



UNIVERSITAS INDONESIA

**RANCANG BANGUN ALAT UKUR EFEK DOPPLER PADA
GELOMBANG ULTRASONIK**

SKRIPSI

DIANA MARTHINA CHALIM

0906601986

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI FISIKA EKSTENSI
DEPOK
JUNI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**RANCANG BANGUN ALAT UKUR EFEK DOPPLER PADA
GELOMBANG ULTRASONIK**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains

DIANA MARTHINA CHALIM

0906601986

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI FISIKA EKSTENSI
KEKHUSUSAN INSTRUMENTASI
DEPOK
JUNI 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Diana Marthina Chalim

NPM : 0906601986

Tanda Tangan : 

Tanggal : 20 Juni 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Diana Marthina Chalim

NPM : 0906601986

Program Studi : Ekstensi Fisika

Judul Skripsi : Rancang Bangun Alat Ukur Efek Doppler pada Gelombang Ultrasonik

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Ekstensi Fisika Instrumentasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Dr. Prawito

Pembimbing II : Arief Sudarmaji M.T

Penguji I : Dr.Santoso. S

Penguji II : Dr.BEF da Silva



(Prawito)
(Arief)
(Santoso)
(BEF da Silva)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 20 Juni 2012

KATA PENGANTAR

Segala puji kepada Allah Bapa yang baik dan kasih-Nya yang senantiasa menemani penulis dalam kebahagiaan dan kesulitan saat menyelesaikan skripsi untuk memenuhi persyaratan kelulusan sarjana. Tidak sedikit hambatan yang penulis dapatkan dalam menyelesaikan dan penyusunan skripsi ini, namun penulis tetap menjadikan hal ini sebagai pemicu untuk terus tetap semangat dan berusaha lebih keras. Banyak sekali hal – hal baru yang penulis dapatkan dalam penyelesaian skripsi ini. Sesuatu yang dapat penulis abadikan dalam sebuah buku skripsi agar bermanfaat pada pengembangan dimasa yang akan datang.

Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains Department Fisika Peminatan Instrumentasi pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak sejak dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Prawito dan Drs. Arief Sudarmaji, M.T, selaku dosen pembimbing skripsi yang telah banyak menyediakan waktu, tenaga, pikiran ilmu, arahan dan bimbingannya.
2. Dr. Santoso dan Dr. BEF da Silva selaku penguji yang telah banyak membantu dalam melengkapi skripsi ini.
3. Seluruh dosen Departemen Fisika UI atas segala ilmunya yang diberikan selama penulis menjadi mahasiswa Fisika.
4. Semua staf Departemen Fisika yang sudah banyak membantu segala informasi untuk kemudahan administrasi
5. Orang tua, kakak dan adik penulis yang tak pernah putus memanjatkan doa dan dukungan moril maupun materil untuk kelancaran, dan keberhasilan penulis menuntut ilmu.

6. Thanks to my lovely husband Dagfinn Hatleskog for your patience and understanding.
7. Sahabat-sahabat penulis, Ina, Tia, Sulas, Firzy, Pukis (Luthfi), Hendra, Sabil partner dalam pembuatan alat di Lab Elek lantai 4, juga Slamet dan Rahmat Gozali yang senantiasa membantu penulis dalam menemukan solusi pada pembuatan alat.
8. Teman – teman penulis angkatan 2009 yang selalu tetap bersemangat dan terus berusaha untuk mencapai kelulusan
9. Para Junior penulis (Angkatan 2010) special untuk Ika yang menemani dalam pembuatan alat dan pengambilan data, junior yang baik Yuanita, Ayun, Laode, Cecil, Septa yang bersedia meluangkan waktunya untuk membantu penulis dalam menemukan solusi pada pembuatan alat ini.
10. Pak Budi yang bersedia memberikan ruang bagi penulis dan sahabat untuk menggunakan segala fasilitas yang ada di Lab Elektronika Lt.4.
11. Pak Katman yang bersedia meminjamkan osiloskop sebagai penunjang penulis dalam mengambil data frekuensi
12. Pak Parno yang selalu membantu dan memudahkan dalam pembuatan mekanik alat selama penelitian di Laboratorium Bengkel Mekanik.
13. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu penulis dalam penyelesaian skripsi ini.

Akhir kata, penulis berharap Allah yang baik berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Penulis

2012

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Diana Marthina Chalim
NPM : 0906601986
Program Studi : Ekstensi Fisika Instrumentasi Elektronika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

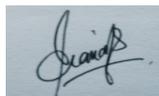
**RANCANG BANGUN ALAT UKUR EFEK DOPPLER PADA
GELOMBANG ULTRASONIK**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 20 Juni 2012

Yang menyatakan,



(Diana Marthina CHalim)

ABSTRAK

Nama : Diana Marthina Chalim
NPM : 0906601986
Program Studi : S1 Fisika Instrumentasi, Universitas Indonesia
Judul : Rancang Bangun Alat Ukur Efek Doppler pada Gelombang Ultrasonik

Telah di buat alat ukur efek Doppler menggunakan sensor ultrasonik transmitter sebagai sumber gelombang dan sensor ultrasonik receiver sebagai penerima gelombang. Tujuan dari alat ukur ini adalah untuk menunjukkan adanya peristiwa efek doppler (pergeseran frekuensi) pada udara, dimana frekuensi akan tinggi ketika sensor ultrasonik transmitter mendekati sensor ultrasonik receiver. Sebaliknya, frekuensi akan rendah ketika sensor ultrasonik transmitter menjauhi sensor ultrasonik receiver. Rangkaian ultrasonik transmitter menggunakan IC 555 sebagai *astable multivibrator* yang akan menghasilkan output sinyal frekuensi sebesar 40KHz. Sinyal frekuensi ini diharapkan dapat diterima oleh ultrasonik receiver. Jika dipasangkan dengan receiver yang cocok, sinyal frekuensi ini akan diproses oleh mikrokontroller dengan metode pengukuran periode waktu. Ketika transmitter bergerak, akan mengaktifkan perhitungan kecepatan yang diukur menggunakan rotasi disk dengan lubang pada sensor optocoupler. Tegangan pada motor DC akan divariasikan menggunakan metode PWM yang dikendalikan oleh mikrokontroller sehingga menjadi variasi kecepatan dari ultrasonik transmitter. Hasil dari sinyal frekuensi yang diterima oleh receiver dan kecepatan dari ultrasonik transmitter ketika bergerak akan ditampilkan pada LCD. Sistem alat ukur ini terdiri dari tiga bagian utama, yaitu sensor ultrasonik transmitter dan receiver sebagai penghasil dan penerima gelombang, mikrokontroller sebagai sistem kendali dan pengolahan data dan Bascom sebagai bahasa pemrograman.

Kata kunci: Ultrasonik Transmitter, Ultrasonik Receiver, Efek Doppler, Astable Multivibrator, Frekuensi, Kecepatan, Optocoupler, Motor DC, PWM dan Mikrokontroller

ABSTRACT

Name : Diana Marthina Chalim
NPM : 0906601986
Study Program: S1 Fisika Instrumentasi, University of Indonesia
Title : Design of Ultrasonik Wave Doppler effect Measurement Equipment

Has made the design of ultrasonic wave Doppler effect measurement equipment using sensor ultrasonic transmitter as source of wave and sensor ultrasonic receiver as observer of wave. The purpose of this equipment is to demonstrate the Doppler effect (frequency shift) through air, which frequency increasing when the ultrasonic transmitter approach to the ultrasonic receiver. Likewise, the frequency decreasing if the ultrasonic transmitter moving away from the ultrasonic receiver. The circuit of ultrasonic transmitter uses a 555 timer IC configured as an astable multivibrator that will output a signal frequency is about 40KHz. These signal frequencies are intended to be picked up by matching ultrasonic receiver. If paired with a matching ultrasonic receiver, these signal frequencies will be processed by microcontroller with inverse period measurement method. When the transmitter is moving, the actual speed measured using rotating disc with holes in optocoupler sensor will be activated. The voltage across DC motor is varied using PWM method, which is controlled by microcontroller become variation speeds of ultrasonic transmitter. The result of signal frequency that is received by ultrasonic receiver and speed of ultrasonic transmitter when is moving will be displayed on LCD. There are three of main systems; are ultrasonic sensor transmitter and ultrasonic sensor receiver as source and observer wave, microcontroller control system and "Bascom" as programmer language.

Keywords: Ultrasonic Transmitter, Ultrasonic Receiver, Effect Doppler, Astable Multivibrator, Frequency, Speed, Optocoupler, DC Motor, PWM, and Microcontroller

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Deskripsi Singkat.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Metode Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	6
2 TEORI DASAR.....	8
2.1 Gelombang Akustik.....	8
2.1.1 Perambatan Gelombang Ultrasonik.....	9
2.1.2 Panjang, Frekuensi dan Kecepatan.....	10
2.1.3 Transducer Ultrasonik.....	10
2.1.4 Prinsip Kerja Ultrasonik.....	13
2.2 Efek Doppler.....	14
2.2.1 Kasus Sumber Gerak.....	14
2.2.2 Kasus Penerima Bergerak.....	16
2.3 Motor DC Sebagai Penggerak.....	18
2.4 PWM Sebagai Pengendali Motor.....	19
2.5 Multivibrator.....	21
2.5.1 Multivibrator Astable	21
2.5.2 IC Pembangkit Gelombang.....	21
3 PERANCANGAN SISTEM.....	25
3.1 Sistem Kerja Alat.....	25
3.2 Perancangan Sistem.....	26
3.3 Perancangan Perangkat Keras	28
3.3.1 Transmitter Ultrasonik.....	28
3.3.2 Receiver Ultrasonik.....	29
3.3.3 Rangkaian Sistem Pengendali.....	30
3.3.4 Rangkaian Power Supply.....	33
3.3.5 Rangkaian Driver Motor.....	34

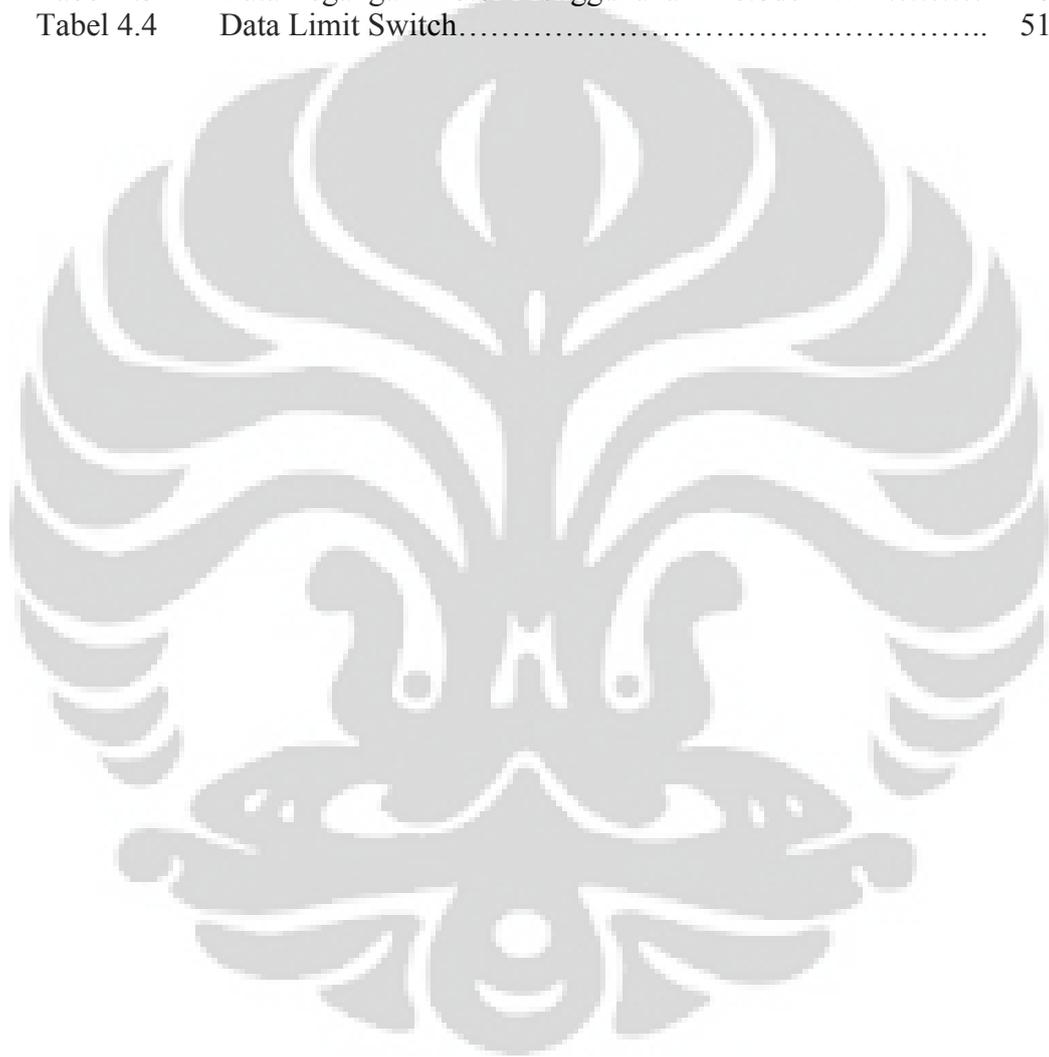
3.3.6 Rangkaian Keypad.....	35
3.4 Perancangan Perangkat Lunak	36
3.4.1 Pengambilan Data.....	37
3.5 Perancangan Mekanik.....	39
3.5.1 Ultrasonik.....	41
3.5.2 Motor DC.....	42
4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	44
4.1 Pengukuran Frekuensi Ultrasonik Transmitter.....	44
4.2 Pengukuran RPM Motor DC.....	46
4.3 Pengukuran Tegangan Motor dengan Metode PWM.....	48
4.4 Pengukuran Limit Switch.....	50
4.5 Pengukuran Keypad.....	51
4.6 Pengukuran Frekuensi Receiver.....	52
4.7 Pengukuran Kecepatan.....	53
5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	56
5.1 Kesimpulan.....	56
5.2 Saran.....	56
DAFTAR REFERENSI	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Blok Diagram Rancang Bangun Alat Ukur Efek Doppler pada Gelombang Ultrasonik.....	4
Gambar 2.1	Pembagian Rentang Frekuensi Gelombang Suara.....	8
Gambar 2.2	Gelombang Longitudinal.....	9
Gambar 2.3	Transducer Ultrasonik.....	11
Gambar 2.4	Efek Piezoelektrik.....	12
Gambar 2.5	Kristal Piezoelektrik.....	13
Gambar 2.6	Muka Gelombang dari Sumber Bergerak.....	15
Gambar 2.7	Motor DC Sederhana.....	18
Gambar 2.8	IC Driver Motor L298.....	19
Gambar 2.9	Contoh Sinyal PWM.....	20
Gambar 2.10	Ilustrasi PWM.....	20
Gambar 2.11	Rangkaian Internal IC 555.....	22
Gambar 2.12	Rangkaian Astable Multivibrator IC LM 555.....	23
Gambar 2.13	Bentuk Gelombang pada Rangkaian Astable Multivibrator.....	23
Gambar 3.1	Sistem Perancangan Alat.....	25
Gambar 3.2	Perancangan Sistem.....	27
Gambar 3.3	Rangkaian Transmitter Ultrasonik.....	28
Gambar 3.4	Rangkaian Receiver Ultrasonik.....	30
Gambar 3.5	Rangkaian Sistem Pengendali.....	31
Gambar 3.6	Pin-pin ATmega 16 Kemasan 40-pin.....	32
Gambar 3.7	Rangkaian Regulator 12V.....	33
Gambar 3.8	Rangkaian Driver Motor.....	35
Gambar 3.9	Rangkaian Dasar Keypad.....	36
Gambar 3.10	Flowchart Main Program.....	38
Gambar 3.11	Perancangan Mekanik.....	40
Gambar 3.12	Sensor Ultrasonik.....	41
Gambar 3.13	Diameter Piringan 5cm.....	43
Gambar 4.1	Gelombang Kotak Keluaran dari Rangkaian Transmitter...	45
Gambar 4.2	Grafik Kecepatan Terhadap Tegangan.....	47
Gambar 4.3	Limit Switch.....	50
Gambar 4.4	Keypad 4x4.....	51
Gambar 4.5	Gelombang Kotak Keluaran dari Rangkaian Receiver.....	53

