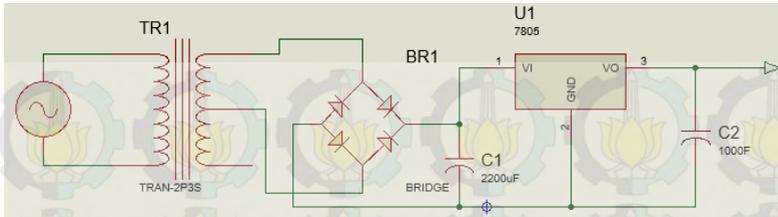
3.3 Perancangan Rangkaian Power Supply



Gambar 3.4 Skematik Rangkaian Power Supply dengan LM317

Power supply digunakan sebagai sumber utama pada rangkaian. Ada 2 buah *power supply* yang digunakan, yaitu dengan output tegangan 21,6 volt yang disesuaikan untuk sumber tegangan motor dan *power supply* 5 volt ke mikrokontroler. Untuk *power supply* 21,6 volt, karena di pasaran tidak ada IC yang dapat mengeluarkan tegangan 21,6 volt, maka digunakan regulator LM317 yang memiliki output *variable* 1,25 sampai 37 volt. Sehingga outputnya bisa disesuaikan dengan tegangana yang dibutuhkan motor, yaitu 21,6 volt. Pada rangkaian ini dipasang dua buah dioda 1N4007 sebagai dioda proteksi untuk mencegah arus hubung singkat dari kapasitor output saat pertama mendapat *supply* agar tidak merusak IC LM317. Skematik dari rangkaian *power supply* seperti pada gambar 3.4.

Untuk *power supply* dengan keluaran 5 volt digunakan IC regulator 7805. *Power supply* yang digunakan pada rangkaian mikrokontroler harus memiliki keluaran yang stabil, sehingga IC 7805 dengan keluaran stabil 5 volt cocok digunakan untuk memberikan masukan pada mikrokontroler. Rangkaian lengkap dari rangkaian *power supply* 5 volt pada gambar 3.4 dibawah.



Gambar 3.5 Skematik Rangkaian *Power Supply* 5 volt

3.4 Arduino Mega 2560 R3

Arduino Mega 2560 R3 adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega 2560 sebagai kontroler dari seluruh aktivitas yang dikerjakan oleh robot. Fungsi utama dari mikrokontroler ini adalah sebagai mengatur motor dan pembacaan nilai sensor yang diolah. Pada Arduino ini terdapat 54 pin digital *input/output*, 15 pin sebagai *output* PWM, 16 pin *input* analog dan, 4 pin sebagai UART (*port serial hardware*, koneksi USB, konverter 5 Volt dan 3,3 Volt, PTR, *jack Input*, *reset switch*). Pada Arduino dalam *rubber tyred gantry crane* kali ini akan terpasang sensor ultrasonik HC-SR04, Driver Motor DC, Driver Motor *Stepper* dan *joytick*. Arduino Mega ini sebagai pengolah data dari sensor Ultrasonik HC-SR04. Penggunaan I/O Modul Arduino Mega 2560 R3 terdapat pada Tabel 3.1 berikut:

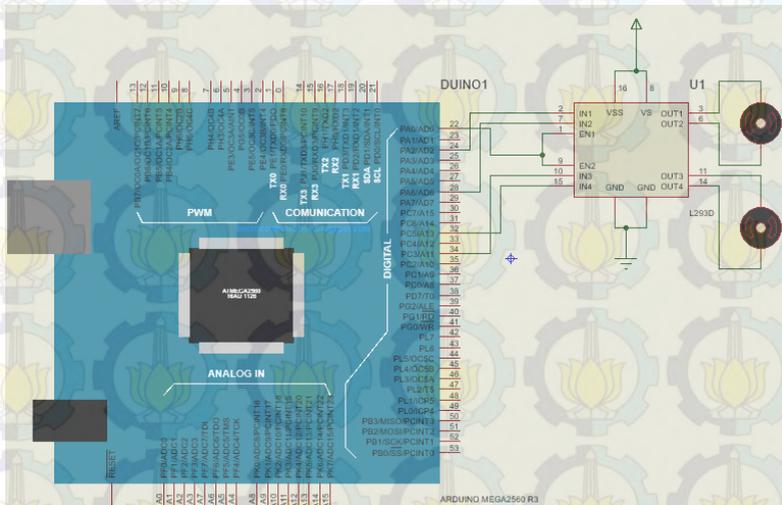
Tabel 3.1 Penggunaan Pin Arduino Mega 2560 R3

No	Alat	Pin Arduino Mega 2560 R3
1	Echo1 HC-SR04	4
2	Trigger1 HC-SR04	2
3	Echo2 HC-SR04	4
4	Trigger2 HC-SR04	2
5	Echo3 HC-SR04	4
6	Trigger3 HC-SR04	2
7	MS1 Driver Motor <i>Stepper</i>	7
8	SLP Driver Motor <i>Stepper</i>	44
9	MS2 Driver Motor <i>Stepper</i>	12
10	Step Driver Motor <i>Stepper</i>	11

No	Alat	Pin Arduino Mega 2560 R3
11	Step Driver Motor <i>Stepper</i>	37
12	Pin 2 (IN1) Driver Motor DC	24
13	Pin 15 (IN4) Driver Motor DC	32
14	Pin 10 (IN3) Driver Motor DC	34
15	Pin 1,9 (EN) Driver Motor DC	22
16	Pin 7 (IN2) Driver Motor DC	28
17	<i>VRx Joystick</i>	A0
18	<i>Vry Joystick</i>	A1

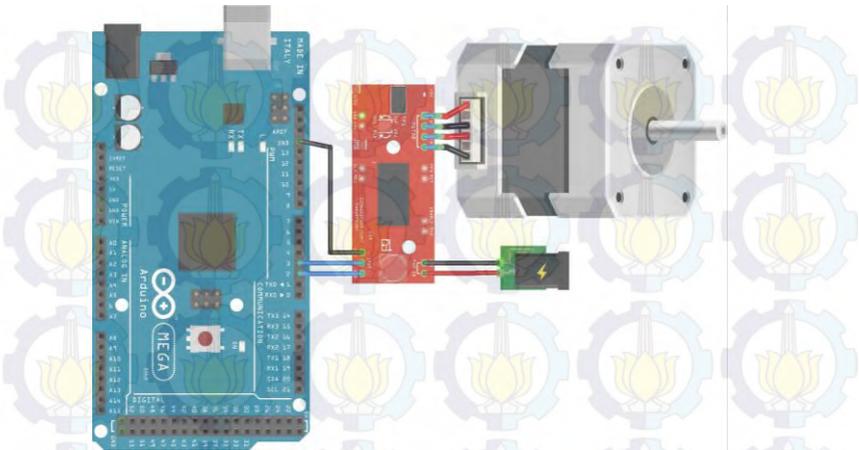
3.5 Perancangan Rangkaian Driver Motor DC

Motor DC yang digunakan pada rangkaian adalah motor DC merk Hosiden dengan spesifikasi tegangan yang dibutuhkan sebesar 21,6 volt sehingga dipilih driver motor L293. Driver motor ini dapat di beri tegangan dari 4,5 volt sampai 36 volt. Bila disambungkan ke arduino seperti rangkaian pada gambar 3.5 dibawah.



Gambar 3.6 Skema Konfigurasi *Driver Motor DC*

3.6 Perancangan *Driver Motor Stepper*



Gambar 3.7 Gambar Hubungan *Driver Motor Stepper*, *Motor Stepper* dan *Arduino Mega*

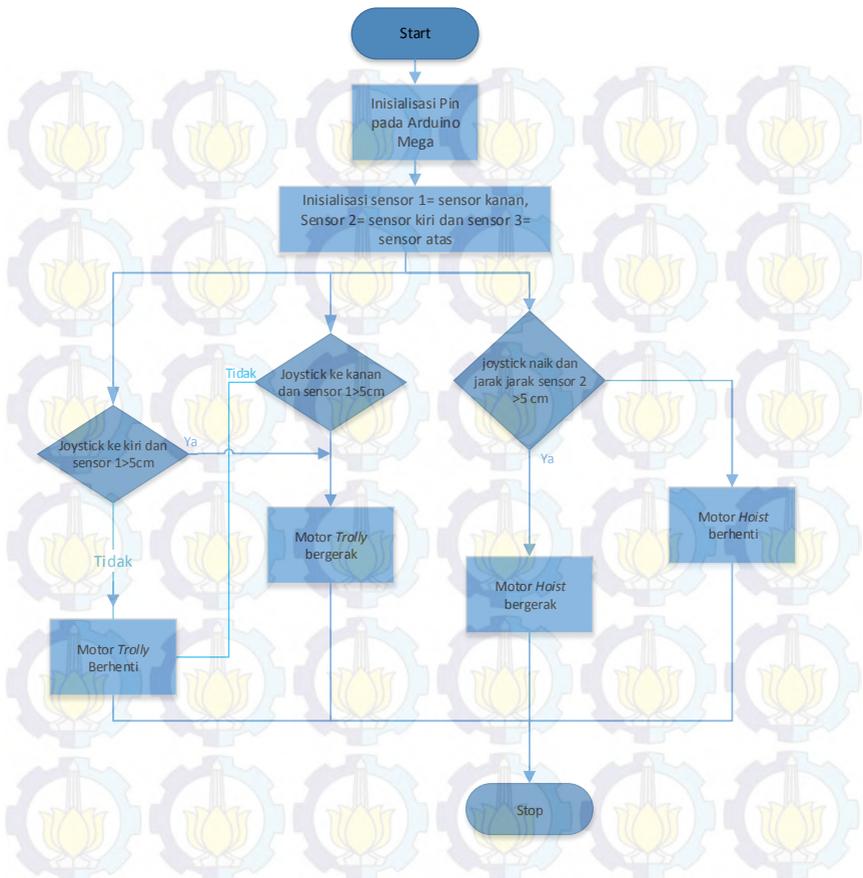
Driver Motor Stepper seperti pada gambar 3.6 ini menggunakan modul easy driver dengan IC A3967. IC A3967 merupakan driver untuk motor stepper yang sudah terintegrasi dengan transistor di dalamnya. Driver ini dapat membuat motor stepper bipolar melakukan step baik dalam mode *full*, *half*, *quarter* dan *eighter* dengan kapasitas output driver sebesar 30 Volt dan 0,75 mA. Memiliki *off-time* regulator arus tetap yang dapat mengoperasikan *current-decay* dalam mode cepat, lambat, maupun campuran dari keduanya. Dengan pengontrolan *current-decay* ini, dapat mengurangi noise motor yang terdengar, meningkatkan *accuracy step*, dan mengurangi disipasi daya.