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Hasil Pembacaan Keypad menggunakan Bascom.....	36
Tabel 3.2	Spesifikasi Ultrasonik Tx dan Rx.....	42
Tabel 4.1	Data Frekuensi Transmitter.....	45
Tabel 4.2	Data Kecepatan RPM Motor DC.....	47
Tabel 4.3	Data Tegangan Motor Menggunakan Metode PWM.....	48
Tabel 4.4	Data Limit Switch.....	51



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Data Eksperimen Arah Gerak Maju Mode Tetap
- Lampiran 2 Data Eksperimen Arah Gerak Mundur Mode Tetap
- Lampiran 3 Akurasi Pengukuran Frekuensi Arah Gerak Maju Mode Tetap
- Lampiran 4 Akurasi Pengukuran Frekuensi Arah Gerak Mundur Mode Tetap
- Lampiran 5 Akurasi Pengukuran Kecepatan Arah Gerak Maju Mode Tetap
- Lampiran 6 Akurasi Pengukuran Kecepatan Arah Gerak Mundur Mode Tetap
- Lampiran 7 Data Eksperimen Arah Gerak Maju Mode Variabel
- Lampiran 8 Foto Mekanik
- Lampiran 9 Main Program Bascom



BAB 1

PENDAHULUAN

Pada Bab ini dijelaskan mengenai latar belakang masalah mengapa alat ini dibuat, tujuan dari penelitian, deskripsi singkat mengenai alat yang akan dibuat, batasan masalah dari alat yang akan dibuat oleh penulis, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan laporan.

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi selalu beriringan dengan meningkatnya kebutuhan manusia. Pada era globalisasi ini semakin berkembang teknologi di segala bidang baik komunikasi, industri, pendidikan, kesehatan, dll maka semakin banyak alat yang dibuat/dirancang dan diciptakan dengan maksud agar dapat mempermudah aktivitas manusia dalam melaksanakan segala macam kegiatannya di berbagai bidang.

Kemajuan teknologi berkembang dengan pesat seperti dapat dilihat dalam katalog produk alat laboratorium dan penunjang pendidikan yang digunakan semakin canggih tetapi yang menjadi kendala adalah harga alat – alat tersebut yang relatif mahal. Karena itu, banyak pula laboratorium sekolah dan universitas tidak menggunakan produk – produk tersebut sehingga pelajar dan mahasiswa hanya dapat melakukan praktikum secara terbatas. Dalam laboratorium fisika dasar penulis belum banyak menemui suatu alat ukur yang sebenarnya selalu terjadi dalam kehidupan sehari-hari seperti contohnya peristiwa efek doppler. Oleh karena itu, penulis berupaya untuk merancang alat ukur yang dilandasi oleh peristiwa efek doppler dengan harapan pelajar dan mahasiswa dapat menggunakan alat tersebut dalam praktikum fisika dasar.

Salah satu contoh peristiwa efek doppler adalah adanya pergeseran frekuensi bunyi yang terdengar ketika sirine ambulans mendekat lalu menjauh hingga tidak terdengar bunyi. Dari kutipan buku fisika dasar Tipler (1998) pengertian dari **Efek Doppler** adalah perubahan frekuensi atau panjang gelombang dari sebuah sumber gelombang yang diterima oleh pengamat, jika

sumber suara/gelombang tersebut bergerak relatif terhadap pengamat/pendengar. Untuk gelombang yang umum dijumpai, seperti gelombang suara yang menjalar dalam medium udara, perhitungan dari perubahan frekuensi ini akan memerlukan kecepatan pengamat dan kecepatan sumber relatif terhadap medium di mana gelombang itu disalurkan.

Doppler diambil dari nama ahli fisika dan matematika Austria yaitu Christian Johann Doppler (1803-1853). Tahun 1842 dia memprediksikan bahwa frekuensi gelombang bunyi yang diterima bergantung pada gerakan sumber bunyi atau pengamat relatif terhadap media perambatan.

Dasar dari efek Doppler adalah gelombang ultrasonik yang bergerak relatif terhadap pengamat/pendengar dapat mengalami pergeseran frekuensi atau disebut shift doppler. Untuk memahami hal ini harus diketahui hubungan antara frekuensi dari sumber bergerak (f_s) dan frekuensi yang diterima penerima (f_p). Frekuensi terukur oleh penerima yang bergerak menjauh dari sumber akan lebih kecil dari frekuensi yang terukur di sumber, sedangkan frekuensi terukur oleh penerima yang bergerak mendekati sumber akan lebih besar dari nilai frekuensi terukur di sumber.

Dalam mendukung pembuatan alat ukur ini digunakan sensor ultrasonik dengan frekuensi sebesar 40KHz. Sensor ultrasonik diarahkan untuk menghasilkan besaran frekuensi dari ultrasonik transducer transmitter dan receiver. Gelombang ultrasonik merupakan gelombang mekanik longitudinal dengan frekuensi diatas 20kHz. Karakteristik gelombang ultrasonik yang melalui suatu medium mengakibatkan getaran partikel secara periodic selama gelombang ultrasonik melaluinya dengan medium amplitudo sejajar dengan arah rambat secara longitudinal sehingga menyebabkan partikel medium membentuk rapatan dan regangan secara kontinu (Resnick dan Halliday, 1992).

Pada alat ini sistem yang akan dikendalikan adalah kecepatan dan arah transmitter bergerak maju atau mundur. Pengendalian sistem ini menggunakan keypad yang kemudian data dihubungkan dengan rangkaian *microcontroller* untuk diproses dan dikirim ke motor dc sebagai penggerak yang kemudian ditampilkan pada display.

1.2 Tujuan Penelitian

Penulisan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan kurikulum Program S1 Ekstensi Fisika, Peminatan Instrumentasi, Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

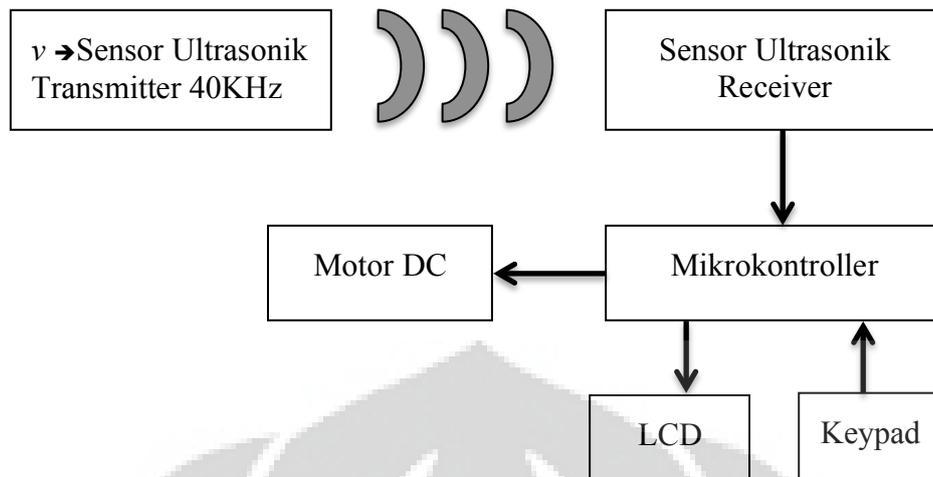
Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Membuat mekanik sistem alat ukur perubahan frekuensi terhadap kecepatan yang didasarkan pada peristiwa Efek Doppler.
2. Membuat piranti elektronika yang mampu mendeteksi perubahan frekuensi gelombang pada ultrasonik dan mengirimnya ke komputer
3. Membuat piranti lunak yang mampu menampilkan data perubahan frekuensi terhadap kecepatan dari proses pemrograman pada mikrokontroler.
4. Pada akhirnya penelitian ini diharapkan mampu menunjukkan adanya perubahan frekuensi ultrasonik yang diterima receiver terhadap kecepatan gerak transmitter yang didasarkan pada peristiwa Efek Doppler.

1.3 Deskripsi Singkat

Dalam perancangan alat ukur efek Doppler melalui gelombang suara ini menggunakan gelombang ultrasonik sebesar 40 KHz. Ultrasonik transmitter memiliki kecepatan untuk mendekat atau menjauhi receiver. Pancaran gelombang ultrasonik transmitter ini akan diterima oleh *receiver*. Karena adanya efek doppler, gelombang ultrasonik yang diterima oleh *receiver* mengalami perubahan frekuensi (*frekuensi shift*). Sinyal yang diterima oleh rangkaian receiver dikirimkan ke rangkaian mikrokontroler yang selanjutnya diolah untuk menghitung hasil cacahan dari pembentuk gelombang menjadi besaran frekuensi.

Penggunaan mikrokontroler ATmega16 berfungsi untuk menerima data berupa gelombang kotak dari receiver, mengendalikan kecepatan motor sebagai penggerak transmitter dan mengirimkan data ke display.



Gambar 1.1 Blok diagram

1.4 Batasan Masalah

Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan pada latar belakang masalah, maka batasan penelitian yang akan dilakukan adalah perancangan rangkaian transmitter dan receiver sensor ultrasonik pada frekuensi 40KHz dapat menunjukkan pergeseran frekuensi yang diamati oleh receiver dengan transmitter sebagai sumber yang bergerak berdasarkan peristiwa dari Efek Doppler. Dalam hal ini data gelombang ultrasonik akan diolah dan untuk pencacahan gelombang dilakukan oleh mikrokontroller ATmega16 ditampilkan ke LCD.

Untuk mendapatkan hasil akhir yang baik dan sesuai dengan yang diinginkan serta tidak menyimpang dari permasalahan yang akan ditinjau, maka batasan masalah pada tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Perancangan dan pembuatan rangkaian utama sensor ultrasonik transmitter dan receiver
2. Perancangan dan pembuatan mekanik alat ukur efek doppler
3. Peralatan dan pembuatan peralatan penunjang akusisi data (baik piranti elektronika dan lunak/software).

1.5 Metode Penelitian

Metode yang dilakukan untuk membantu dalam pelaksanaan dan penganalisaan alat ini:

1.5.1 Studi Literatur

Penulis menggunakan metode ini untuk memperoleh informasi dan data yang berkaitan dengan penelitian yang penulis lakukan. Studi literatur digunakan untuk memperoleh informasi tentang teori-teori dasar sebagai sumber penulisan skripsi. Informasi dan pustaka yang berkaitan dengan masalah ini diperoleh dari buku-buku literatur, penjelasan yang diberikan dosen pembimbing, rekan-rekan mahasiswa, internet, *data sheet*, dan sumber-sumber lainnya.

1.5.2 Perancangan Sistem dan Pembuatan Sistem

Membahas design dan cara kerja perencanaan mekanik, sistem piranti elektronika dan lunak. Pada bagian piranti lunak akan dibahas program yang digunakan.

Perancangan alat merupakan tahap awal penulis untuk mencoba memahami, menerapkan, dan menggabungkan semua literatur yang diperoleh maupun yang telah dipelajari untuk melengkapi sistem serupa yang pernah dikembangkan, dan selanjutnya penulis dapat merealisasikan sistem sesuai dengan tujuan.

Pembuatan sistem dilakukan sesuai dengan perancangan sistem yang telah di rancang. Pembuatan sistem dilakukan secara bertahap, mulai dari pembuatan mekanik, kemudian pembuatan piranti elektronik lalu perangkat lunak.

1.5.3 Uji Sistem

Dari sistem yang dibuat maka dilakukan pengujian secara menyeluruh, dengan tujuan untuk mengetahui apakah sudah sesuai dengan apa yang diharapkan atau belum. Selanjutnya dilakukan pengambilan data-data yang dibutuhkan untuk diolah lebih lanjut guna memperoleh hasil perhitungan. Data hasil pengukuran kemudian diolah sedemikian rupa berdasarkan persamaan-persamaan fisika yang menjadi dasar penulisan skripsi ini untuk mendapatkan hasil yang menjadi tujuan penulisan skripsi ini.

1.5.4 Analisa Data

Data hasil pengukuran kemudian diolah sedemikian rupa berdasarkan persamaan-persamaan fisika yang menjadi dasar penulisan skripsi ini untuk mendapatkan hasil yang menjadi tujuan penulisan skripsi ini.

1.5.5 Kesimpulan dan Saran

Dari hasil pengujian dan pengambilan data kemudian dilakukan suatu analisa sehingga dapat diambil suatu kesimpulan terhadap hasil penelitian yang dibuat. Dengan adanya beberapa saran juga dapat kita ajukan sebagai bahan perbaikan untuk penelitian lebih lanjut

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini terdiri dari bab-bab yang memuat beberapa sub-bab. Untuk memudahkan pembacaan dan pemahaman maka tugas akhir ini dibagi menjadi beberapa bab yaitu:

- Bab 1: Merupakan pendahuluan yang berisi latar belakang, tujuan penelitian, deskripsi singkat, pembatasan masalah, metode penulisan dan sistematika penulisan dari tugas akhir ini.
- Bab 2: Teori dasar yang berisi landasan-landasan teori sebagai hasil dari studi literatur yang berhubungan dalam perancangan dan pembuatan alat.
- Bab 3: Merupakan Perancangan Sistem. Pada bab ini akan dijelaskan secara keseluruhan tentang design dan cara kerja perencanaan mekanik, sistem piranti elektronika dan lunak. Pada bagian piranti lunak akan dibahas program yang digunakan.
- Bab 4: Bab ini berisi tentang unjuk kerja alat sebagai hasil dari perancangan sistem. Pengujian akhir dilakukan dengan menyatukan seluruh bagian-bagian kecil dari sistem untuk memastikan bahwa sistem dapat berfungsi sesuai dengan tujuan awal. Setelah sistem berfungsi dengan baik maka dilanjutkan dengan pengambilan data untuk memastikan kapabilitas dari sistem yang dibangun.