Dengan memasukkan satu pulsa ke *input step driver*, motor akan melakukan satu *step*(baik itu *full*, *half*, *quarter*, ataupun *eighter* bergantung kepada dua logika masukan). Hal ini dapat dilakukan tanpa perlu melihat tabel sekuensial fase. Hal yang paling penting dari *driver* ini adalah dapat mengurangi jumlah pin masukkan ke Arduino Mega. Yang awalnya perlu empat pin berubah menjadi dua pin saja yang harus diprogram.

3.7 Perancangan Software

Perancangan *software* pada miniatur *rubber tyred gantry crane* ini berupa pembuatan sebuah algoritma pengontrolan gerak motor DC untuk naik dan turun, motor *stepper* untuk ke kanan dan ke kiri dengan kontrol *joystick* serta pembacaan dan pengiriman data pada Arduino Mega menggunakan *IDE Arduino*. Sebelum merancang *software* maka akan dijelaskan terlebih dahulu alur dari sistem yang dibuat. Pada awalnya ketika menggerakkan *joystick* untuk mengambil kontainer kemudian kontainer diangkat lalu digerakkan ke kanan atau kiri. Saat disebelah kanan atau kiri terdapat kontainer lain, maka motor yang bergerak ke kanan atau ke kiri otomatis berhenti dan motor untuk naik atau turun otomatis bergerak sampai ketinggian tertentu. Pada gambar 3.7 merupakan *flowchart* dari program.





Gambar 3.8 Flowchart Program

BAB IV PENGUJIAN ALAT

Bab ini akan membahas mengenai hasil pengujian dan analisa dari komponen yang menyusun alat terhadap motor DC, motor stepper dan beban. Data pengujian sangat diperlukan untuk implementasi pada kinerja sistem. Disamping itu ada faktor-faktor lain yang menyebabkan sistem tidak berjalan secara optimal.

Pengujian merupakan salah satu langkah yang harus dilakukan untuk mengetahui apakah sistem yang dibuat sesuai dengan yang direncanakan. Kesesuaian sistem dengan perencanaan dapat dilihat dari hasil yang dicapai pada saat pengujian sistem. Pengujian juga bertujuan untuk mengetahui kelebihan dan kekurangan dari sistem yang dibuat. Hasil pengujian tersebut akan dianalisa untuk mengetahui penyebab kekurangan sistem.

4.1 Pengujian *Power Supply*

Pada pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tegangan keluaran pada *power supply* untuk sumber tegangan pada motor dan arduino. Hasil yang diperoleh seperti tabel dibawah. Pengujian terhadap *power supply variable* 0-24 volt dilakukan dengan menggunakan multimeter digital yang dihubungkan dengan kaki input untuk mengukur input tegangan dan kaki output untuk mengukur output tegangan. Untuk mengatur tegangan dilakukan dengan cara memutar potensiometer RV1. Hasil dari pengujian didapat seperti tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Tabel Hasil Pengukuran Tegangan *Power Supply* 0-24 volt

No	Vin (volt)	Vout (volt)	Keterangan
1	25,2	23,9	Vout maksimum
2	25,2	20,5	Vout di atur

Dari hasil tegangan diatas dapat diketahui bahwa pada *supply variable* 0-24 volt, *output* tegangan yang terukur sampai ketitik kestabilan mencapai +23,9 volt. Hal ini bisa diakibatkan oleh besar kapasitor yang digunakan untuk mem-*filter* tegangan atau bisa juga dikarenakan dioda yang dipakai mempengaruhi output tegangan. Untuk

output tegangan sebesar 20,5 volt yang diatur merupakan tegangan yang dibutuhkan oleh motor *hoist*.

Selanjutnya dilakukan pengujian terhadap power supply untuk mikrokontroler. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan multimeter digital yang dihubungkan dengan kaki input untuk mengukur tegangan masukan dan kaki output untuk mengukur tegangan keluaran. Hasil pengujian didapat seperti tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran *Power Supply* 5 volt

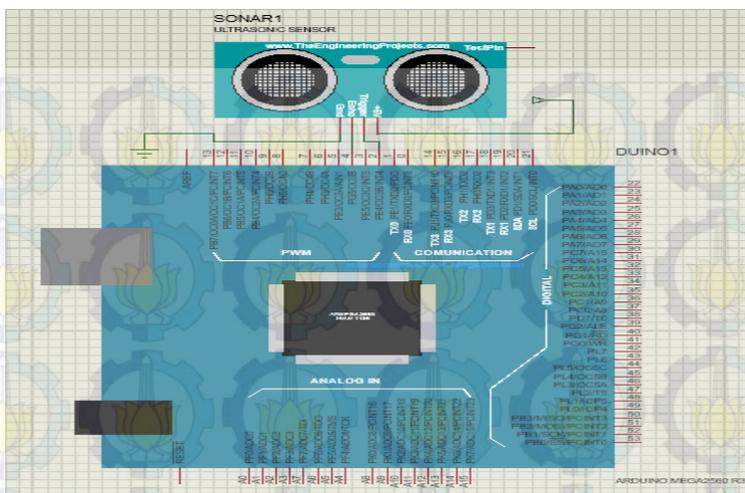
No	Vin (volt)	Vout (volt)
1	12	5,5

Dari hasil tegangan diatas dapat diketahui bahwa pada *supply* 5 volt, *output* tegangan yang terukur sampai ketitik kestabilan mencapai 5,5 volt. Hal ini bisa diakibatkan oleh besar kapasitor yang digunakan untuk mem-*filter* tegangan atau bisa juga dikarenakan dioda yang dipakai mempengaruhi output tegangan

4.2 Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

Pengujian sensor ultrasonik bertujuan untuk mengetahui jarak minimum dan maksimum yang dapat diukur oleh sensor ultrasonik HC-SR04 serta membandingkan jarak sebenarnya dengan jarak hasil pengukuran menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04.

Pengujian rangkaian sensor ultrasonik HC-SR04 dilakukan dengan menghubungkan antara modul sensor ultrasonik HC-SR04 dengan arduino Mega 2560. Pin – pin pada HC-SR04 yang dihubungkan antara lain pin sumber tegangan +5v dihubungkan dengan kutub positif pada supply, Pin Trigger dihubungkan dengan pin 2, Pin Echo dihubungkan dengan pin 4 dan pin Ground dihubungkan dengan kutub negatif pada supply seperti pada gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Wiring Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

Cara kerja dari sensor ultrasonik HC-SR04 adalah mula – mula HC-SR04 diaktifkan melalui pin Trigger minimal 10 μ s dengan mengirimkan pulsa positif dari IC mikrokontroler. Selanjutnya pin TX akan mengirim sinyal pada saat logika 1 atau high yang mengenai penghalang dan sinyal pantulan dari penghalang akan diterima oleh RX. Pada saat menerima sinyal pantulan, RX berlogika 0 atau low, dimana sinyal dari RX akan dilewatkan melalui pin Echo. Lebar sinyal dari Echo inilah yang akan digunakan untuk pengukuran jarak. Selanjutnya adalah melakukan ujicoba pengukuran jarak sensor ultrasonik HC-SR04 dengan cara menempatkan sensor ultrasonik di depan penghalang dan memvariasi jarak pengukuran. Untuk mengukur periode didapat dari pengukuran dengan osiloskop. Hasil yang didapat dari pengukuran jarak adalah pada tabel 4.3, 4.4 dan 4.5.

Tabel 4.3 Hasil Perbandingan Pengukuran Jarak Ultrasonik HC-SR04 sensor 1

Pengukuran jarak dengan penggaris (cm)	Pengukuran jarak dengan ultrasonik sensor 1 (cm)	Selisih hasil pengukuran (cm)	Error (%) (4.1)	Perioda (detik)
0	Tidak terbaca	-	-	0
1	Tidak terbaca	-	-	0

Pengukuran jarak dengan penggaris (cm)	Pengukuran jarak dengan ultrasonik sensor 1 (cm)	Selisih hasil pengukuran (cm)	Error (%) (4.1)	Perioda (detik)
3	3	0	0	0,0005
4	4	0	0	0,00055
5	5	0	0	0,0006
7	7	0	0	0,0007
10	10	0	0	0,00085
15	16	1	6,7	0,0011
20	21	1	5	0,00135
25	26	1	4	0,0016
50	52	2	4	0,00285
60	62	2	3	0,00335
80	83	3	3,75	0,00435
100	104	4	4	0,0055
Rata-rata error			0,6	

$$\text{Error} = \frac{\text{pengukuran_penggaris} - \text{pengukuran_sensor}}{\text{pengukuran_penggaris}} \times 100\% \quad (4.1)$$

Tabel 4.4 Hasil Perbandingan Pengukuran Jarak Ultrasonik HC-SR04 sensor 2

Pengukuran jarak dengan penggaris (cm)	Pengukuran jarak dengan ultrasonik (cm)	Selisih hasil pengukuran (cm)	Error (%)	Perioda (detik)
0	Tidak terbaca	-	-	0
1	Tidak terbaca	-	-	0
3	3	0	0	0,0005
4	4	0	0	0,00055
5	5	0	0	0,0006
7	7	0	0	0,0007
10	10	0	0	0,00085
15	15	0	0	0,0011

Pengukuran jarak dengan penggaris (cm)	Pengukuran jarak dengan ultrasonik (cm)	Selisih hasil pengukuran (cm)	Error (%)	Perioda (detik)
20	19	1	5	0,00135
25	26	1	4	0,0016
50	52	2	4	0,00285
60	62	2	3,3	0,00335
80	80	0	0	0,00435
100	100	0	0	0,0055
Rata-rata Error			1,16	

Tabel 4.5 Hasil Perbandingan Pengukuran Jarak Ultrasonik HC-SR04 sensor 3

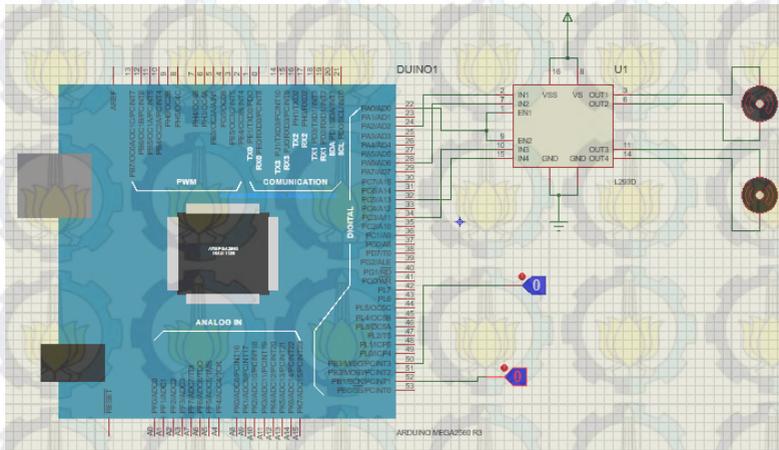
Pengukuran jarak dengan penggaris (cm)	Pengukuran jarak dengan ultrasonik (cm)	Selisih hasil pengukuran (cm)	Error (%) [4.1]	Perioda (detik)
0	Tidak terbaca	-	-	0
1	Tidak terbaca	-	-	0
3	3	0	0	0,0005
4	3	0	0	0,00055
5	4	0	0	0,0006
7	7	0	0	0,0007
10	10	0	0	0,00085
15	15	0	0	0,0011
20	22	2	10	0,00135
25	24	1	4	0,0016
50	50	0	0	0,00285
60	63	3	5	0,00335
80	80	0	0	0,00435
100	103	3	3	0,0055
Rata-rata			1,5	

Dari hasil pengujian yang dilakukan didapatkan hasil bahwa sensor ultrasonik HC-SR04 dapat mengukur jarak mulai dari 2 cm sampai 400 cm. Namun karena keterbatasan pada alat ukur, maka hanya mengambil data hingga 100 cm. Angka yang ditampilkan pada serial monitor arduino terdapat selisih jarak sebenarnya dengan rata-rata error pada sensor 1 sebesar 0,6%, sensor 2 sebesar 1,16% dan sensor 3 sebesar 1,5%.

Karena eror hasil pengukuran sensor ultrasonik tidak besar, maka sensor tidak dilinierisasi. Ketidak akuratan sensor mengukur dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah karakteristik penghalang atau objek yang dapat memantulkan sinyal kembali ke sensor ultrasonik dan adanya sinar matahari yang dapat mengganggu jalannya sinyal dari sensor ultrasonik. Namun pembacaan pada serial monitor hanya dapat mengukur antara 2 cm sampai 2 m dikarenakan saat mengukur sensor berada di dalam ruangan.

4.3 Pengujian Rangkaian Driver Motor DC

Pada Rangkaian driver motor ini pengujian dilakukan seperti gambar 4.2. Percobaan dilakukan dengan memberi input 0 atau 1 pada IC L293D dan didapatkan hasil seperti tabel 4.6.



Gambar 4.2 Wiring Pengujian Driver Motor DC

Tabel 4.6 Hasil Pengujian *Driver* Motor L293

PIN L293D			Kondisi Motor
Enable	Input 1	Input 2	
0	0	0	Diam
1	0	0	Diam
0	1	0	Diam
0	0	1	Diam
1	1	1	Diam
1	1	0	Putar Kanan
1	0	1	Putar Kiri

Melihat dari data diatas, dapat diketahui bahwa kaki enable harus memiliki tegangan *high* agar dapat memutar motor. Putaran arah motor ditentukan oleh kaki input 1 dan input 2. Secara keseluruhan, rangkaian driver motor DC siap untuk digunakan.

Selanjutnya dilakukan pengujian terhadap driver motor DC saat diberikan setting PWM. Hal ini dilakukan untuk mengetahui berapa nilai tegangan normal dan arus normal yang dapat dioperasikan, serta melihat kondisi output dari driver IC L298. Apakah sesuai dengan instruksi dari setting pwm yang diberikan. Hasil pengujian terlihat pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Data Hasil Pengujian Driver Motor DC L293 dengan PWM

No	Setting PWM (0-255)	Tegangan (volt)	Nilai Putaran (RPM)
1	0	0	0
2	5	0,6	0
3	20	7,4	0
4	40	9	0
5	45	9,5	0
6	50	12	30
7	60	14	50
8	100	15	70
9	170	19	85
10	190	19,2	85

No	Setting PWM (0-255)	Tegangan (volt)	Nilai Putaran (RPM)
11	210	19,5	94
12	230	20	105
13	247	20	105
14	250	20	105
15	255	20	105

Dari tabel 4.7 diatas dapat diketahui bahwa semakin cepat besar PWM yang diberikan, maka kecepatan motor DC semakin cepat. Motor DC mencapai kecepatan maksimum saat mencapai nilai 230.

4.4 Pengujian Motor Stepper

Pengujian ini bertujuan untuk mengamati pergerakan motor stepper saat digerakkan maju atau mundur dengan *joystick* apakah sesuai dengan program atau tidak. Program yang diberikan adalah pada lampiran. Hasil pengujian didapatkan pada tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Motor Stepper dengan *Joystick*

Joystick	Respon Motor
Atas (X+)	Putar Kiri
Bawah (X-)	Putar Kanan

Hasil Pengujian ini dilakukan sebelum diberi beban. Hasil respon dari motor sesuai dengan perintah yang diberikan.

4.5 Pengujian Motor DC dengan *Joystick* dan Sensor Ultrasonik HC-SR04

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui respon motor DC terhadap sensor apakah sudah dapat bekerja dengan baik atau belum. Waktu respon yang diukur pada pengujian diambil dari motor mulai naik. Hasil dari pengujian ini diambil dari pengujian tiap sensor. Untuk pengujian sensor ultrasonik 1 adalah pada tabel 4.9.

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Motor DC terhadap *Joystick* dan Sensor Ultrasonik 1 HC-SR04

<i>Joystick</i>	Beban (gram)	Kecepatan Motor DC (rpm)	Jarak Dideteksi Ultrasonik1 (cm)	Jarak Pengukuran Penggaris (cm)	Error Pengukuran (%)	Waktu Respon (detik)
Kanan	0	70	200	Tidak diukur	-	1
Kanan	0	0	5	5	0	6
Kiri	0	70	200	Tidak diukur	-	1
Kiri	0	70	5	5	0	6,5
Kanan	10	70	200	Tidak diukur	0	1
Kanan	10	0	5	5	0	6
Kiri	10	70	200	Tidak diukur	0	1
Kiri	10	70	4	4	0	6
Kanan	30	68	200	Tidak diukur	-	1
Kanan	30	0	5	5	0	6
Kiri	30	68	200	Tidak diukur	-	1
Kiri	30	68	5	5	0	6

Dari hasil pengujian pada tabel 4.9, diketahui bahwa sensor ultrasonik 1 dapat mendeteksi objek dengan baik dan respon motor bekerja dengan baik saat sensor mendeteksi jarak aman. Saat sensor mendeteksi jarak untuk berhenti atau dalam setting sebesar 5 cm, motor akan bergerak turun dahulu karena gulungan tali berputar terbalik sehingga delay motor untuk mencapai level aman menjadi lebih lambat.

Pengujian selanjutnya dilakukan untuk mengetahui respon motor DC terhadap sensor ultrasonik 2. Hasil dari pengujian terdapat pada tabel 4.10.

Tabel 4.10 Hasil Pengujian Motor DC terhadap *Joystick* dan Sensor Ultrasonik 2 HC-SR04

<i>Joystick</i>	Beban (gram)	Kecepatan Motor DC (rpm)	Jarak Dideteksi Ultrasonik1 (cm)	Jarak Pengkurang Penggaris (cm)	Error Pengukuran (%)	Waktu Respon (detik)
Kanan	0	70	200	Tidak diukur	-	1
Kanan	0	0	5	5	0	6
Kiri	0	70	200	Tidak diukur	-	1
Kiri	0	70	5	5	0	6
Kanan	10	70	200	Tidak diukur	0	1
Kanan	10	0	5	5	0	6
Kiri	10	70	200	Tidak diukur	0	1
Kiri	10	70	4	4	0	6
Kanan	30	68	200	Tidak diukur	-	1
Kanan	30	0	5	5	0	6
Kiri	30	68	200	Tidak diukur	-	1
Kiri	30	68	5	5	0	6

Dari hasil pengujian pada tabel 4.9, diketahui bahwa sensor ultrasonik 2 dapat mendeteksi objek dengan baik dan respon motor bekerja dengan baik saat sensor mendeteksi jarak aman. Saat sensor mendeteksi jarak untuk berhenti atau dalam setting sebesar 5 cm, motor akan bergerak turun dahulu karena gulungan tali berputar terbalik sehingga delay motor untuk mencapai level aman menjadi lebih lambat.

4.6 Pengujian Motor Stepper dengan Joystick dan Sensor Ultrasonik HC-SR04

Selanjutnya dilakukan pengujian terhadap motor *stepper* untuk melakukan gerak ke kanan dan ke kiri. Pengujian dilakukan dari *Trolly* berada di ujung lalu bergerak ke ujung yang berbeda atau saat setting sensor berhenti terdeteksi ($< 5\text{cm}$). Hasil pengujian terdapat pada tabel 4.11.

Tabel 4.11 Data Hasil Pengujian Motor Stepper dengan Joystick dan Sensor Ultrasonik HC-SR04

No	Joystick	Beban (gram)	Sensor Ultrasonik1	Sensor Ultrasonik2	Waktu Tempuh (detik)	Keterangan
1	Kanan	0	5	200	0	Motor Berhenti
2	Kiri	0	5	200	250	Motor Bergerak
3	Kanan	10	200	5	300	Motor Bergerak
4	Kiri	10	200	5	300	Motor Bergerak
5	Kanan	30	7	40	400	Motor Bergerak
6	Kiri	30	7	40	400	Motor Bergerak

Pada Hasil diatas dapat diketahui bahwa saat diberi beban, gerakan *trolly* semakin lambat sehingga membutuhkan waktu yang semakin banyak.

BAB V

PENUTUP

Dari hasil yang telah didapatkan selama proses pembuatan alat untuk Tugas Akhir ini, maka dapat diambil beberapa kesimpulan dan saran untuk dapat dilakukan perbaikan dan pengembangan agar nantinya bisa lebih bermanfaat.

5.1 Kesimpulan

Telah dilakukan pengujian jarak menggunakan tiga buah sensor ultrasonik HC-SR04 sehingga menghasilkan presentase eror sebesar 0,5%, 1,16% dan 1,5% ketika jarak yang diukur melebihi 15 cm. Eror yang terjadi tidak berpengaruh terhadap kerja gerakan *trolley* karena jarak aman yang dibutuhkan sebesar 5 cm. Sedangkan untuk gerakan *hoist*, eror ini berpengaruh tetapi tidak mengurangi kinerja alat karena level ketinggian aman diatur 22 cm.

Motor *stepper* yang difungsikan sebagai gerakan *trolley* dapat mengurangi guncangan pada *spreader* atau sering disebut *sway*. Kecepatan motor yang diatur pelan, membuat guncangan tidak lebih dari 15 derajat, baik berbeban maupun tidak.

Gerakan *hoist* yang dilakukan oleh dua buah motor dc perlu diatur terlebih dahulu pwm dari masing-masing motor agar memiliki kecepatan yang sama. Hal ini dilakukan untuk menjaga kondisi *spreader* saat dinaikkan atau diturunkan seimbang.