Bab 5: Merupakan Penutup yang berisi kesimpulan yang diperoleh dari pengujian sistem dan pengambilan data selama penelitian berlangsung, selain itu juga penutup memuat saran untuk pengembangan lebih lanjut dari penelitian ini.



BAB 2

TEORI DASAR

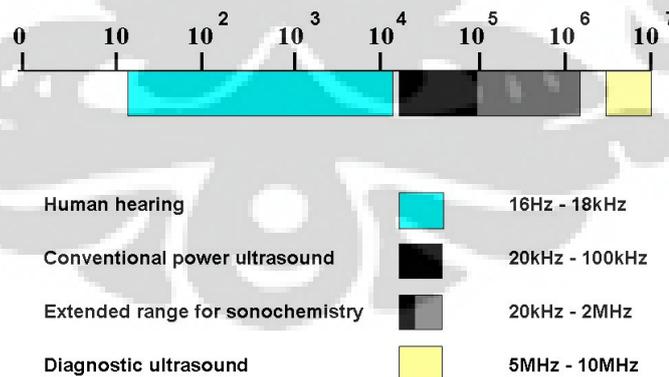
Pada pembuatan alat ukur efek doppler pada gelombang ultrasonik, diperlukan beberapa pemahaman dasar. Beberapa pemahaman dasar tersebut antara lain: gelombang akustik dan ultrasonik, efek doppler, sistem penggerak motor dc, metode sistem pengendali PWM dan multivibrator.

2.1 Gelombang Akustik

Gelombang akustik atau gelombang bunyi adalah gelombang yang dirambatkan sebagai gelombang mekanik yang dapat menjalar dalam medium padat, cair, dan gas (Sutrisno, 1988). Apabila gelombang bunyi merambat mencapai batas permukaan maka gelombang bunyi tersebut akan mengalami transmisi dan refleksi.

Gelombang ultrasonik merupakan mekanik dengan frekuensi diatas 20KHz. Gelombang ini dapat merambat dalam medium padat, cair, dan gas, hal disebabkan karena gelombang ultrasonik merupakan rambatan energi sebagai interaksi dengan medium yang dilaluinya (Bueche, 1986).

THE FREQUENCY RANGES OF SOUND



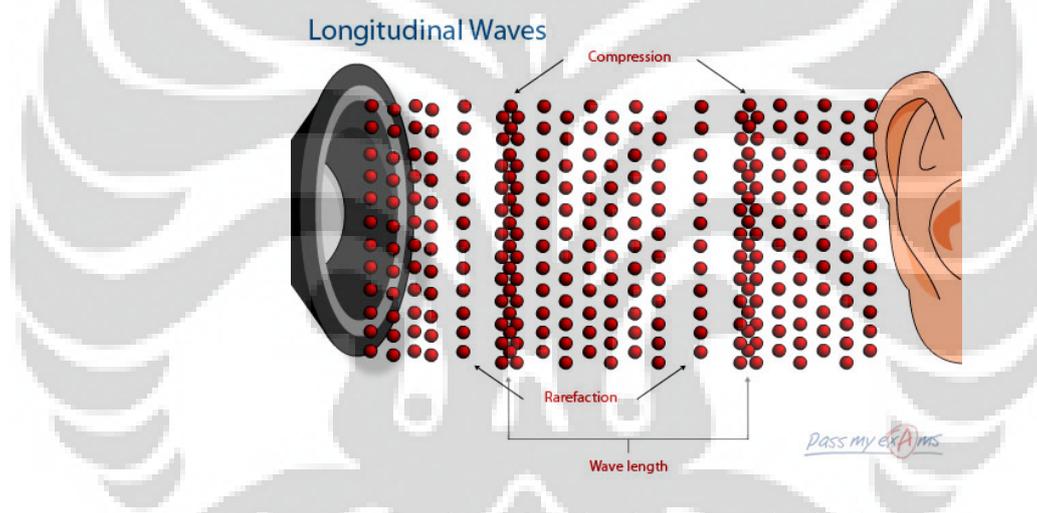
Gambar 2.1 Pembagian Rentang Frekuensi Gelombang Suara

Gelombang ultrasonik ini sering dipergunakan untuk pemeriksaan kualitas produksi didalam industry. Dibidang kedokteran, gelombang ultrasonik

frekuensi tinggi digunakan untuk diagnosis, dan pengobatan karena mempunyai daya tembus jaringan yang sangat kuat (Cameron and Skofronick, 1978).

2.1.1 Perambatan Gelombang Ultrasonik

Ada dua jenis perambatan gelombang akustik, yaitu gelombang longitudinal dan gelombang transversal. Pada gelombang longitudinal, getaran partikel dalam medium sejajar dengan arah rambat. Pada gelombang transversal, arah getar partikel tegak lurus arah rambatnya. Perambatan gelombang ultrasonik dalam medium gas, cair, dan tubuh manusia disebabkan oleh getaran bolak – balik partikel melewati titik keseimbangan searah dengan arah rambat gelombangnya. Maka, gelombang bunyi lebih dikenal dengan gelombang longitudinal seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2.2 Gelombang Longitudinal

Karakteristik gelombang ultrasonik yang melalui medium mengakibatkan getaran partikel dengan medium amplitudo sejajar dengan arah rambat secara longitudinal sehingga menyebabkan partikel medium membentuk rapatan dan regangan. Proses kontinu yang menyebabkan terjadinya rapatan dan regangan di dalam medium disebabkan oleh getaran partikel secara periodic selama gelombang ultrasonik melaluinya (Resnick dan Halliday, 1992).

2.1.2 Panjang, Frekuensi dan Kecepatan

Panjang gelombang (λ) adalah jarak yang ditempuh gelombang suara dalam periode satu getaran. Frekuensi (f) adalah banyaknya gelombang yang bergetar dalam waktu satu detik yang diberi satuan Hertz. Manusia dapat mendengar gelombang suara antara 20Hz sampai 20KHz. Gelombang ultrasonik merupakan gelombang suara dengan frekuensi diatas 20KHz. Frekuensi ultrasonik yang digunakan berkisar 1 sampai 10MHz.

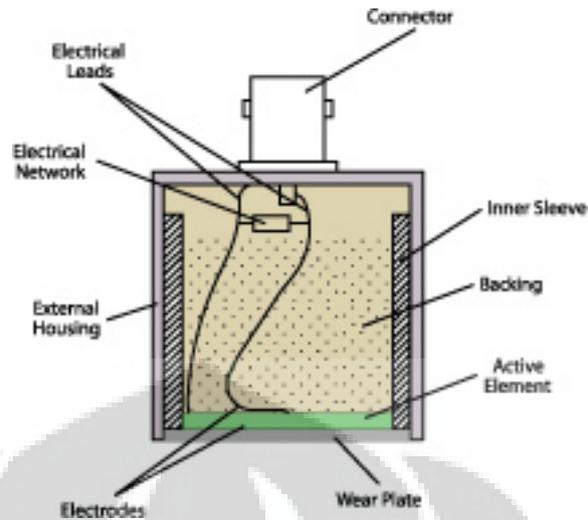
Periode adalah waktu yang dibutuhkan gelombang menempuh satu panjang gelombang dan sebanding dengan $1/f$. Kecepatan ultrasonik (v) adalah jarak yang dilalui oleh gelombang per satuan waktu dan sebanding dengan panjang gelombang dibagi dengan periode. Karena periode dan frekuensi berbanding terbalik, maka hubungan antara kecepatan, panjang gelombang dan frekuensi untuk gelombang ultrasonik adalah

$$v = \lambda f \quad (2.1)$$

dimana v adalah kecepatan gelombang ultrasonik dalam medium dengan satuan m/s, λ adalah panjang gelombang dengan satuan m, dan f adalah frekuensi dengan satuan Hertz.

2.1.3 Transducer Ultrasonik

Transducer adalah sebuah alat yang bila digerakkan oleh suatu energi didalam sebuah sistem transmisi, akan menyalurkan energi tersebut dalam bentuk yang sama atau dalam bentuk yang berlainan ke sistem transmisi berikutnya (William D.C, 1993). Transmisi energi ini bisa berupa listrik, mekanik, kimia, optic (radiasi), atau thermal (panas). Transducer ultrasonik mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, dalam bentuk suara dan sebaliknya. Transducer ultrasonik terdiri atas pemancar (Tx) dan penerima (Rx).



Gambar 2.3 Transducer Ultrasonik

Transducer ultrasonik bekerja berdasarkan prinsip piezoelektrik yang ditemukan pada tahun 1880. Sifat bahan piezoelektrik adalah menghasilkan muatan listrik jika diberi perlakuan mekanik. Sebaliknya, jika bahan ini diberi tegangan listrik maka akan terjadi perubahan ketebalan (mengembang dan mengkerut). Material yang biasa digunakan sebagai elemen transducer adalah lead (Pb) zirconate (Zr) titanate (Ti) atau PZT. Elemen piezoelektrik mengubah energi listrik menjadi energi mekanik untuk menghasilkan ultrasonik dan energi mekanik menjadi energi listrik untuk mendeteksi ultrasonik. Transducer memiliki dua fungsi yaitu:

- a. Menghasilkan pulsa ultrasonik
- b. Menerima atau mendeteksi echo yang kembali

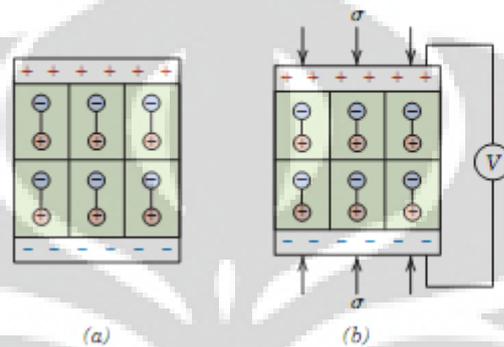
Berikut ini adalah komponen – komponen dari transducer ultrasonik:

Elemen Aktif

Elemen aktif atau dikenal dengan elemen piezoelektrik adalah komponen fungsional transducer. Piezoelektrik mengubah energi listrik menjadi energi mekanik ketika mengirim gelombang ultrasonik dan mengubah energi mekanik menjadi energi listrik ketika menerima gelombang ultrasonik. Energi ultrasonik dihasilkan melalui transducer yang melibatkan efek atau fenomena piezoelektrik. Efek piezoelektrik adalah sifat dari kristal tertentu jika diberikan tekanan akan

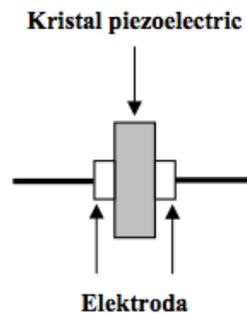
menghasilkan muatan – muatan elektrik positif dan negatif pada kedua belah permukaan.

Ketika tekanan luar memberikan efek tegangan pada permukaan piezoelektrik, dipole – dipole akan terganggu dari posisi keseimbangannya. Hal ini mengakibatkan adanya ketidakseimbangan distribusi muatan. Kemudian akan mengakibatkan perbedaan potensial dimana satu sisi akan bermuatan positif dan yang lainnya bermuatan negatif.



Gambar 2.4 Efek Piezoelektrik (a) dipole pada material piezoelectric (b) material terkompresi stress ketika diberi tegangan (Van Vlack,1989)

Begitupun sebaliknya, pemberian tegangan pada permukaan piezoelektrik akan menyebabkan ekspansi dan kontraksi mekanik dari elemen transduser. Efek satu dengan yang lainnya (*mutually effect*) dari kristal akan terjadi jika diberikan beda potensial pada permukaan kristal maka kristal tersebut akan mengalami pengecutan atau pengembangan mekanik. Keadaan ini akan menghasilkan tekanan dalam bentuk energi ultrasonik. Andaikan beda potensial bolak-balik (*alternative voltage*) yang diberikan, maka kristal piezoelektrik tersebut akan mengembang dan mengecut mengikuti besarnya beda potensial yang diberikan, dan proses ini akan menghasilkan gelombang ultrasonik (Kutruuff,1991) seperti pada Gambar 2.4.



Gambar 2.5 Kristal Piezoelektrik

Damping Block

Damping block adalah lapisan di belakang elemen piezoelektrik yang akan menyerap energi ultrasonik yang datang dan melemahkan sinyal ultrasonik yang merambat pada casing transduser. Komponen ini juga berfungsi mengurangi vibrasi transduser untuk menghasilkan pulsa ultrasonik dengan lebar pulsa yang pendek.

Wear Plate

Penggunaan wear plate bertujuan untuk melindungi transduser.

Bandwidth

Bandwidth adalah lebar distribusi frekuensi yang dilibatkan pulsa.

2.1.4 Prinsip Kerja Ultrasonik

Prinsip kerja ultrasonik adalah berdasarkan pada efek piezoelektrik dimana struktur atom dari kristal piezoelektrik akan berkontraksi (mengikat), mengembang atau menyusut terhadap polaritas tegangan yang diberikan. Kontraksi yang terjadi akan diteruskan ke diafragma penggetar sehingga terjadi gelombang ultrasonik yang dipancarkan melalui medium udara. Selanjutnya pancaran gelombang ini akan diterima oleh unit sensor penerima yang akan menyebabkan diafragma bergetar dan efek piezoelektrik ini akan menghasilkan tegangan bolak-balik dengan frekuensi yang sama.

Besar amplitudo sinyal elektrik yang dihasilkan unit sensor penerima bergantung pada jarak sensor penerima dengan sensor pemancar. Proses sensing yang dilakukan adalah dengan menghadapkan sensor pemancar tegak lurus dengan sensor penerima. Frekuensi yang diterima oleh sensor penerima akan ada

perubahan bergantung pada kecepatan gerak pemancar (Tx) saat mendekati atau menjauhi sensor penerima (Rx). Kecepatan Tx bergerak ini dihitung dengan mengetahui jarak antara Tx dengan Rx dan waktu tempuh Tx saat mendekat atau menjauhi Rx. Kecepatan rambat dari sinyal ultrasonik ini melalui medium rambat yaitu udara sebesar 334m/s.

2.2 Efek Doppler

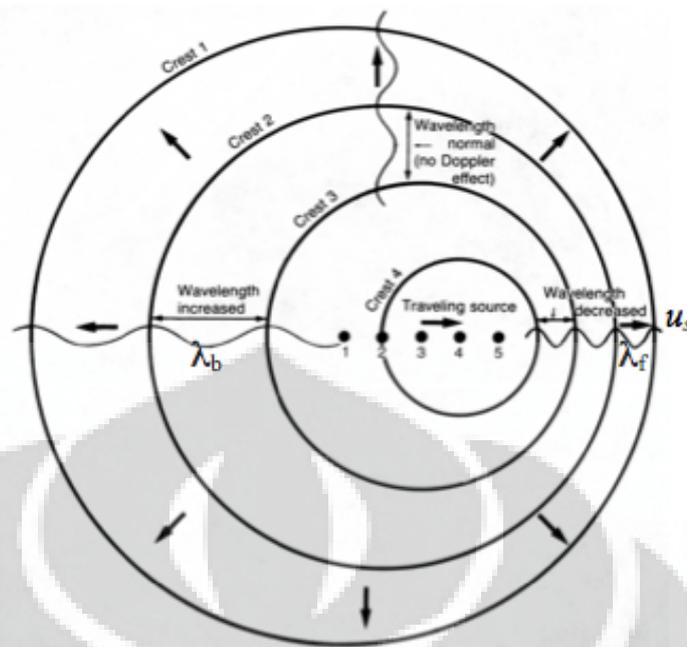
Peristiwa efek Doppler terjadi bilamana suatu sumber gelombang dan penerima bergerak relatif satu sama lain, frekuensi yang teramati oleh penerima tidak sama dengan frekuensi sumber. Ketika keduanya bergerak saling mendekat, frekuensi yang teramati lebih besar daripada frekuensi sumber. (Tipler,1998)

Perubahan frekuensi gelombang ini akan bergantung pada apakah sumber atau penerima yang sedang bergerak relatif terhadap medium. Bilamana sumber bergerak, panjang gelombang akan berubah dan suatu frekuensi baru f' akan ditemukan. Dengan menggunakan persamaan 2.1 Gelombang bunyi maka panjang gelombang baru adalah

$$\lambda = \frac{v}{f'}$$

2.2.1. Kasus Sumber Bergerak

Dalam kasus sumber bergerak artinya sumber memiliki kecepatan untuk mendekati dan menjauhi penerima dimana penerima berada dalam keadaan diam. Frekuensi yang diamati oleh penerima tidak sama dengan frekuensi sumber. Gambar 2.1 menunjukkan muka gelombang yang berturutan memancarkan suatu sumber titik yang bergerak dengan laju u_s ke kanan.



Gambar 2.6 Muka Gelombang dari Sumber Bergerak

Gelombang yang dihasilkan oleh suatu sumber yang bergerak ke kanan dengan laju lebih kecil dari laju gelombang. Terlihat bahwa gelombang di muka sumber akan terkompresi sehingga muka gelombang kanan lebih rapat daripada bila sumber dalam keadaan stationer, sebaliknya dibelakang sumber, muka – muka gelombang terpisah lebih jauh. Dengan ini panjang gelombang di depan sumber λ_f dan dibelakang sumber λ_b dapat dihitung dengan menganggap frekuensi sumber sebagai f_0 . Selang beberapa waktu Δt , sumber menghasilkan sejumlah gelombang N yang diberikan oleh

$$N = f_0 \Delta t$$

Muka gelombang pertama bergerak menempuh jarak $v\Delta t$ sementara sumber bergerak menempuh jarak $u_s\Delta t$, dengan u_s adalah laju sumber relatif terhadap medium. Karena N gelombang ini dikandung dalam jarak $(v - u_s)\Delta t$, panjang gelombang dimuka sumber diperoleh dengan membagi jarak ini dengan N

$$\lambda_f = \frac{(v - u_s)\Delta t}{N} = \frac{(v - u_s)\Delta t}{f_0 \Delta t}$$

atau

$$\lambda_f = \frac{v - u_s}{f_0} = \frac{v}{f_0} \left(1 - \frac{u_s}{v} \right)$$

Dibelakang sumber, N gelombang tercakup dalam jarak $(v + u_s)\Delta t$, sehingga panjang gelombang dibelakang sumber

$$\lambda_f = \frac{(v + u_s)\Delta t}{f_0 \Delta t}$$

atau

$$\lambda_f = \frac{v + u_s}{f_0} = \frac{v}{f_0} \left(1 + \frac{u_s}{v} \right)$$

Laju gelombang v bergantung hanya pada sifat-sifat medium dan tidak pada gerak sumber. Untuk sumber yang bergerak mendekati penerima, frekuensi f' gelombang melewati suatu titik pada keadaan diam relatif terhadap medium adalah

$$f' = \frac{v}{\lambda_f} = \frac{f_0}{1 + u_s/v} \quad \text{sumber mendekat} \quad (2.2a)$$

Untuk sumber yang menjauh dari penerima, frekuensinya adalah

$$f' = \frac{v}{\lambda_b} = \frac{f_0}{1 - u_s/v} \quad \text{sumber menjauh} \quad (2.2b)$$

2.2.2 Kasus Penerima Bergerak

Dalam kasus penerima bergerak artinya sumber dalam keadaan diam dan penerima bergerak relatif terhadap medium, tidak ada perubahan panjang gelombang, namun frekuensi gelombang yang melewati penerima akan bertambah bila penerima bergerak menuju sumber, dan berkurang bila penerima bergerak menjauhi sumber. Banyaknya gelombang yang melewati suatu penerima stasioner dalam waktu Δt adalah banyaknya gelombang dalam $v\Delta t$,

yang nilainya adalah $v\Delta t/\lambda$. Bila penerima bergerak menuju sumber dengan laju u_r , penerima akan melalui sejumlah gelombang tambahan $u_r\Delta t/\lambda$. Jumlah total gelombang yang melalui penerima dalam waktu Δt adalah

$$N = \frac{v\Delta t + u_r\Delta t}{\lambda} = \frac{v + u_r}{\lambda} \Delta t$$

Frekuensi yang teramati adalah jumlah gelombang ini dibagi dengan interval waktu:

$$f' = \frac{N}{\Delta t} = \frac{v + u_r}{\lambda}$$

atau

$$f' = f_0 \left(1 + \frac{u_r}{v} \right) \quad \text{penerima mendekat} \quad (2.3a)$$

Jika penerima bergerak menjauh dari sumber dengan laju u_r , dasar pemikiran yang sama akan menghasilkan frekuensi yang teramati sebagai:

$$f' = f_0 \left(1 - \frac{u_r}{v} \right) \quad \text{penerima menjauh} \quad (2.3b)$$

Bila baik sumber maupun penerima bergerak relatif terhadap medium, hasil yang didapat dalam Persamaan 2.2 dan 2.3 dapat digabungkan menjadi:

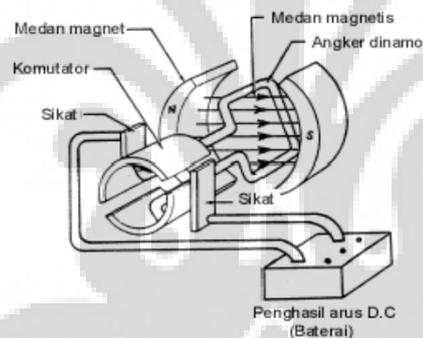
$$f' = \frac{(1 \pm u_r / v)}{(1 \pm u_s / v)} f_0$$

Pemilihan yang benar untuk tanda plus atau minus diperoleh dengan mengingat bahwa frekuensi bertambah bila sumber dan penerima bergerak saling mendekat, sebaliknya frekuensi akan berkurang bila keduanya bergerak saling menjauh.

Secara umum frekuensi teramati f' selalu dapat ditulis sebagai v' adalah laju gelombang relatif terhadap pengamat, dan λ adalah panjang gelombang dalam medium, yaitu jarak antara puncak-puncak gelombang yang berturutan sebagaimana diukur oleh pengamat yang diam relatif terhadap medium.

2.3 Motor DC Sebagai Penggerak

Motor listrik merupakan perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor DC memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet, maka akan timbul tegangan (GGL) yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik. Prinsip kerja dari arus searah adalah membalik fasa tegangan dari gelombang yang mempunyai nilai positif dengan menggunakan komutator, dengan demikian arus yang berbalik arah dengan kumparan jangkar yang berputar dalam medan magnet. Bentuk motor paling sederhana memiliki kumparan satu lilitan yang bisa berputar bebas di antara kutub-kutub magnet permanen.



Gambar 2.7 Motor DC Sederhana

Catu tegangan dc dari baterai menuju ke lilitan melalui sikat yang menyentuh komutator, dua segmen yang terhubung dengan dua ujung lilitan. Kumparan satu lilitan pada gambar di atas disebut angker dinamo. Angker dinamo adalah sebutan untuk komponen yang berputar di antara medan magnet.

Dalam hal ini motor DC sebagai penggerak membutuhkan driver motor yang menggunakan prinsip kerja H-Bridge seperti pada IC L298. Tiap *H-Bridge* dikontrol menggunakan level tegangan TTL yang berasal dari *output* mikrokontroler. L298 dapat mengontrol 2 buah motor DC. Tegangan yang dapat

digunakan untuk mengendalikan robot bisa mencapai tegangan 46 VDC dan arus 2 A untuk setiap kanalnya. Berikut ini bentuk IC L298 yang digunakan sebagai motor *driver*.



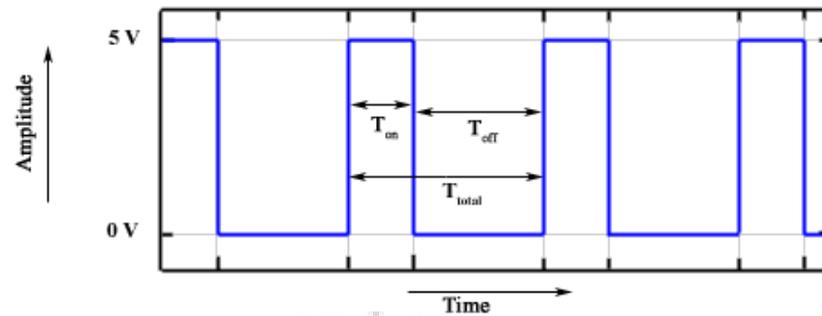
Gambar 2.8 IC Driver Motor L298

Pengaturan kecepatan kedua motor dilakukan dengan cara pengontrolan lama pulsa aktif (mode PWM – *Pulse width Modulation*) yang dikirimkan ke rangkaian *driver* motor oleh pengendali. *Duty cycle* PWM yang dikirimkan menentukan kecepatan putar motor DC.

2.4 PWM (Pulse Width Modulation) Sebagai Pengendali Motor

PWM (*Pulse width Modulation*), adalah sebuah metode untuk pengaturan kecepatan perputaran, dalam hal ini adalah motor DC untuk gerak transmitter. Pada alat ini, metode PWM dikerjakan oleh mikrokontroler. Metode PWM ini akan mengatur lebar atau sempitnya periode pulsa aktif yang dikirimkan oleh mikrokontroler ke driver motor. Pada pengaturan kecepatan transmitter, nilai PWM mulai dari 0-255.

PWM secara umum adalah sebuah cara memanipulasi lebar sinyal atau tegangan yang dinyatakan dengan pulsa dalam suatu periode, yang akan digunakan untuk mengatur tegangan rata – rata yang berbeda. Seperti dibawah ini adalah contoh pulsa PWM:



Gambar 2.9 Contoh Sinyal PWM

Terlihat pada gambar, bahwa sinyal PWM adalah sinyal digital yang amplitudonya tetap, namun lebar pulsa yang aktif (duty cycle) per periodenya dapat diubah-ubah. Dimana periodenya adalah waktu pulsa high (1) T_{on} ditambah waktu pulsa low (0) T_{off} .

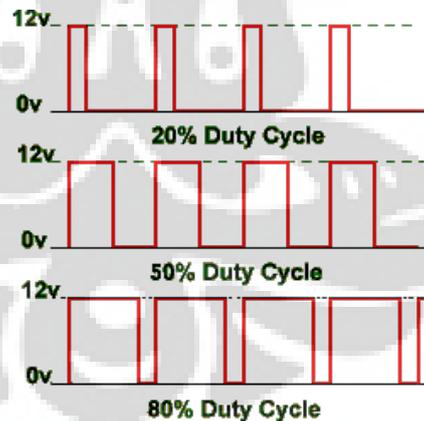
$$T_{total} = T_{on} + T_{off}$$

Duty cycle adalah lamanya pulsa high (1) T_{on} dalam satu periode. Jika $f(t)$ adalah sinyal PWM, maka besar duty cycle-nya adalah:

$$D = T_{on} / T_{total} \times 100\%$$

Sehingga, output tegangan PWM dari mikrokontroler:

$$V_{out} = D \times V_{in}$$



Gambar 2.10 Ilustrasi PWM

Semakin rapat periode antar pulsa, maka frekuensi yang dihasilkan akan semakin tinggi, ini berarti kecepatan akan bertambah. Semakin lebar jarak antar

pulsa, maka frekuensi semakin rendah ini berarti kecepatan berkurang atau menurun.

2.5 Multivibrator

Multivibrator merupakan jenis osilator yang menggunakan dua buah piranti aktif RC yang dirancang sedemikian sehingga dapat menghasilkan gelombang kotak pada keluarannya. Sebuah multivibrator terdiri atas dua penguat yang digandeng secara silang. Keluaran penguat yang satu dihubungkan dengan masukan penguat yang lain. Karena masing – masing penguat membalik isyarat masukan, efek dari gabungan ini adalah berupa balikan positif. Dengan adanya (positif) balikan, osilator akan “regenerative” (selalu mendapatkan tambahan energy) dan menghasilkan keluaran yang kontinu.