5.2 Saran

Untuk pengembangan dan penyempurnaan pembuatan miniatur *rubber tyred gantry crane*, maka diberikan beberapa saran berupa penambahan anti *sway*. Hal ini bertujuan untuk mengurangi guncangan pada *spreader* saat dilakukan gerakan *trolley*. Selain itu juga untuk efektifitas dari sensor jarak. Karena pada saat terjadi guncangan, maka jarak yang deteksi juga berubah-ubah.

Jika memungkinkan, penggunaan satu buah motor untuk aktuator gerakan *hoist* sangat direkomendasikan. Karena tidak perlu dilakukan pengaturan atau pengukuran kecepatan seperti dengan dua buah motor. Tentu saja hal ini harus didukung dengan sistem katrol yang baik juga untuk mempertahankan keseimbangan *spreader*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ignacio G. Fernandez, dkk, "Crane Collision Modelling Using a Neural Network Approach", Expert System with Applications, Vol. 27, Issue 3, pp. 341-348, Oktober 2004.
- [2] Obata, Kanji, dkk, "Automated Transfer Crane", Mitsubishi Heavy Industries, Ltd, Technical Review Vol.40 Extra No.2, Januari 2003.
- [3] _____, "Datasheet Arduino Mega 2560", <http://www.microelectronicos.com/datasheets/ArduinoMega2560.pdf>, Diakses tanggal 5 April 2016
- [4] Tooley, Mike, 20 "Rangkaian Elektronik: Prinsip dan Aplikasi/Edisi Kedua", Erlangga, Jakarta, 2003
- [5] Arduino, 2012, *Arduino Mega 2560 R3 Board*, <http://www.arduino.cc>, Diakses tanggal 10 April 2016.
- [6] _____, "Ultrasonic Ranging Module HC-SR04", <http://www.micropik.com/PDF/HCSR04.pdf>, Diakses tanggal 5 April 2016.
- [5] _____, "Datasheet L293X Quadruple Half-H Drivers", <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/l293.pdf>, Diakses tanggal 7 April 2016
- [6] _____, "Microstepping Driver with Translator", <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Robotics/A3967-Datasheet.pdf>, Diakses tanggal 7 April 2016.

LAMPIRAN A

A.1 Listing Program

```
#define ECHO1 6
#define TRIG1 7
int H2,HT;
int EN1 = 10;
int M1A = 9;
int M1B = 8;
int EN2 = 11;
int M2A = 12;
int M2B = 13;
int JoyUD = A0;
int JoyLR = A1;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(ECHO1, INPUT);
  pinMode(TRIG1, OUTPUT);
  pinMode (EN1, OUTPUT);
  pinMode (M1A, OUTPUT);
  pinMode (M1B, OUTPUT);
  pinMode (EN2, OUTPUT);
  pinMode (M2A, OUTPUT);
  pinMode (M2B, OUTPUT);
}
void naik() {
  digitalWrite (M1A, LOW);
  digitalWrite (M1B, HIGH);
```

```

}
void turun() {
  digitalWrite (M1A, HIGH);
  digitalWrite (M1B, LOW);
}

void kiri() {
  digitalWrite (M2A, LOW);
  digitalWrite (M2B, HIGH);
}

void kanan() {
  digitalWrite (M2A, HIGH);
  digitalWrite (M2B, LOW);
}

void loop() {
  digitalWrite(TRIG1, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(TRIG1, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(TRIG1, LOW);
  int jarak = pulseIn(ECHO1, HIGH);
  jarak = jarak / 58;
  int UpDown = analogRead(JoyUD);
  int LeftRight = analogRead(JoyLR);
  if (LeftRight <= 482) {
    kiri();
    analogWrite(EN2, map(LeftRight, 482, 0, 0, 255));
  }
  else if (LeftRight >= 550) {
    naik();
  }
}

```

```

    analogWrite(EN1, map(LeftRight, 550, 1023, 0, 255));
}
else if (jarak <= 5) {
    naik();
    analogWrite(EN2, 0);
}
else {
    analogWrite(EN1, 0);
    analogWrite(EN2, 0);
}
Serial.print("Jarak");
Serial.print(jarak);
Serial.print("cm");
Serial.print("\n");
Serial.print("PWM1: ");
Serial.print(map(LeftRight, 482, 0, 0, 255));
Serial.print("\n");
Serial.print("PWM2: ");
Serial.print(map(LeftRight, 550, 1023, 0, 255));
Serial.print("\n");
Serial.print("Joystick: ");
Serial.print(LeftRight);
Serial.print("\n");
delay(1000);
}
#define step_pin 11
#define dir_pin 42
#define MS1 7
#define MS2 12

```

```
#define SLEEP 7
#define ECHO1 4
#define TRIG1 22
#define ECHO2 5
#define TRIG2 24
#define ECHO3 6
#define TRIG3 26
int JoyUD = A0;
int JoyLR = A1;
int EN1 = 9;
int M1A = 28;
int M1B = 30;
int EN2 = 10;
int M2A = 32;
int M2B = 34;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(MS1, OUTPUT);
  pinMode(MS2, OUTPUT);
  pinMode(dir_pin, OUTPUT);
  pinMode(step_pin, OUTPUT);
  pinMode(SLEEP, OUTPUT);
  pinMode(ECHO1, INPUT);
  pinMode(TRIG1, OUTPUT);
  pinMode(EN1, OUTPUT);
  pinMode(M1A, OUTPUT);
  pinMode(M1B, OUTPUT);
  pinMode(EN2, OUTPUT);
  pinMode(M2A, OUTPUT);
```

```
pinMode (M2B, OUTPUT);
digitalWrite(SLEEP, HIGH); // Wake up EasyDriver
delay(5); // Wait for EasyDriver wake up
digitalWrite(MS1, LOW);
digitalWrite(MS2, LOW);
}
void jarak1(){
digitalWrite(TRIG1, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(TRIG1, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(TRIG1, LOW);
int jarak1 = pulseIn(ECHO1, HIGH);
jarak1 = jarak1 / 58;
}
void jarak2(){
digitalWrite(TRIG2, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(TRIG2, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(TRIG2, LOW);
int jarak2 = pulseIn(ECHO2, HIGH);
jarak2 = jarak2 / 58;
}
void jarak3(){
digitalWrite(TRIG3, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(TRIG3, HIGH);
delayMicroseconds(10);
```

```

digitalWrite(TRIG3, LOW);
int jarak3 = pulseIn(ECHO3, HIGH);
jarak3 = jarak3 / 58;
}
void naik() {
digitalWrite (M1A, LOW);
digitalWrite (M1B, HIGH);
digitalWrite (M2A, LOW);
digitalWrite (M2B, HIGH);
}
void turun() {
digitalWrite (M1A, HIGH);
digitalWrite (M1B, LOW);
digitalWrite (M2A, HIGH);
digitalWrite (M2B, LOW);
}
void loop() {
jarak1();
jarak2();
jarak3();
int UpDown = analogRead(JoyUD);
int LeftRight = analogRead(JoyLR);
if (UpDown >= 550 && jarak1 > 5) {
digitalWrite(dir_pin, HIGH);
digitalWrite(step_pin, HIGH);
delay(1);
digitalWrite(step_pin, LOW);
delay(1);
}
}

```

```

else if (UpDown <= 480 && jarak2 > 5) {
    digitalWrite(dir_pin, LOW);
    digitalWrite(step_pin, HIGH);
    delay(1);
    digitalWrite(step_pin, LOW);
    delay(1);
}
else if (LeftRight <= 482) {
    naik();
    analogWrite(EN1, map(LeftRight, 482, 0, 0, 255));
    analogWrite(EN2, map(LeftRight, 482, 0, 0, 255));
    delay(1);
}
else if (LeftRight >= 550) {
    turun();
    analogWrite(EN1, map(LeftRight, 550, 1023, 0, 255));
    analogWrite(EN2, map(LeftRight, 550, 1023, 0, 255));
    delay(1);
}
else if (jarak1 <= 5 && jarak3 >= 20) {
    if (jarak3 >= 40) {
        analogWrite(EN1, 0);
        analogWrite(EN2, 0);
    }
    naik();
    digitalWrite(EN1, HIGH);
    digitalWrite(EN2, HIGH);
    delay(1);
}
}

```

```
else if (jarak1 <= 5 && jarak3 >= 40){
```

```
    if (jarak3 >= 60){
```

```
        analogWrite(EN1, 0);
```

```
        analogWrite(EN2, 0);
```

```
    }
```

```
    naik();
```

```
    digitalWrite(EN1, HIGH);
```

```
    digitalWrite(EN2, HIGH);
```

```
    delay(1);
```

```
}
```

```
else if (jarak2 <= 5 && jarak3 >= 60){
```

```
    if (jarak3 >= 80){
```

```
        analogWrite(EN1, 0);
```

```
        analogWrite(EN2, 0);
```

```
    }
```

```
    naik();
```

```
    digitalWrite(EN1, HIGH);
```

```
    digitalWrite(EN2, HIGH);
```

```
    delay(1);
```

```
}
```

```
else if (jarak2 <= 5 && jarak3 >= 20){
```

```
    if (jarak3 >= 40){
```

```
        analogWrite(EN1, 0);
```

```
        analogWrite(EN2, 0);
```

```
    }
```

```
    naik();
```

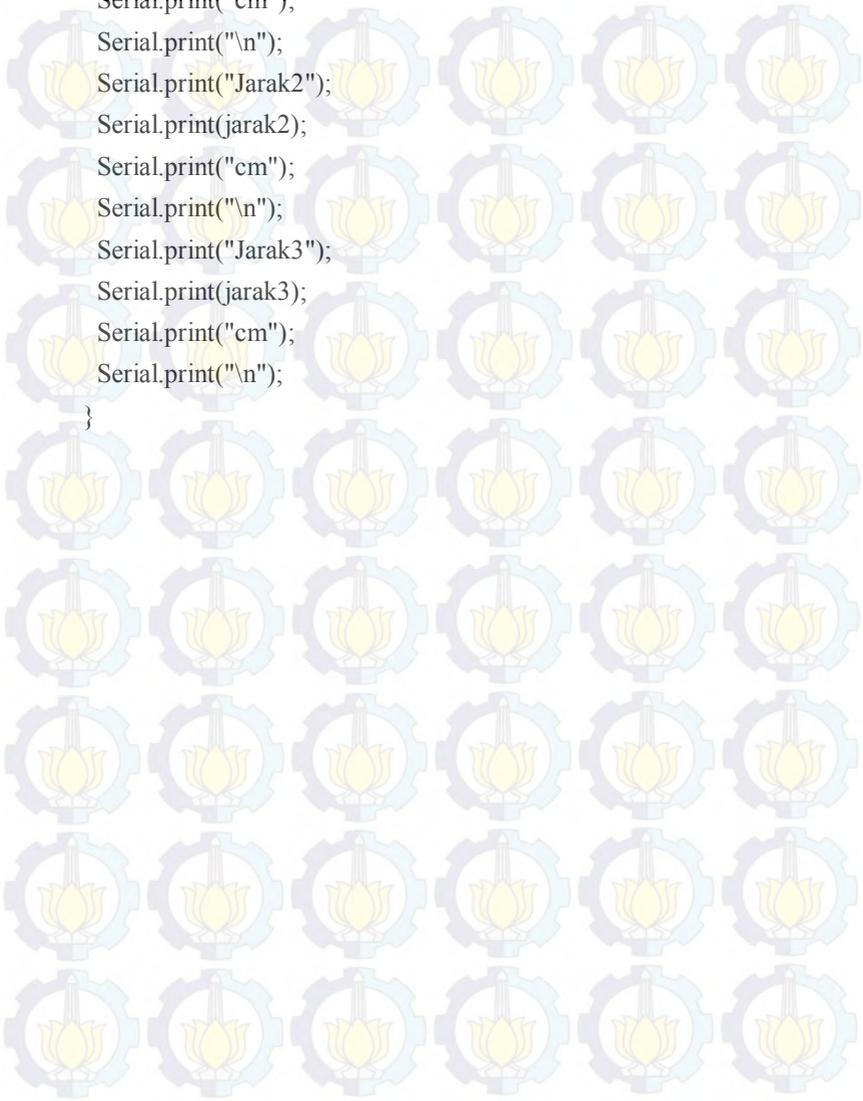
```
    digitalWrite(EN1, HIGH);
```

```
    digitalWrite(EN2, HIGH);
```

```
    delay(1);
```

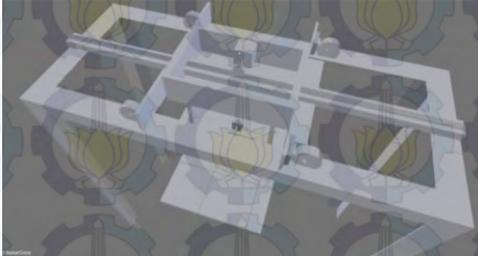
```
}
else if (jarak2 <= 5 && jarak3 >= 40){
  if (jarak3 >= 60){
    analogWrite(EN1, 0);
    analogWrite(EN2, 0);
  }
  naik();
  digitalWrite(EN1, HIGH);
  digitalWrite(EN2, HIGH);
  delay(1);
}
else if (jarak2 <= 5 && jarak3 >= 60){
  if (jarak3 >= 80){
    analogWrite(EN1, 0);
    analogWrite(EN2, 0);
  }
  naik();
  digitalWrite(EN1, HIGH);
  digitalWrite(EN2, HIGH);
  delay(1);
}
else {
  analogWrite(EN1, 0);
  analogWrite(EN2, 0);
}
Serial.print("joystick:");
Serial.print(UpDown);
Serial.print("\n");
Serial.print("Jarak1");
```

```
Serial.print(jarak1);  
Serial.print("cm");  
Serial.print("\n");  
Serial.print("Jarak2");  
Serial.print(jarak2);  
Serial.print("cm");  
Serial.print("\n");  
Serial.print("Jarak3");  
Serial.print(jarak3);  
Serial.print("cm");  
Serial.print("\n");  
}
```

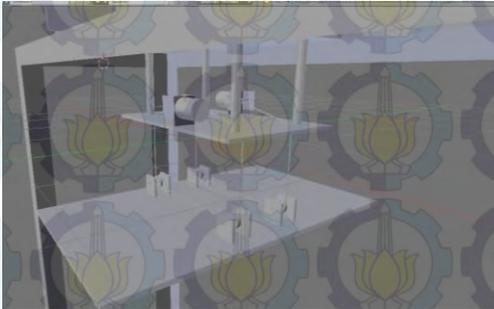


LAMPIRAN B

B.1 GAMBAR RANCANGAN RUBBER TYRED GANTRY CRANE



tampak atas berupa tempat motor *trolley*



Rancangan tampak bawah berupa tempat motor *hoist*

B.2 GAMBAR ALAT MINIATUR RUBBER TYRED GANTRY CRANE



LAMPIRAN C

C.1 Datasheet IC LM317

LM317 3-Terminal Adjustable Regulator

1 Features

- Output Voltage Range Adjustable From 1.25 V to 37 V
- Output Current Greater Than 1.5 A
- Internal Short-Circuit Current Limiting
- Thermal Overload Protection
- Output Safe-Area Compensation

2 Applications

- ATCA Solutions
- DLP: 3D Biometrics, Hyperspectral Imaging, Optical Networking, and Spectroscopy
- DVR and DVDS
- Desktop PC
- Digital Signage and Still Camera
- ECG Electrocardiogram
- EV HEV Charger: Level 1, 2, and 3
- Electronic Shelf Label
- Energy Harvesting
- Ethernet Switch
- Ferro Base Station
- Fingerprint and Iris Biometrics
- HVAC: Heating, Ventilating, and Air Conditioning
- High-Speed Data Acquisition and Generation
- Hydraulic Valve
- IP Phone: Wired and Wireless
- Infusion Pump
- Intelligent Occupancy Sensing
- Motor Control: Brushed DC, Brushless DC, Low-Voltage, Permanent Magnet, and Stepper Motor
- Point-to-Point Microwave Backhaul
- Power Bank Solutions
- Power Line Communication Modem
- Power Over Ethernet (PoE)
- Power Quality Meter
- Power Substation Control
- Private Branch Exchange (PBX)
- Programmable Logic Controller
- RFID Reader
- Refrigerator
- Signal or Waveform Generator
- Software Defined Radio (SDR)
- Washing Machine: High-End and Low-End
- X-ray: Baggage Scanner, Medical, and Dental

3 Description

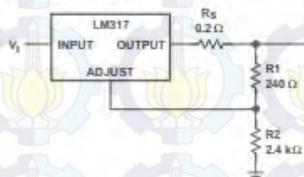
The LM317 device is an adjustable three-terminal positive-voltage regulator capable of supplying more than 1.5 A over an output-voltage range of 1.25 V to 37 V. It requires only two external resistors to set the output voltage. The device features a typical line regulation of 0.01% and typical load regulation of 0.1%. It includes current limiting, thermal overload protection, and safe operating area protection. Overload protection remains functional even if the ADJUST terminal is disconnected.

Device Information⁽¹⁾

PART NUMBER	PACKAGE (PIN)	BODY SIZE (NOM)
LM317	SOT (4)	6.50 mm × 3.50 mm
	TO-220 (3)	10.16 mm × 8.70 mm
	TO-220 (3)	10.16 mm × 8.99 mm
	TO-263 (3)	10.18 mm × 8.41 mm

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

4 Battery-Charger Circuit



7.6 Typical Characteristics

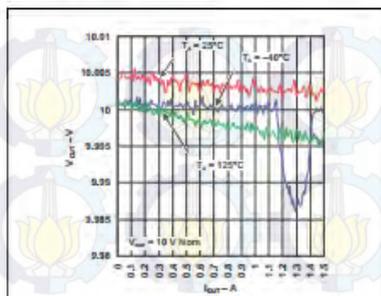


Figure 1. Load Regulation

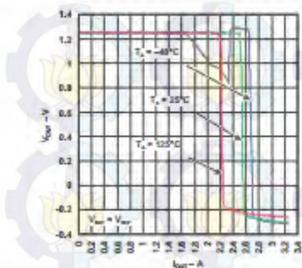


Figure 2. Load Regulation

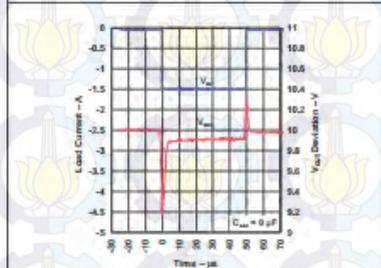


Figure 3. Load Transient Response

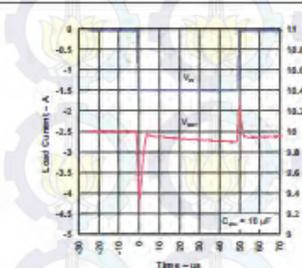


Figure 4. Load Transient Response

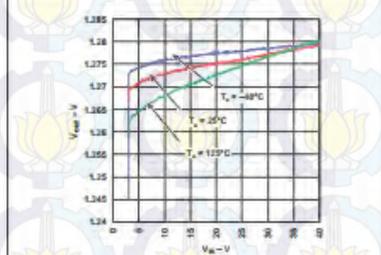


Figure 5. Line Regulation

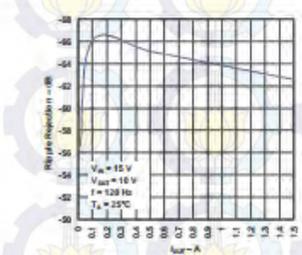
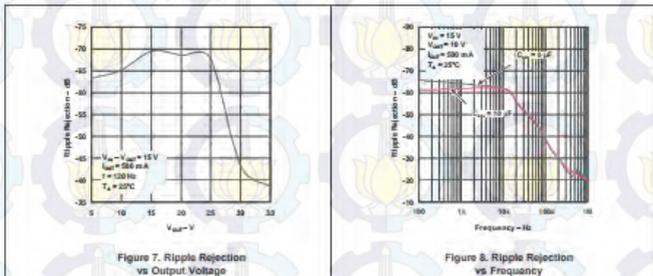
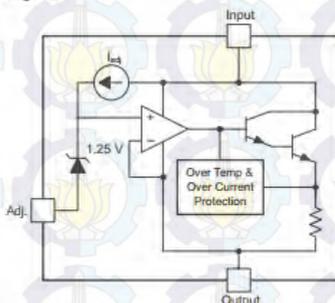


Figure 6. Ripple Rejection vs. Output Current

Typical Characteristics (continued)

8 Detailed Description
8.1 Overview

The LM317 device is an adjustable three-terminal positive-voltage regulator capable of supplying more than 1.5 A over an output-voltage range of 1.25 V to 37 V. It requires only two external resistors to set the output voltage. The device features a typical line regulation of 0.01% and typical load regulation of 0.1%. It includes current limiting, thermal overload protection, and safe operating area protection. Overload protection remains functional even if the ADJUST terminal is disconnected.

The LM317 device is versatile in its applications, including uses in programmable output regulation and local on-card regulation. Or, by connecting a fixed resistor between the ADJUST and OUTPUT terminals, the LM317 device can function as a precision current regulator. An optional output capacitor can be added to improve transient response. The ADJUST terminal can be bypassed to achieve very high ripple-rejection ratios, which are difficult to achieve with standard three-terminal regulators.