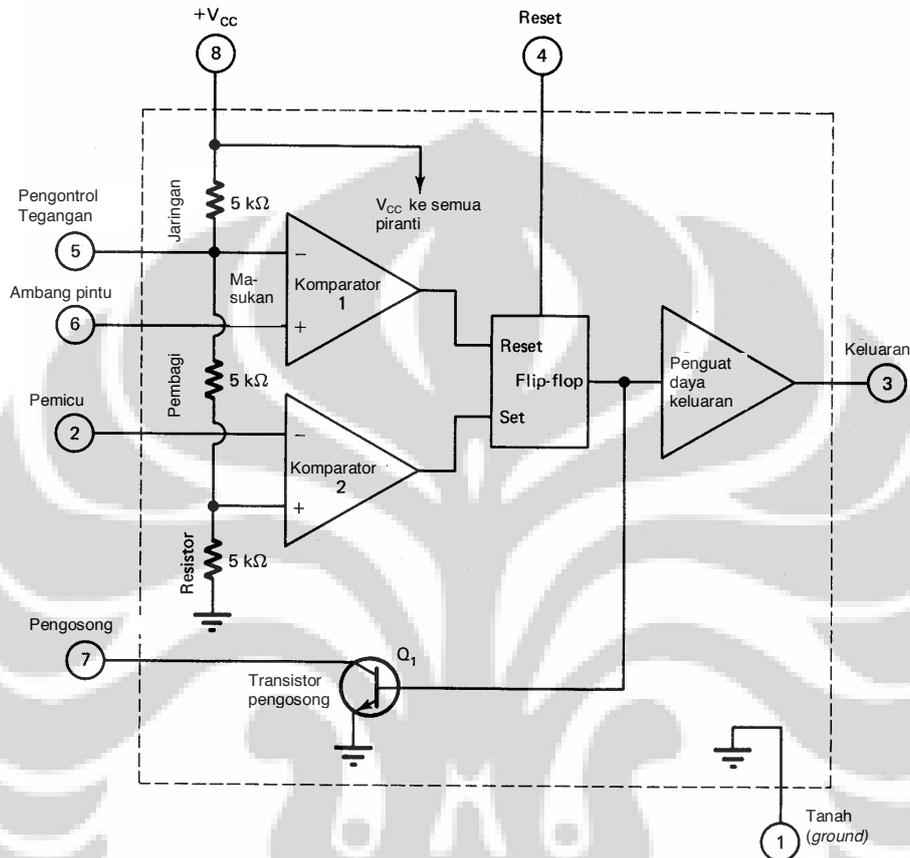
2.5.1 Multivibrator Astable

Multivibrator difungsikan sebagai piranti pemicu (triggered device) atau free running. Multivibrator pemicu memerlukan isyarat masukan dan pulsa. Keluaran multivibrator dikontrol atau disinkronkan (sincronized) oleh isyarat masukan. Astable multivibrator termasuk jenis free-running. Multivibrator astabil mempunyai dua keadaan, namun tidak stabil pada salah satu keadaan. Multivibrator akan berada pada salah satu keadaannya selama sesaat dan kemudian berpindah ke keadaan yang lain. Dalam hal ini multivibrator tetap untuk sesaat sebelum kembali ke keadaan semula, perpindahan bolak – balik berkesinambungan ini menghasilkan suatu gelombang segiempat dengan waktu bangkit yang sangat cepat. Karena tidak dibutuhkan sinyal masukan untuk memperoleh suatu keluaran.

2.5.2 IC Pembangkit Gelombang

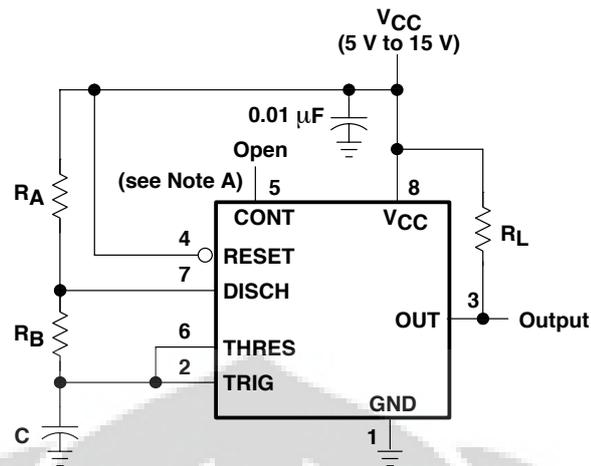
IC NE/SE 555 adalah piranti multiguna yang telah secara luas digunakan. Piranti ini dapat difungsikan sebagai astable multivibrator. Rangkaian khusus ini dapat dibuat dengan komponen dan daya yang minimal.

Rangkaian internal IC 555 biasanya dilihat sebagai blok – blok. Dalam hal ini, chip memiliki dua komparator, sebuah bistable flip-flop, sebuah pembagi resistif, sebuah transistor pengosong dan sebuah keluaran. Gambar 2.11 memperlihatkan blok fungsional IC 555.

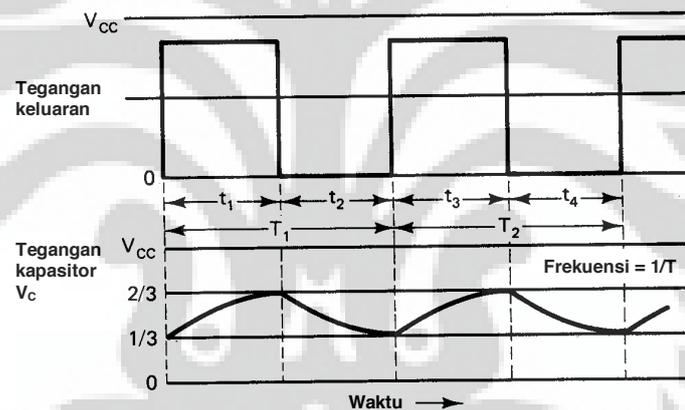


Gambar 2.11 Rangkaian Internal IC 555

Jika digunakan sebagai astable multivibrator, IC 555 berlaku sebagai oscillator RC. Bentuk gelombang dan frekuensi keluaran utamanya ditentukan oleh jaringan RC. Gambar 2.12 memperlihatkan rangkaian astable multivibrator menggunakan IC 555. Pada rangkaian ini diperlukan dua resistor, sebuah kapasitor dan sebuah sumber daya. Keluaran diambil dari pin 3. Pin 8 sebagai $+V_{cc}$ dan pin 1 adalah “ground”. Tegangan catu DC dapat berharga sebesar 5-15V. Resistor R_A dihubungkan antara $+V_{cc}$ dan terminal pengosongan (pin 7). Resistor R_B dihubungkan antara pin 7 dengan terminal ambang (pin 6). Kapasitor dihubungkan antara ambang pintu dan “ground”. Pemicu (pin 2) dan ambang pintu (pin 6) dihubungkan bersama.



Gambar 2.12 Rangkaian Astable Multivibrator IC LM555 (Texas Instrument, 2002)



Gambar 2.13 Bentuk Gelombang pada Rangkaian Astable Multivibrator

Saat daya mula – mula diberikan, kapasitor akan terisi melalui R_A dan R_B . Ketika tegangan pada pin 6 ada sedikit kenaikan diatas dua pertiga V_{cc} , maka terjadi perubahan kondisi pada komparator 1. Ini akan mereset fli-flop dan keluarannya akan bergerak ke positif. Keluaran (pin 3) bergerak ke “ground” dan basis Q_1 berprategangan maju. Q_1 mengosongkan C lewat R_B ke “ground”.

Ketika tegangan pada kapasitor C turun sedikit dibawah sepertiga V_{cc} , ini akan memberikan energy ke komparator 2. Antara pemicu (pin 2) dan pin 6 masih

terhubung bersama. Komparator 2 menyebabkan tegangan positif ke masukkan set dari flip-flop dan memberikan keluaran negative. Keluaran (pin 3) akan bergerak ke harga $+V_{cc}$. Tegangan basis Q_1 berpanjar mundur. Ini akan membuka proses pengosongan (pin 7). C mulai terisi lagi ke harga V_{cc} lewat R_A dan R_B . Proses akan berulang mulai titik ini. Kapasitor C akan terisi dengan harga berkisar sepertiga dan dua pertiga V_{cc} . Proses ini dapat dilihat pada gambar 2.13.

Frekuensi keluaran astable multivibrator dinyatakan sebagai $f=1/T$. Ini menunjukkan sebagai total waktu yang diperlukan untuk pengisian dan pengosongan kapasitor C. Waktu pengisian ditunjukkan oleh jarak t_1 dan t_3 . Jika dinyatakan dalam $t_1 = 0,693(R_A+R_B) C$. Waktu pengosongan diberikan oleh t_2 dan t_4 . Dalam detik, $t_2 = 0,693R_B C$. Dalam satu putaran atau satu periode pengoperasian waktu yang diperlukan sebesar

$$T = t_1 + t_2 \text{ atau } T = t_3 + t_4$$

Dengan menggunakan harga t_1 dan t_2 atau t_3 dan t_4 , maka persamaan frekuensi dapat dinyatakan sebagai: (Texas Instrument, 2002)

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1,44}{(R_A+2R_B)C} \quad (2.4)$$

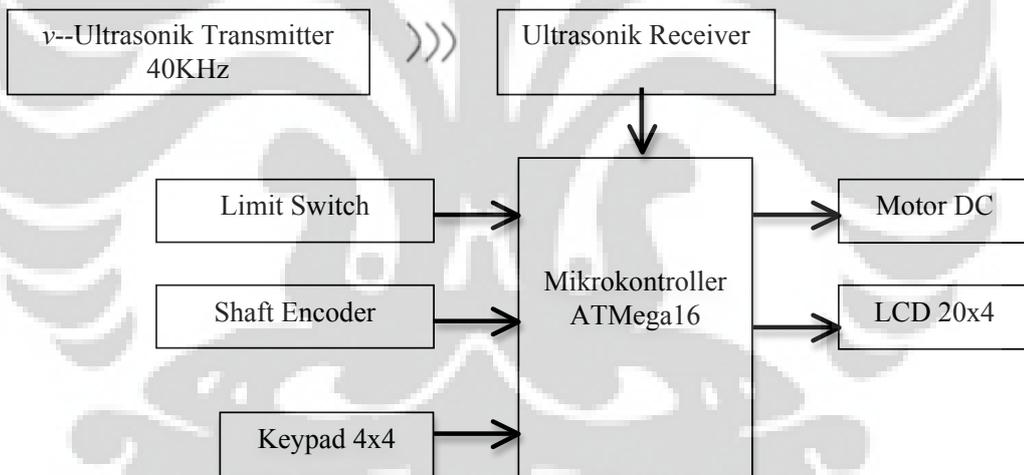
Nilai resistansi R_A dan R_B sangat penting untuk pengoperasian astable multivibrator.

BAB 3 PERANCANGAN SISTEM

Pada bab ini akan dibahas mengenai perancangan sistem beserta cara kerja dari konstruksi mekanik, hardware, dan software yang digunakan penulis dalam penyusunan alat ” Rancang Bangun Alat Ukur Efek Doppler pada Gelombang Ultrasonik “.

3.1 Sistem Kerja Alat

Alat ini dirancang agar dapat mengukur perubahan frekuensi yang teramati oleh penerima terhadap kecepatan transmitter ultrasonik yang diakibatkan adanya efek doppler. Berikut ini adalah gambaran secara umum dari alat ini:



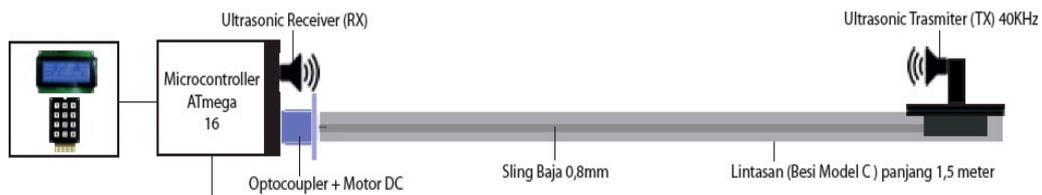
Gambar 3.1 Sistem Perancangan Alat

Pada perancangan ini sumber gelombang berasal dari ultrasonik transmitter sebesar 40KHz melalui udara yang memiliki kecepatan untuk bergerak mendekat atau menjauhi ultrasonik receiver (penerima). Rangkaian ultrasonik transmitter ini diberi supply tegangan sebesar 9V untuk menggetarkan kristal piezoelektrik sensor ultrasonik. Karena adanya efek doppler, gelombang

ultrasonik yang dipancarkan akan diterima oleh ultrasonik receiver. Rangkaian ultrasonik diberi tegangan 12V dan berada pada keadaan yang selalu diam. Sehingga dalam hal ini persamaan efek doppler yang digunakan adalah untuk kasus sumber yang bergerak mendekat dan menjauhi pengamat. Rangkaian ultrasonik receiver dihubungkan ke mikrokontroller untuk memberi data berupa gelombang kotak dengan amplitudo 5V agar mikrokontroller dapat mengolah data frekuensi yang terbaca dan ditampilkan pada LCD. Mikrokontroller ini berfungsi sebagai pengendali suatu sistem berdasarkan informasi input yang di terima dari receiver, limit switch, shaft encoder dan keypad lalu diproses oleh mikrokontroller dan dilakukan aksi pada bagian output ke motor DC dan display LCD sesuai program yang telah di tentukan sebelumnya. Limit switch akan memberi data input ke mikrokontroller dengan memberi logika output "1" dengan tegangan 5V dan logika output "0" dengan tegangan 0V saat ditekan oleh transmitter yang bergerak. Shaft encoder memiliki rangkaian optocoupler sebagai penghasil pulsa dari putaran motor DC yang memiliki 72 lubang ke mikrokontroller untuk menghitung kecepatan gerak transmitter. Shaft encoder ini membutuhkan tegangan sebesar 5V dengan logika output "0" saat celah sensor terhalang dan logika "1" saat celah sensor tanpa halangan. Keypad akan memberikan input selama tidak ada tombol yang ditekan, maka mikrokontroller akan melihat sebagai logika high "1" pada setiap pin yang terhubung ke baris. Mikrokontroller akan menjalankan program setelah keypad memberi input berupa daya motor untuk menentukan kecepatan transmitter bergerak dan arah pin motor maju atau mundur sehingga menjadi data output dari mikrokontroller untuk motor DC. LCD berupa display yang menampilkan data dari hasil pengukuran mikrokontroller berupa pengukuran frekuensi yang diterima oleh receiver dan kecepatan gerak transmitter.

3.2 Perancangan Sistem

Perancangan sistem yang dilakukan dalam mendukung kerja alat ukur efek doppler ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3.2 Perancangan Sistem

1. Melakukan perancangan terhadap modul sensor ultrasonik yang dibuat dengan ukuran kecil agar lebih mudah ditempatkan, yang terbagi menjadi dua yaitu:
 - a. Modul transmitter yang menggunakan satu buah sensor ultrasonik yang berfungsi sebagai pemancar untuk mengirimkan gelombang ultrasonik sebesar 40 KHz
 - b. Modul receiver yang menggunakan satu buah sensor yang berfungsi untuk menerima dan mengolah gelombang ultrasonik menjadi sinyal digital yang selanjutnya diolah oleh mikrokontroler untuk menghitung besar frekuensi yang diterima
2. Melakukan perancangan modul limit switch yang berfungsi untuk membatasi gerak transmitter sesuai dengan jarak yang diinginkan dan tidak menabrak receiver yang ada didepannya.
3. Melakukan perancangan modul shaft encoder untuk menghitung kecepatan gerak transmitter dengan input berupa pulsa dari putaran motor DC.
4. Melakukan perancangan modul sistem minimum yang terdiri dari satu buah mikrokontroler tipe ATmega16 sebagai pengendali sistem untuk semua system yang terhubung sesuai dengan program yang diberikan.
5. Melakukan perancangan rangkaian PWM sebagai pengendali motor DC untuk menggerakkan transmitter dengan menggunakan driver motor IC L298.
6. Melakukan perancangan modul keypad untuk memberikan input berupa hexadecimal yang mewakili huruf dan angka yang berhubungan dengan system ini.