8.2 Functional Block Diagram

8.3 Feature Description
8.3.1 NPN Darlington Output Drive

NPN Darlington output topology provides naturally low output impedance and an output capacitor is optional. To support maximum current and lowest temperature, 3-V headroom is recommended ($V_I - V_O$).

8.3.2 Overload Block

Over-current and over-temperature shutdown protects the device against overload or damage from operating in excessive heat.

8.3.3 Programmable Feedback

Op amp with 1.25-V offset input at the ADJUST terminal provides easy output voltage or current (not both) programming. For current regulation applications, a single resistor whose resistance value is $1.25\text{ V}/I_O$ and power rating is greater than $(1.25\text{ V})^2/R$ should be used. For voltage regulation applications, two resistors set the output voltage.

C.2 Datasheet IC L293



L293, L293D

SLRS008D – SEPTEMBER 1986 – REVISED JANUARY 2016

L293x Quadruple Half-H Drivers

1 Features

- Wide Supply-Voltage Range: 4.5 V to 36 V
- Separate Input-Logic Supply
- Internal ESD Protection
- High-Noise-Immunity Inputs
- Output Current 1 A Per Channel (600 mA for L293D)
- Peak Output Current 2 A Per Channel (1.2 A for L293D)
- Output Clamp Diodes for Inductive Transient Suppression (L293D)

2 Applications

- Stepper Motor Drivers
- DC Motor Drivers
- Latching Relay Drivers

3 Description

The L293 and L293D devices are quadruple high-current half-H drivers. The L293 is designed to provide bidirectional drive currents of up to 1 A at voltages from 4.5 V to 36 V. The L293D is designed to provide bidirectional drive currents of up to 600-mA at voltages from 4.5 V to 36 V. Both devices are designed to drive inductive loads such as relays, solenoids, DC and bipolar stepping motors, as well as other high-current/high-voltage loads in positive-supply applications.

Each output is a complete totem-pole drive circuit, with a Darlington transistor sink and a pseudo-Darlington source. Drivers are enabled in pairs, with drivers 1 and 2 enabled by 1,2EN and drivers 3 and 4 enabled by 3,4EN.

The L293 and L293D are characterized for operation from 0°C to 70°C.

Device Information⁽¹⁾

PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
L293NE	PDIP (16)	19.80 mm × 6.35 mm
L293DNE	PDIP (16)	19.80 mm × 6.35 mm

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

Logic Diagram



6 Specifications

6.1 Absolute Maximum Ratings

over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)⁽¹⁾

	MIN	MAX	UNIT
Supply voltage, V_{CC1} ⁽²⁾		38	V
Output supply voltage, V_{CC2}		38	V
Input voltage, V_I		7	V
Output voltage, V_O	-3	$V_{CC2} + 3$	V
Peak output current, I_O (nonrepetitive, $t \leq 5$ ms): L293	-2	2	A
Peak output current, I_O (nonrepetitive, $t \leq 100$ μ s): L293D	-1.2	1.2	A
Continuous output current, I_O : L293	-1	1	A
Continuous output current, I_O : L293D	-600	600	mA
Maximum junction temperature, T_J		150	$^{\circ}$ C
Storage temperature, T_{stg}	-65	150	$^{\circ}$ 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) All voltage values are with respect to the network ground terminal.

6.2 ESD Ratings

	VALUE	UNIT	
V_{ESD}			
Electrostatic discharge	Human-body model (HBM), per ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 ⁽¹⁾	± 2000	V
	Charged-device model (CDM), per JEDEC specification JESD22-C101 ⁽²⁾	± 1000	V

- (1) JEDEC document JEP155 states that 500-V HBM allows safe manufacturing with a standard ESD control process.
- (2) JEDEC document JEP157 states that 250-V CDM allows safe manufacturing with a standard ESD control process.

6.3 Recommended Operating Conditions

over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

	MIN	NOM	MAX	UNIT	
Supply voltage	V_{CC1}	4.5	7	V	
	V_{CC2}	V_{CC1}	38	V	
V_{IH}	High-level input voltage	$V_{CC1} \leq 7$ V	2.3	V_{CC1}	V
		$V_{CC1} \geq 7$ V	2.3	7	V
V_{OL}	Low-level output voltage	-0.3 ⁽¹⁾	1.5	V	
T_A	Operating free-air temperature	0	70	$^{\circ}$ C	

- (1) The algebraic convention, in which the least positive (most negative) designated minimum, is used in this data sheet for logic voltage levels.

6.7 Typical Characteristics

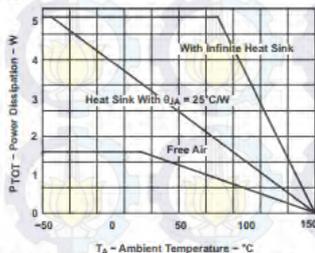


Figure 1. Maximum Power Dissipation vs Ambient Temperature

C.3 Datasheet Sensor Ultrasonik HC-SR04



Tech Support: services@elecfreaks.com

Ultrasonic Ranging Module HC - SR04

Product features:

Ultrasonic ranging module HC - SR04 provides 2cm - 400cm non-contact measurement function, the ranging accuracy can reach to 3mm. The modules includes ultrasonic transmitters, receiver and control circuit. The basic principle of work:

- (1) Using IO trigger for at least 10us high level signal,
- (2) The Module automatically sends eight 40 kHz and detect whether there is a pulse signal back.
- (3) IF the signal back, through high level , time of high output IO duration is the time from sending ultrasonic to returning.

Test distance = (high level time × velocity of sound (340M/S)) / 2,

Wire connecting direct as following:

- 5V Supply
- Trigger Pulse Input
- Echo Pulse Output
- 0V Ground

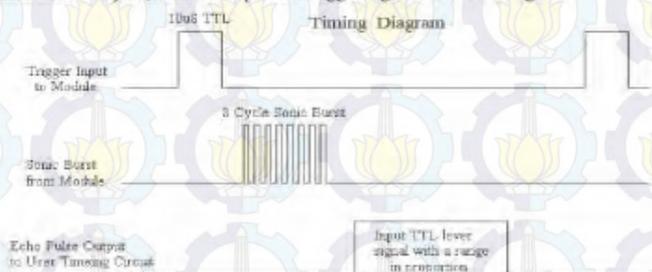
Electric Parameter

Working Voltage	DC 5 V
Working Current	15mA
Working Frequency	40Hz
Max Range	4m
Min Range	2cm
Measuring Angle	15 degree
Trigger Input Signal	10us TTL pulse
Echo Output Signal	Input TTL level signal and the range in proportion
Dimension	45*20*15mm



Timing diagram

The Timing diagram is shown below. You only need to supply a short 10 μ S pulse to the trigger input to start the ranging, and then the module will send out an 8 cycle burst of ultrasound at 40 kHz and raise its echo. The Echo is a distance object that is pulse width and the range in proportion. You can calculate the range through the time interval between sending trigger signal and receiving echo signal. Formula: $\mu\text{S} / 58 = \text{centimeters}$ or $\mu\text{S} / 148 = \text{inch}$; or: the range = high level time * velocity (340M/S) / 2; we suggest to use over 60ms measurement cycle, in order to prevent trigger signal to the echo signal.



C.4 Datasheet IC A3967



A3967

Microstepping Driver with Translator

Features and Benefits

- ± 750 mA, 30 V output rating
- Satlington® sink drivers
- Automatic current-decay mode detection/selection
- 3.0 to 5.5 V logic supply voltage range
- Mixed, fast, and slow current-decay modes
- Internal UVLO and thermal shutdown circuitry
- Crossover-current protection

Package: 24-pin SOIC with internally fused pins (suffix LB)



Not to scale

Description

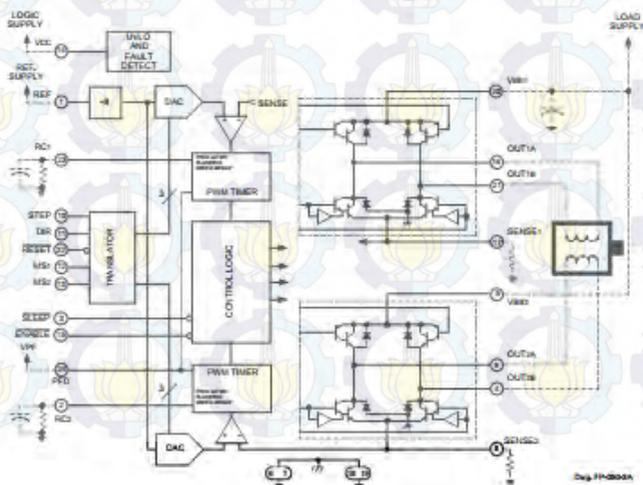
The A3967 is a complete microstepping motor driver with built-in translator. It is designed to operate bipolar stepper motors in full-, half-, quarter-, and eighth-step modes, with output drive capability of 30 V and ± 750 mA. The A3967 includes a fixed off-time current regulator that has the ability to operate in slow, fast, or mixed current-decay modes. This current-decay control scheme results in reduced audible motor noise, increased step accuracy, and reduced power dissipation.

The translator is the key to the easy implementation of the A3967. By simply inputting one pulse on the STEP input the motor will take one step (full, half, quarter, or eighth depending on two logic inputs). There are no phase-sequence tables, high-frequency control lines, or complex interfaces to program. The A3967 interface is an ideal fit for applications where a complex μP is unavailable or over-burdened.

Internal circuit protection includes thermal shutdown with hysteresis, under-voltage lockout (UVLO) and crossover-current protection. Special power-up sequencing is not required.

The A3967 is supplied in a 24-pin SOIC, which is lead (Pb) free with 100% matte tin leadframe plating. Four pins are fused internally for enhanced thermal dissipation. The pins are at ground potential and need no insulation.