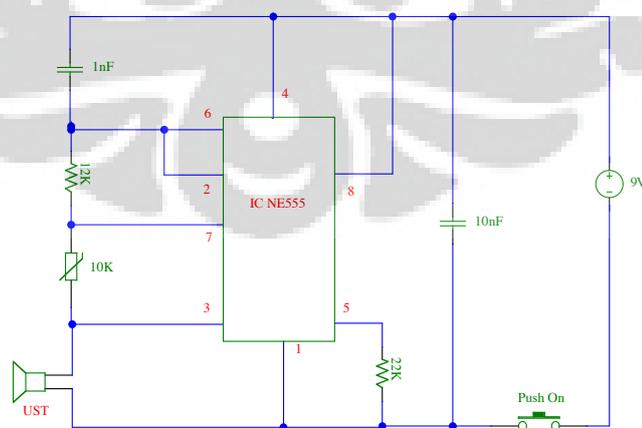
7. Melakukan perancangan display LCD untuk menampilkan data yang telah diolah oleh mikrokontroler
8. Melakukan perancangan mekanik dengan penataan tata letak komponen untuk sensor lebih sederhana dan mudah untuk dilakukan perbaikan. Merancang lintasan transmitter menggunakan besi model C dan kawat sling untuk menarik maju atau mundur transmitter.

3.3 Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

Didalam pembuatan alat ini perangkat kerasnya (hardware) terdapat beberapa bagian, yaitu rangkaian transmitter ultrasonik, rangkaian receiver ultrasonik, rangkaian minimum sistem, rangkaian komunikasi serial Max232, rangkaian power supply, rangkaian driver motor, rangkaian PWM dan rangkaian keypad.

3.3.1 Transmitter Ultrasonik

Transmitter Ultrasonik dengan IC 555 merupakan suatu rangkaian sederhana yang dapat memancarkan gelombang ultrasonik. Transmitter gelombang ultrasonik disusun oleh transducer ultrasonik yang diberi input gelombang kotak dengan frekuensi sekitar 40KHz yang dihasilkan oleh multivibrator astabil dengan IC 555. Gelombang kotak yang dihasilkan oleh rangkaian multivibrator yang disusun oleh IC 555 yang bekerja secara astable kemudian diberikan ke modul atau “transducer ultrasonik” untuk dipancarkan.



Gambar 3.3 Rangkaian Transmitter Ultrasonik

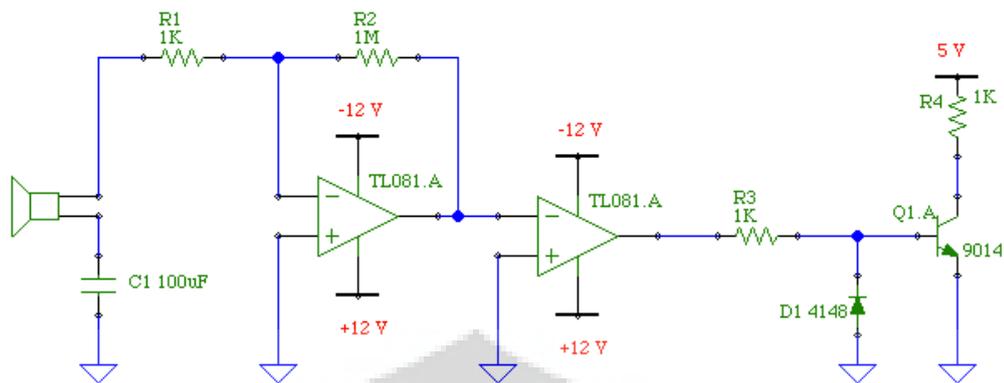
Dari rangkaian ini lamanya siklus dari keluaran ditentukan oleh besarnya R_1 , VR_1 dan C_1 . Semakin besar nilai R_1 , VR_1 dan C_1 maka akan semakin lama pula siklus yang diperoleh. Bila kita perhatikan hal ini dikarenakan waktu pengisian kapasitor akan semakin lama jika arus dari R_1 semakin kecil akibat besarnya nilai kedua tahanan tersebut. Output akan menghasilkan siklus tinggi selama kapasitor C_1 melakukan pengisian dan akan menghasilkan siklus 0 atau rendah selama C_1 melakukan pelepasan muatan.

Frekuensi sinyal yang digunakan adalah 40KHz. Maksud dari frekuensi tersebut yaitu supaya pancarannya jauh dan tidak terpengaruhi oleh noise dari luar. Frekuensi tersebut didapat dengan mengatur besar hambatan satu R_1 , hambatan dua R_2 , dan kapasitor satu C_1 . Besarnya R_1 , R_2 dan C_1 yang digunakan untuk mendapatkan frekuensi 40KHz adalah (Texas Instrument: 2002):

$$f = \frac{1.44}{(R + 2R_1)C_1}$$

3.3.2 Receiver Ultrasonik

Penerima ultrasonik ini akan menerima sinyal ultrasonik yang dipancarkan oleh pemancar ultrasonik dengan karakteristik frekuensi yang sesuai. Ultrasonik merupakan piezoelektrik yang apabila ada sinyal gelombang dari transmitter akan bergetar dan menghasilkan tegangan output yang sangat kecil pada kaki sensor ultrasonik maka diperlukan suatu rangkaian penguatan menggunakan op-amp. Tegangan sensor ultrasonik tidak dapat diukur karena sangat kecil kisaran dibawah mV sehingga dibutuhkan penguatan sebesar 1.000x atau bahkan 10.000x penguatan. Karena output dari op-amp masih berbentuk gelombang analog maka digunakan suatu rangkaian komparator inverting amplifier op-amp TL081 dengan amplitud -12V dan +12V untuk membentuk gelombang digital yang dibutuhkan mikrokontroler sebagai sinyal input.. Dari penjelasan ini maka rangkaian receiver sebagai berikut:

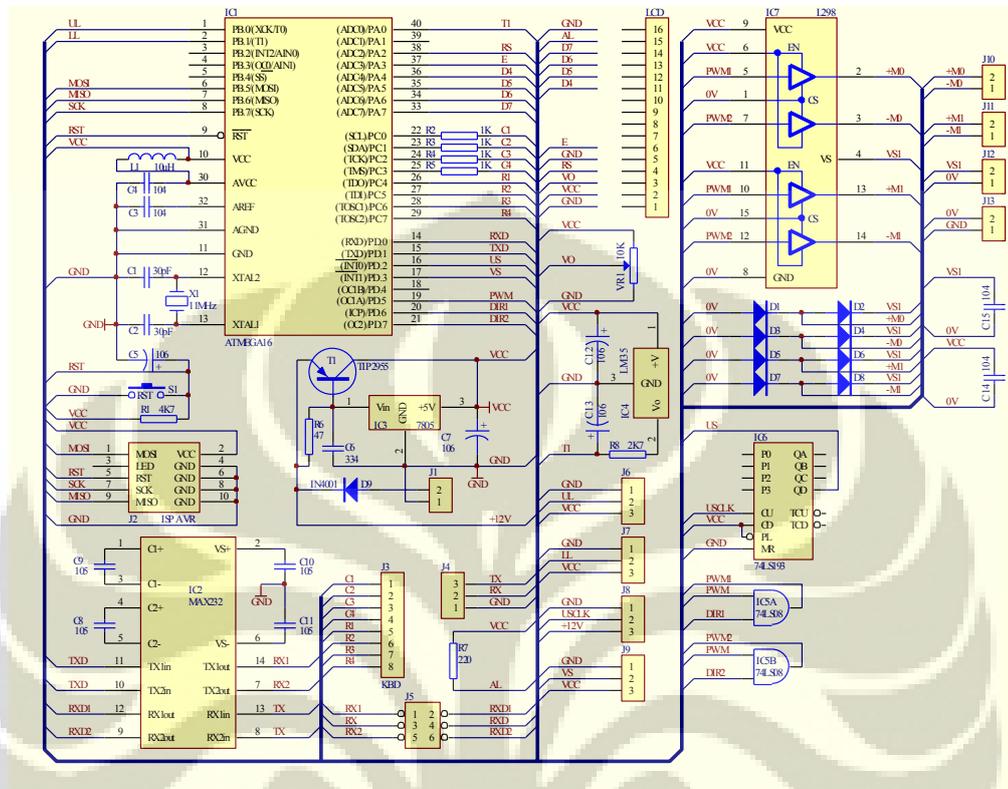


Gambar 3.4 Rangkaian Receiver Ultrasonik

3.3.3 Rangkaian Sistem Pengendali

Rangkaian minimum sistem yang digunakan adalah mikrokontroler AVR tipe ATmega 16. Mikrokontroler adalah suatu piranti yang digunakan untuk mengolah data-data biner (digital) yang didalamnya merupakan gabungan dari rangkaian-rangkaian elektronik yang dikemas dalam bentuk suatu *chip* (IC). Pada umumnya mikrokontroler terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut: Alamat (*address*), Data, Pengendali, Memori (*RAM* atau *ROM*), dan bagian *input-Output*. AVR merupakan seri mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel, berbasis arsitektur RISC (Reduced Instruction Set Computer). Hampir semua instruksi dieksekusi dalam satu siklus clock. AVR mempunyai 32 register general-purpose, timer/counter fleksibel dengan mode compare, interrupt internal dan eksternal, serial UART, programmable Watchdog Timer, dan mode power saving. Mempunyai ADC dan PWM internal. Rangkaian minimum sistem ini terdiri dari rangkaian mikrokontroler dan ISP programmer, kristal, 4 buah header yang terhubung ke port I/O-nya mikrokontroler. Sebagai otak dari sistem ini menggunakan mikrokontroler produk dari atmel keluarga AVR seri ATmega 16. Rangkaian ini dibutuhkan agar dapat mengisi (*me-download*) program yang telah dibuat. Program tersebut meliputi program pengaturan kecepatan transmitter ultrasonik dan menghitung perubahan frekuensi yang diterima receiver serta pengiriman data komunikasi serial. Port yang digunakan pada

microcontroller Atmega16 adalah PA untuk LCD, PB untuk regulator, PC untuk keypad dan PD untuk komunikasi dan motor.



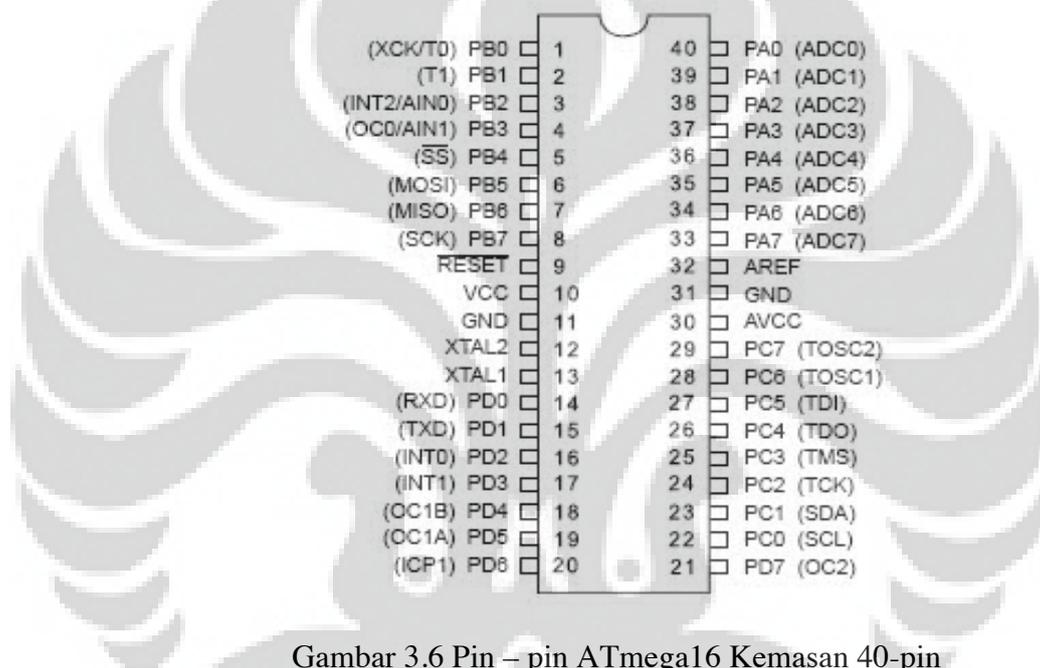
Gambar 3.5 Rangkaian Sistem Pengendali

Pemrograman I/O pada mikrokontroler merupakan dasar dari prinsip pengontrolan berbasis mikrokontroler, dimana orientasi dari penerapan mikrokontroler ialah untuk mengendalikan suatu sistem berdasarkan informasi input yang di terima, lalu diproses oleh mikrokontroler dan dilakukan aksi pada bagian output sesuai program yang telah di tentukan sebelumnya. Pada gambar diatas, terdapat empat buah port, yaitu PA, PB, PC, dan PD yang semuanya dapat diprogram sebagai input ataupun output. Jika dilihat lebih detail lagi pada pemroses mikrokontroler ini, terdapat unit CPU utama untuk memastikan eksekusi program. CPU juga dapat mengakses memori, melakukan kalkulasi, pengontrolan dan penanganan interupsi dengan menggunakan arsitektur Harvard (bus untuk memori dan program dan data terpisah) sehingga di hasilkan performa yang tinggi (Budiharto, Widodo, hal 40).

Hal ini di karenakan instruksi pada memori program di eksekusi dengan single level pipelining, dengan demikian pada saat sebuah instruksi dieksekusi, instruksi berikutnya dapat diskkses dari memori program.

Konfigurasi Pin

Pin-pin pada ATmega16 dengan kemasan 40-pin DIP (dual inlinepackage) ditunjukkan oleh gambar3.4. Kemasan pin tersebut terdiri dari 4 Port yaitu Port A, Port B, Port C,Port D yang masing-masing Port terdiri dari 8 buah pin. Selain itu juga terdapat RESET, VCC, GND 2 buah, VCC, AVCC, XTAL1, XTAL2 dan AREF.



Gambar 3.6 Pin – pin ATmega16 Kemasan 40-pin

Diskripsi dari pin-pin ATmega 16L adalah sebagai berikut :

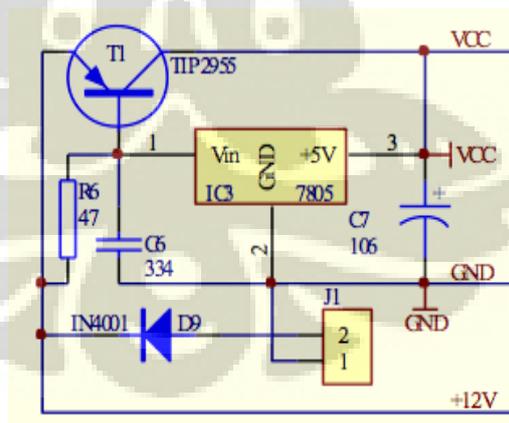
1. **VCC** : Supply tegangan digital.
2. **GND** : Ground
3. **PORT A** : Merupakan pin I/O dua arah dan dapat diprogram sebagai pin masukan ADC.
4. **PORT B**: Merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu timer/counter, komparator analog, dan ISP.
5. **PORT C** : Merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu TWI, komparator analog, dan timer osilator. Pin port C adalah tri-states ketika

kondisi sebuah reset menjadi aktif, sekalipun clocknya tidak jalan. Jika interface JTAG enable, pull up resistor di pin PC5(TDI), PC3(TMS), dan PC2(TCK) akan aktif sekalipun reset terjadi.