Functional Block Diagram



Selection Guide

Part Number	Packing	Package
A3987SLBTR-T	24-pin SOIC with internally fused pins	1000 per reel

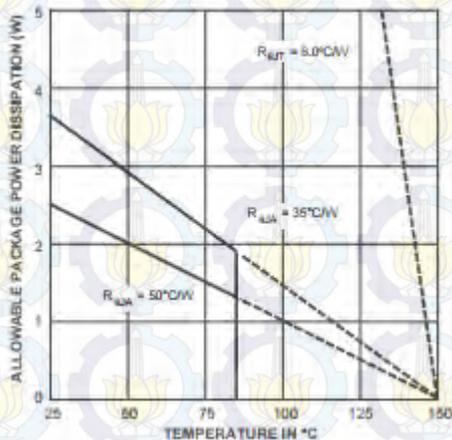
Absolute Maximum Ratings

Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Units	
Load Supply Voltage	V_{BB}		30	V	
Logic Supply Voltage	V_{CC}		7.0	V	
Logic Input Voltage Range	V_{IN}	$t_r > 30$ ns	-0.3 to 7.0	V	
		$t_r < 30$ ns	-1 to 7.0	V	
Sense Voltage	V_{SENSE}		0.68	V	
Reference Voltage	V_{REF}		V_{CC}	mA	
Output Current	I_{OUT}	Output current rating may be limited by duty cycle, ambient temperature, and heat sinking. Under any set of conditions, do not exceed the specified current rating or a junction temperature of 150°C.	Continuous	±750	mA
			Peak	±850	mA
Package Power Dissipation	P_D	See graph	-	-	
Operating Ambient Temperature	T_A	Range S	-20 to 85	°C	
Maximum Junction Temperature	$T_J(max)$	Fault conditions that produce excessive junction temperature will activate the device's thermal shutdown circuitry. These conditions can be tolerated but should be avoided.	150	°C	
Storage Temperature	T_{STG}		-55 to 150	°C	

Thermal Characteristics

Characteristic	Symbol	Test Conditions*	Value	Units
Package Thermal Resistance, Junction to Ambient	R_{JA}	2-layer PCB, 1.3 in ² exposed copper	50	°C/W
		4-layer PCB, based on JEDEC standard	35	°C/W

*Additional thermal information available on Allegro website.



ELECTRICAL CHARACTERISTICS at $T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_{BB} = 30\text{ V}$, $V_{CC} = 3.0\text{ V}$ to 5.5 V (unless otherwise noted)

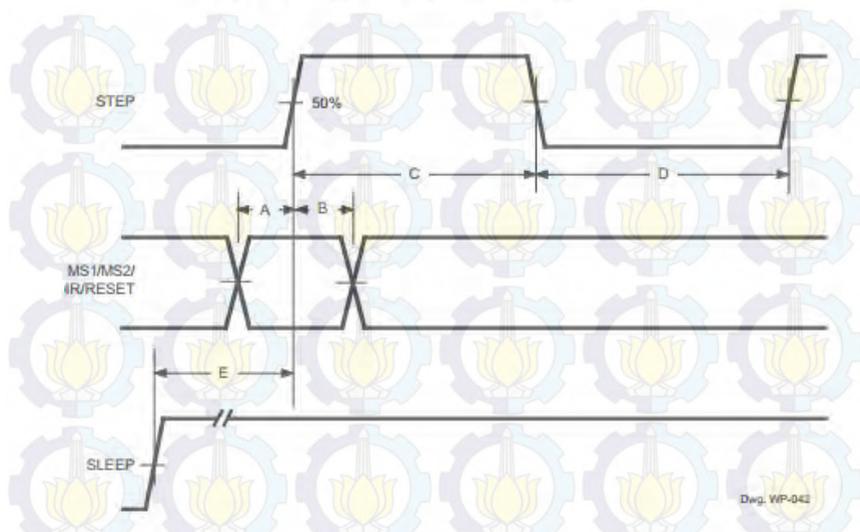
Characteristic	Symbol	Test Conditions	Limits			
			Min.	Typ.	Max.	Units
Output Drivers						
Load Supply Voltage Range	V_{BB}	Operating	4.75	–	30	V
		During sleep mode	0	–	30	V
Output Leakage Current	I_{CEX}	$V_{OUT} = V_{BB}$	–	<1.0	20	μA
		$V_{OUT} = 0\text{ V}$	–	<-1.0	-20	μA
Output Saturation Voltage	$V_{CE(sat)}$	Source driver, $I_{OUT} = -750\text{ mA}$	–	1.9	2.1	V
		Source driver, $I_{OUT} = -400\text{ mA}$	–	1.7	2.0	V
		Sink driver, $I_{OUT} = 750\text{ mA}$	–	0.65	1.3	V
		Sink driver, $I_{OUT} = 400\text{ mA}$	–	0.21	0.5	V
Clamp Diode Forward Voltage	V_F	$I_F = 750\text{ mA}$	–	1.4	1.6	V
		$I_F = 400\text{ mA}$	–	1.1	1.4	V
Motor Supply Current	I_{BB}	Outputs enabled	–	–	5.0	mA
		RESET high	–	–	200	μA
		Sleep mode	–	–	20	μA
Control Logic						
Logic Supply Voltage Range	V_{CC}	Operating	3.0	5.0	5.5	V
Logic Input Voltage	$V_{IN(1)}$		$0.7V_{CC}$	–	–	V
	$V_{IN(0)}$		–	–	$0.3V_{CC}$	V
Logic Input Current	$I_{IN(1)}$	$V_{IN} = 0.7V_{CC}$	-20	<1.0	20	μA
	$I_{IN(0)}$	$V_{IN} = 0.3V_{CC}$	-20	<1.0	20	μA
Maximum STEP Frequency	f_{STEP}		500*	–	–	kHz
Blank Time	t_{BLANK}	$R_1 = 56\text{ k}\Omega$, $C_1 = 680\text{ pF}$	700	950	1200	ns
Fixed Off Time	t_{off}	$R_1 = 56\text{ k}\Omega$, $C_1 = 680\text{ pF}$	30	38	46	μs

continued next page ...

Table 1. Microstep Resolution Truth Table

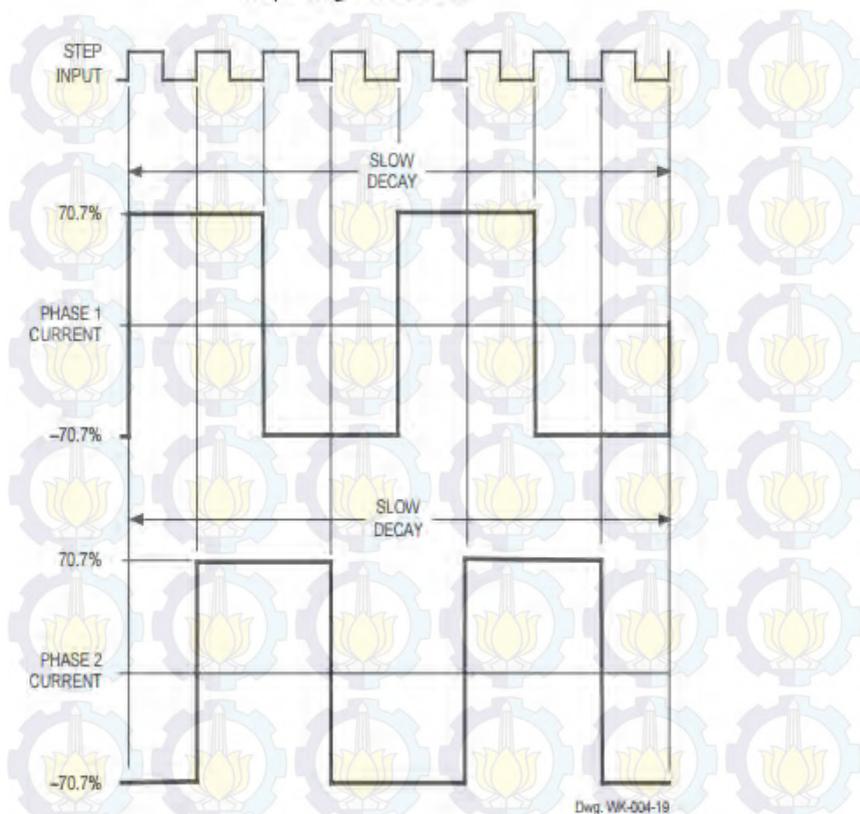
MS1	MS2	Resolution
L	L	Full step (2 phase)
H	L	Half step
L	H	Quarter step
H	H	Eighth step

Timing Requirements
 ($T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_{CC} = 5\text{ V}$, Logic Levels are V_{CC} and Ground)



- A. Minimum Command Active Time Before Step Pulse (Data Set-Up Time) 200 ns
- B. Minimum Command Active Time After Step Pulse (Data Hold Time) 200 ns
- C. Minimum STEP Pulse Width 1.0 μs
- D. Minimum STEP Low Time 1.0 μs
- E. Maximum Wake-Up Time 1.0 ms

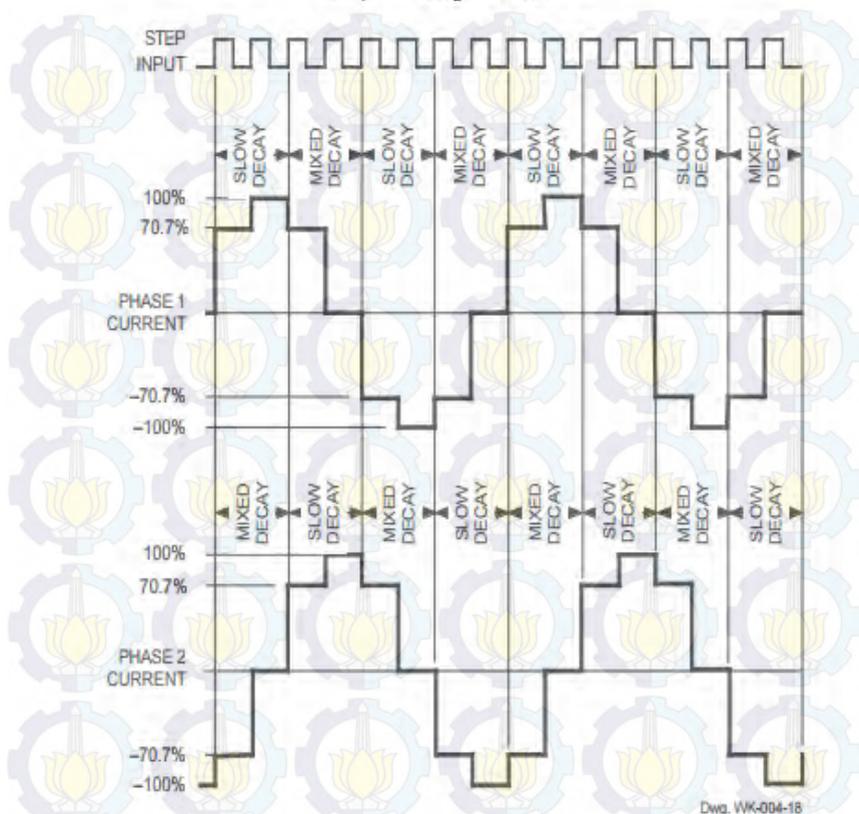
Full Step Operation
 $MS_1 = MS_2 = L, DIR = H$



The vector addition of the output currents at any step is 100%.

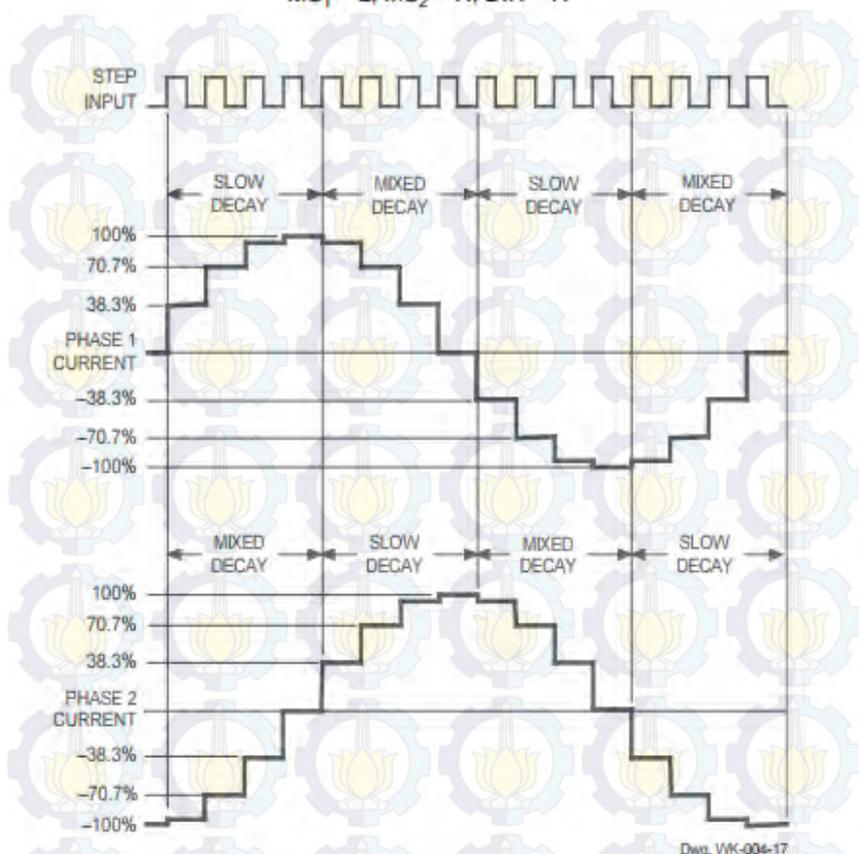
Half Step Operation

$MS_1 = H, MS_2 = L, DIR = H$



The mixed-decay mode is controlled by the percent fast decay voltage (V_{PFD}). If the voltage at the PFD input is greater than $0.6V_{CC}$ then slow-decay mode is selected. If the voltage on the PFD input is less than $0.21V_{CC}$ then fast-decay mode is selected. Mixed decay is between these two levels.

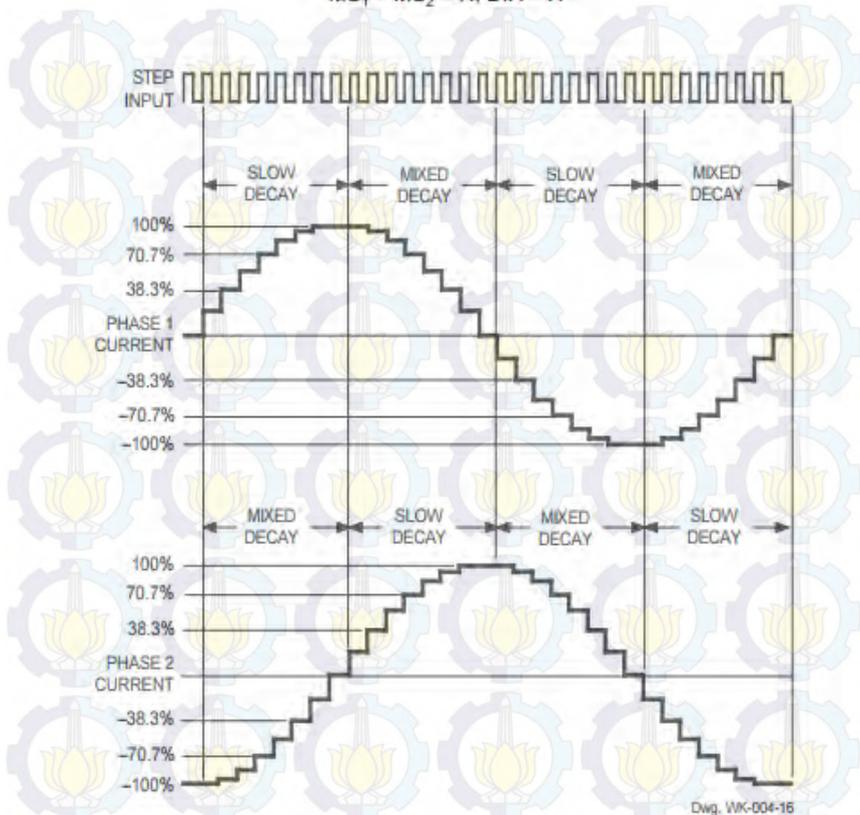
Quarter Step Operation $MS_1 = L, MS_2 = H, DIR = H$



The mixed-decay mode is controlled by the percent fast decay voltage (V_{PFD}). If the voltage at the PFD input is greater than $0.6V_{CC}$ then slow-decay mode is selected. If the voltage on the PFD input is less than $0.21V_{CC}$ then fast-decay mode is selected. Mixed decay is between these two levels.

8 Microstep/Step Operation

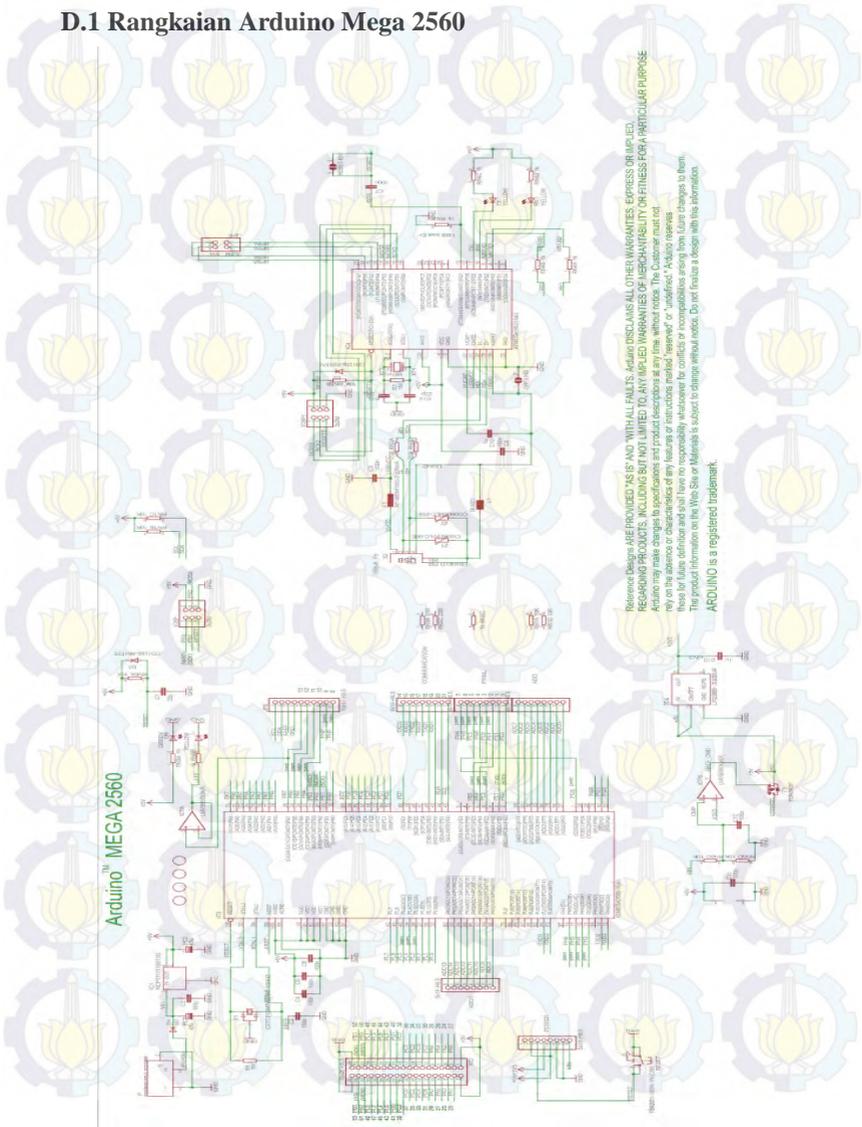
$MS_1 = MS_2 = H$, $DIR = H$



The mixed-decay mode is controlled by the percent fast decay voltage (V_{PFD}). If the voltage at the PFD input is greater than $0.6V_{CC}$ then slow-decay mode is selected. If the voltage on the PFD input is less than $0.21V_{CC}$ then fast-decay mode is selected. Mixed decay is between these two levels.

LAMPIRAN D

D.1 Rangkaian Arduino Mega 2560



DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : Edwin Abdurahman
TTL : Banyuwangi, 5 Mei 1995
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Alamat : Kejawan Putih Tambak Baru No. 3, Mulyorejo
Telp/HP : 085646830584
E-mail : edwin.abdu@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

1. 2001 – 2007 : SD Negeri 3 Sempu, Banyuwangi
2. 2007 – 2010 : SMP Negeri 2 Genteng, Banyuwangi
3. 2010 – 2013 : SMA Negeri 1 Genteng, Banyuwangi
4. 2013 – 2016 : D3 Teknik Elektro, Program Studi Teknik Elektro Komputer Kontrol - FTI Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

PENGALAMAN KERJA

1. Kerja Praktek di PT. Srikandi Agung Perkasa

PENGALAMAN ORGANISASI

-

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : Riza Kamelia
TTL : Kediri, 31 Juli 1995
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Islam
Alamat : Jl. Arjuno No.3A
Purwoasri, Kediri
Telp/HP : 082142190941
E-mail : kameliariza@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

1. 2001 – 2007 : SD Negeri Kutorejo 1 Kertosono
2. 2007 – 2010 : SMP Negeri 1 Kertosono
3. 2010 – 2013 : SMK Negeri 1 Kediri
4. 2013 – 2016 : D3 Teknik Elektro, Program Studi Teknik Elektro Komputer Kontrol - FTI Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

PENGALAMAN KERJA

1. Kerja Praktek di PT. Srikandi Agung Perkasa Surabaya

PENGALAMAN ORGANISASI

1. Staff Departemen Riset dan Teknologi Periode 2014/2015
HIMAD3TEKTRO, FTI – ITS
2. Kabiro Departemen Riset dan Teknologi Periode 2015/2016
HIMAD3TEKTRO, FTI – ITS