6. **PORT D** : Merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu komparator analog, interupsi eksternal, dan komunikasi serial.
7. **RESET** : Pin yang digunakan untuk mereset mikrokontroler. Sebuah low level pada pin akan lebih lama dari pada lebar pulsa minimum akan menghasilkan reset meskipun clock tidak berjalan.
8. **XTAL1** : Input inverting penguat Oscilator dan input internal clock operasi rangkaian.
9. **XTAL2** : Output dari inverting penguat Oscilator.
10. **AVCC** : Pin supply tegangan untuk Port A dan A/D converter. Sebaiknya eksternalnya dihubungkan ke VCC meskipun ADC tidak digunakan. Jika ADC digunakan seharusnya dihubungkan ke VCC melalui low pass filter.
11. **AREF** : Pin referensi analog untuk A/D konverter.

3.3.4 Rangkaian Power Supply

Rangkaian regulator ini dibuat untuk supply tegangan receiver sebesar 12V.



Gambar 3.7 Rangkaian Regulator 12V

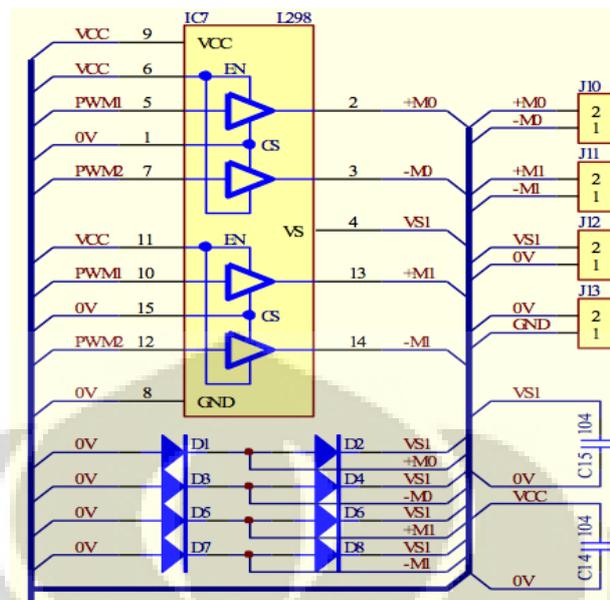
J1 pin kaki 1 dihubungkan ke ground dan kaki 2 dihubungkan ke 12V. Diode pada rangkaian ini digunakan sebagai pengaman rangkaian yaitu bias mundur dimana apabila terjadi kesalahan pemasangan atau terbalik ada bias

mundur sehingga tidak merusak rangkaian. Regulator IC 7805 berguna untuk menjaga tegangan stabil sedangkan arus akan di supply oleh transistor TIP2955 karena memiliki impedansi dayanya hingga 150 watt dan arus yang dikeluarkan sampai 10A dengan cara ini arus yang masuk ke regulator hanya sedikit. Supaya transistor bekerja harus ada beda potensial antara basis dan emitter sebesar 0,7V. Ketika beda tegangan mencapai 0,7V maka transistor bekerja dan kelebihan arusnya akan ditangani oleh T_1 dan mengatur arus yang menyuplai IC regulator dengan dikurangi 0,7V. Output membutuhkan arus besar maka disuplai oleh transistor apabila transistor mampu bertahan pada arus yang besar maka sistem ini akan menjadi stabil karena tidak dibebani arus yang besar. Arus besar akan melewati transistor dengan demikian fungsi transistor ini adalah untuk menyuplai arus yang besar dan regulator untuk penstabil tegangan.

Pengambilan arus yang besar untuk rangkaian selanjutnya akan ditanggulangi oleh transistor sehingga kestabilan tegangan menjadi lebih baik. Apabila regulator diberi beban arus yang besar akan panas dan tegangan bisa turun sehingga menshut-down dirinya sendiri.

3.3.5 Rangkaian Driver Motor

Sebuah motor DC dapat dipercepat putarannya dengan menambahkan nilai tegangan yang melalui kumparan kawat pada motor DC. Pada sistem elektronik ini dapat dibuat suatu rangkaian pengendali yang dapat mempercepat putaran motor secara otomatis dengan cara mengatur lebar dari pulsa (*Pulse Width Modulation*), karena didalam motor DC juga terdapat sensor.



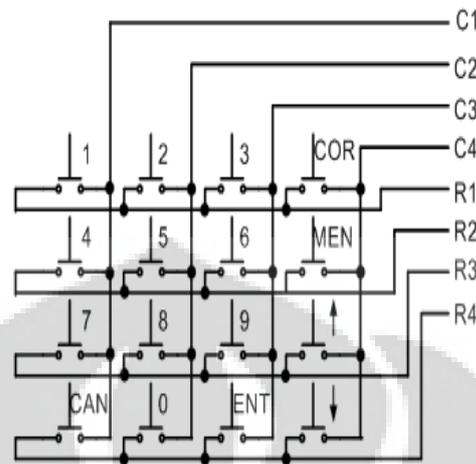
Gambar 3.8 Rangkaian Driver Motor

Pada perancangan drivermotor ini karena motor hanya digerakkan untuk maju dan mundur saja maka hanya dibutuhkan 2 pin motor yaitu +M0 –M0 atau +M1 –M1. VS1 supply digunakan untuk menggerakkan motor sebesar 24V. Pada rangkaian ini ground motor dipisahkan dengan J13 pada kaki 1. Pemasangan diode difungsikan sebagai pengaman IC L298 dari tegangan balik motor. Apabila motor dihidupkan akan memberi tegangan balik yaitu tegangan balik negative sehingga dipasang diode terbalik (bias maju) yang hanya menghasilkan 0,7V sehingga rangkaian tidak akan rusak.

3.3.6 Rangkaian Keypad

Keypad sering digunakan sebagai suatu input pada beberapa peralatan yang berbasis mikroprocessor atau mikrokontroler. *Keypad* sesungguhnya terdiri dari sejumlah saklar, yang terhubung sebagai baris dan kolom dengan susunan seperti yang ditunjukkan pada gambar. Agar mikrokontroler dapat melakukan scan keypad, maka port mengeluarkan salah satu bit dari 4 bit yang terhubung pada kolom dengan logika low “0” dan selanjutnya membaca 4 bit pada baris untuk menguji jika ada tombol yang ditekan pada kolom tersebut. Sebagai konsekuensi, selama tidak ada tombol yang ditekan, maka

mikrokontroler akan melihat sebagai logika high “1” pada setiap pin yang terhubung ke baris.



Gambar 3.9 Rangkaian Dasar Keypad

Pada perancangan ini keypad dihubungkan ke portC. Hasil yang didapat dari pembacaan keypad menggunakan pemrograman Bascom adalah

Tabel 3.1 Hasil Pembacaan Keypad menggunakan Bascom

Karakter Dikeypad	Hasil Pembacaan	Karakter Dikeypad	Hasil Pembacaan
1	15	9	4
2	14	A	12
3	13	B	8
4	11	C	3
5	10	D	0
6	9	*	3
7	6	0	2
8	5	#	1

3.4 Perancangan Perangkat Lunak (Software)

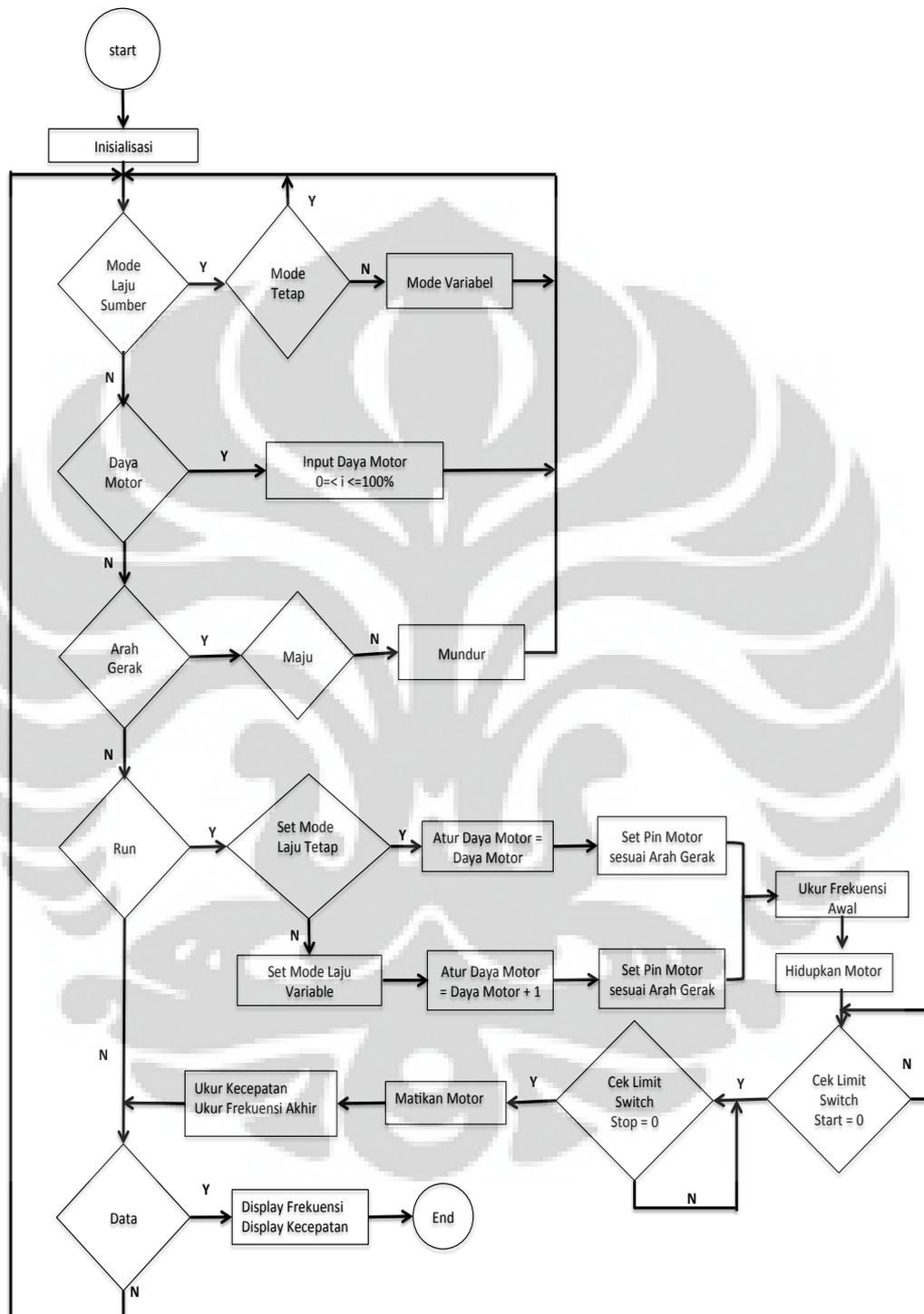
Pada alat ini menggunakan perangkat lunak (*software*) didalam pengendaliannya. Software yang digunakan adalah Bascom AVR dan pengambilan data secara manual dengan melihat data langsung pada display LCD atau komunikasi serial lain.

3.4.1 Pengambilan Data

Terdapat 2 variable dalam pengambilan data yaitu arah motor dan data kecepatan. Aliran program yang diinginkan dalam mengukur frekuensi yang diterima oleh receiver dilakukan dengan memberi start sehingga terjadi inisialisasi LCD diikuti dengan ON-nya mikrokontroller. Kemudian diberi input PWM % untuk mengatur kecepatan motor dan input arah gerak motor menjauhi atau mendekati receiver. Lalu program akan aktif untuk menggerakkan motor dan merecord hingga 100 data hingga motor akan berhenti saat limit switch = 1. Data yang didapat adalah jarak (s) dan waktu (t) tempuh motor menggerakkan transmitter sehingga kecepatan (v) dapat dihitung. Perubahan frekuensi receiver tiap 1 detik dapat dihitung dari periode transmitter saat jauh atau dekat dimana frekuensi adalah $1/T$.

Pada main program ada 5 variable yang digunakan yaitu single program, power program, direction program, data program dan run program. Masing – masing program akan menjalankan perintah dari mikrokontroller. Untuk pengambilan data yang diperlukan hanya ada tiga variable yaitu frekuensi ultrasonik receiver, besar daya motor dan kecepatan gerak transmitter. Awal yang dilakukan setelah start adalah inisialisasi setelah pemilihan variable mode laju. Pada mode laju ini disediakan dua variable yaitu mode laju tetap atau mode laju variable. Pada mode laju tetap memiliki daya motor yang tetap dari pengaturan PWM yang diinginkan. Sedangkan pada mode laju variable daya motor akan terus bertambah satu hingga mencapai daya motor maksimum sesuai dengan pengaturan PWM yang artinya gerak transmitter akan bertambah cepat tiap saat. Setelah pemilihan mode laju maka akan dilanjutkan dengan pengaturan daya motor dengan menggunakan metode PWM. Seperti yang telah dijelaskan pada mode laju apabila memilih mode laju tetap maka daya motor akan diatur dengan pengaturan pwm yang diinginkan seperti pemberian pwm sebesar 20% artinya tegangan pada motor sebesar 20% dari supply maksimum yang diberikan yaitu 24V didapat besar tegangan yang digunakan adalah 4.8V. Apabila memilih mode laju variable maka hanya memasukkan besar pwm yang digunakan untuk memberi daya awal motor dalam menggerakkan transmitter dan daya tersebut akan semakin

bertambah hingga kecepatan transmitter semakin bertambah. Berikut ini akan ditampilkan flowchart dari main program:

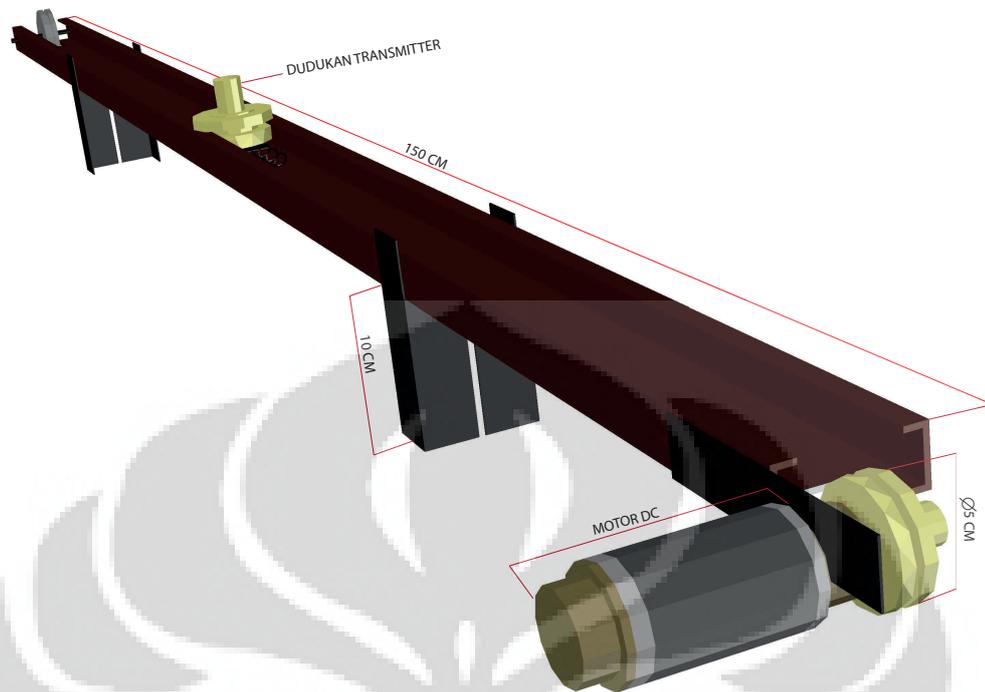


Gambar 3.10 Flowchart Main Program

Dari pengaturan pwm ini akan dilanjutkan ke proses arah gerak untuk menentukan arah transmitter bergerak mendekati receiver atau menjauhi receiver. Setelah itu ke proses run dimana intruksi – intruksi yang telah diberikan akan segera dieksekusi ke masing – masing elemen yang berhubungan. Pada program run ini mikrokontroller berperan penting dalam pengendalian dan pembagian tugas agar sesuai dengan yang diperintahkan. Dengan men-set mode laju yang telah dipilih dan mengatur daya motor sesuai dengan besar pwm yang diberikan selanjutnya membaca frekuensi receiver sebagai frekuensi awal dan menghidupkan motor untuk menjalankan transmitter bergerak sesuai arah yang diinginkan. Melakukan pengecekan apakah limit switch start menjadi low apabila logika pada limit switch adalah high “1” maka transmitter akan terus bergerak hingga menekan limit switch stop menjadi logika high “1” yang artinya motor DC berhenti dan transmitter tidak bergerak. Setelah itu melakukan program pengukuran kecepatan dan frekuensi akhir. Selanjutnya hasil pengukuran tersebut akan disimpan di data menggunakan internal memory pada mikrokontroller. Data tersebut akan menampilkan frekuensi awal dan frekuensi akhir dari receiver dan kecepatan transmitter bergerak dengan pwm tertentu. Apabila akan mengambil data kembali maka dapat mengulangi proses tersebut dari awal kembali ke mode laju, pengaturan daya motor, arah gerak, run program atau menampilkan data.

3.5 Perancangan Mekanik

Pada perancangan mekanik ini dibuat untuk melihat perubahan frekuensi yang dipengaruhi oleh peristiwa efek doppler. Bagian – bagian mekanik ini terdiri dari transmitter ultrasonik, receiver ultrasonik, piringan, kawat sling, besi model C dan motor DC. Seperti terlihat pada gambar berikut:



Gambar 3.11 Perancangan Mekanik

Penjelasan dari bagian – bagian perancangan mekanik adalah sebagai berikut:

- Dudukan Transmitter : digunakan sebagai tempat untuk ultrasonik transmitter yang akan bergerak maju atau mundur
- Besi Model C : digunakan sebagai rel atau lintasan untuk gerak ultrasonik transmitter. Besi model C memiliki bentuk seperti huruf C sehingga tepi besi dapat dipakai untuk menahan dudukan transmitter agar tidak terjatuh. Panjang besi yang digunakan adalah 1.5 meter.
- Piringan : piringan yang berada di ujung kanan dan kiri besi berfungsi sebagai penahan kawat sling dengan diameter 5 cm. Bahan yang digunakan untuk membuat piringan ini adalah teflon. Bahan yang licin ini dimanfaatkan agar tidak terjadi gesekan yang besar terhadap kawat sling yang melewatinya. Salah satu piringan ini dihubungkan

ke as motor DC untuk menarik transmitter bergerak maju atau mundur.

Kawat Sling : merupakan kawat yang kuat berbahan stainless steel dilapisi plastik. Pemilihan kawat sling yang dilapisi plastik ini untuk menghindari adanya gesekan yang besar terhadap piringan. Panjang kawat sling yang digunakan adalah 3 meter. Kawat sling dihubungkan ke lubang pada dudukan transmitter agar dapat bergerak maju atau mundur.

Motor DC : memiliki kecepatan sebesar 600 rpm dan power supply sebesar 24V. Motor DC ini digunakan sebagai pengendali gerak transmitter yang dihubungkan ke piringan.

Dudukan Receiver : digunakan sebagai tempat ultrasonik receiver untuk menerima gelombang dari transmitter. Dudukan receiver ini dibuat tetap agar tidak bergerak.

Kaki Penahan : digunakan untuk menahan besi c, motor DC dan piringan agar tidak menyentuh lantai. Tinggi dari kaki penahan ini adalah 10 cm.

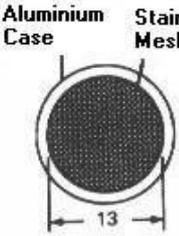
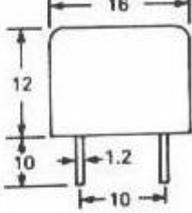
3.5.1 Ultrasonik

Ultrasonik yang digunakan adalah ultrasonik transmitter dan receiver didesain untuk mengirim dan menerima gelombang ultrasonik yang merambat melalui udara dalam bentuk gelombang kontinu atau pulsa.



Gambar 3.12 Sensor Ultrasonik

Tabel 3.2 Spesifikasi Ultrasonik Tx dan Rx

		 Unit mm
Deskripsi	Transmitter	Receiver
Sensitivitas Transmitting	106dB	
Sensitivitas Receiving		65dB
Resonan Frekuensi Transmitter	$\pm 40\text{KHz}$	
Resonan Frekuensi Receiver		$\pm 40\text{KHz}$
Directional Sudut	Approx 30^0	
Maximum Input Voltage	20Vrms	
Impedansi	Approx 500Ω	Approx $30\text{K} \Omega$
Kapasitansi	$1100\text{pF} \pm 2\%$	
Pulse Rise Time	2.0ms	0.5ms
Max Input Voltage Pulse Operation	60Vp.p	
Range Temperatur	$-20 \text{ to } +60^0\text{C}$	
Selectivitas Transmitting	Approx 70	
Selectivitas Receiving		Approx 60

3.5.2 Motor DC

Motor DC digunakan sebagai penggerak maju atau mundur transmitter. Transmitter akan bergerak menjauhi atau mendekati receiver sehingga akan diperoleh perubahan frekuensi akibat dari pengaruh efek doppler. Untuk membaca perubahan frekuensi ini maka penulis membatasi kecepatan

transmitter maksimum adalah kisaran 170cm/detik. Dengan perhitungan sebagai berikut:

Asumsi: Kecepatan Motor 600 Rpm dan diameter piringan 5 cm

$$\text{Keliling} = \pi D = 3.14 \times 5 = 15,7$$

$$\text{RPM motor} = 650 \text{ Rpm} : 60 \text{ detik} = 10,8 \text{ Rps}$$

$$\text{Kecepatan motor} = 10,8 \text{ Rps} \times 15,7 = 170 \text{ cm/detik}$$



Gambar 3.13 Diameter Piringan 5cm

Untuk itu kecepatan rpm motor yang dibutuhkan adalah sebesar 650 RPM pada maksimum tegangan 24V. Hal ini dilakukan untuk melihat pergeseran frekuensi yang terbaca pada receiver dengan kecepatan yang bervariasi.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini dijelaskan hasil pengambilan data frekuensi dari gelombang ultrasonik dan motor DC . Setelah dilakukan pengerjaan keseluruhan sistem, maka perlu dilakukan pengujian alat serta penganalisaan terhadap alat, apakah sistem sudah bekerja sesuai yang diinginkan atau tidak. Pengujian – pengujian tersebut meliputi:

4.1. Pengukuran Frekuensi Ultrasonik Transmitter

Dalam perancangan rangkaian transmitter yang dibutuhkan adalah IC555 yang dapat membangkitkan gelombang dari sensor ultrasonik. Rangkaian pembangkit gelombang ini harus dirancang sesuai dengan rangkaian oscillator RC yang terdiri dari dua resistor dan satu kapasitor. Untuk mendapatkan frekuensi sebesar 40KHz diperlukan perhitungan untuk menetapkan nilai resistor dan kapasitor sesuai persamaan 2.4:

$$f = \frac{1.44}{(R + 2R_1)C_1}$$

Besar frekuensi yang diinginkan adalah 40.000 Hz sehingga dapat dituliskan

$$f = 40000 = \frac{1.44}{(R + 2R_1)C_1}$$

Jika pada rangkaian transmitter diberikan $R_1 = 12K\Omega$ dan $C_1 = 1nF$ maka persamaannya menjadi

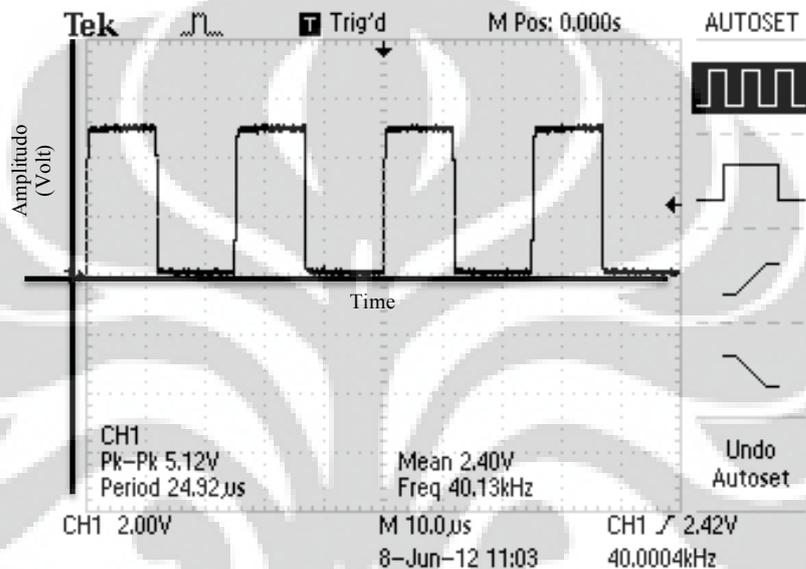
$$(R + 2R_1) C_1 = 40000 \times 1.44$$

$$(R + 2.12000 \Omega)10^{-9}F = 36 \times 10^{-6} \Omega F$$

$$R = \frac{36 \times 10^{-6} - 24 \times 10^{-6}}{1 \times 10^{-9}}$$

$$R = 12 K\Omega$$

Artinya besar nilai resistor ke dua R adalah $12\text{ K}\Omega$ atau dapat dgantikan dengan variable resistor sebesar $10\text{ K}\Omega$. Hal ini dilakukan sehingga dapat diketahui maksimum dan minimum frekuensi yang dihasilkan dari rangkaian ini. Untuk mendapatkan frekuensi yang diinginkan hanya dengan mengatur VR1 yang dihubungkan pada ke kaki IC 555 pin 3 dan kaki sensor ultrasonik sebagai outputnya dapat diukur menggunakan osiloskop dengan kaki pin 1 dan kaki sensor ultrasonik lainnya dihubungkan ke ground sehingga hasil grafiknya sebagai berikut:



Gambar 4.1 Gelombang Kotak Keluaran dari Rangkaian Transmitter

Dari hasil osiloskop ini gelombang ultrasonik yang dihasilkan berupa signal digital dengan amplitude sebesar 5V dan frekuensi yang dipancarkan adalah 40.0004 KHz. Dengan melakukan pengambilan data sebanyak 5 kali (lihat lampiran 1) maka dapat dihitung standard deviasinya berdasarkan rata-rata seperti terlihat pada table berikut:

Tabel 4.1 Data Frekuensi Transmitter

Data ke-n	Frekuensi yang Terbaca pada Osiloskop (KHz)
1	40.0004
2	40.0002
3	39.9992
4	40.0009

Data ke-n	Frekuensi yang Terbaca pada Osiloskop (KHz)
5	40.0013
Mean	40.0004
STD Deviasi	0.00

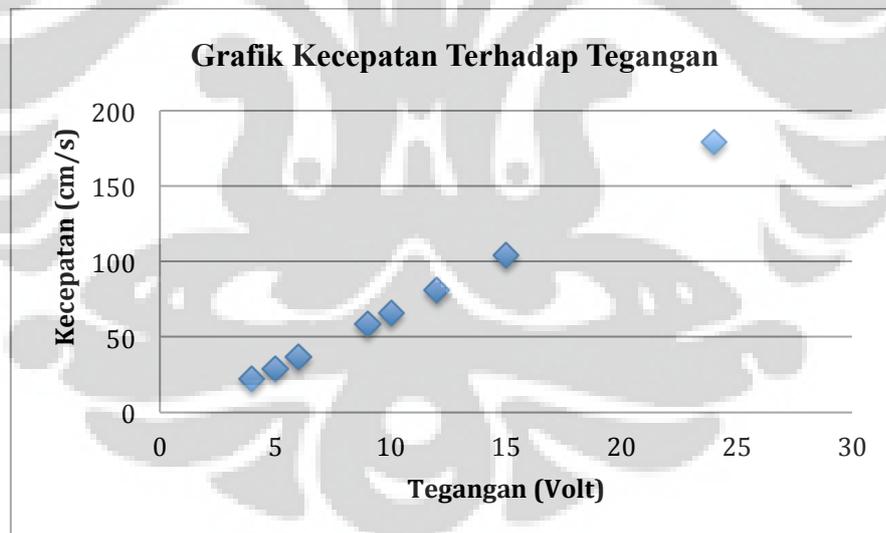
Dari table ini memperlihatkan bahwa dari 5x pengambilan data frekuensi yang dihasilkan selalu berubah yang dipengaruhi oleh rangkaian multivibrator astable. Namun perubahan ini masih dapat ditolerir selama masih berada pada range 40.000 Hz sehingga dapat disimpulkan bahwa frekuensi yang dihasilkan oleh rangkaian transmitter adalah 40KHz artinya rangkaian transmitter dapat berjalan dengan baik dan menghasilkan frekuensi yang diinginkan dengan output berupa gelombang digital. Pada rangkaian ini IC555 berfungsi dengan baik sebagai pembangkit gelombang dengan rangkaian oscilator RC.

4.2 Pengukuran RPM Motor DC

Pengukuran kecepatan motor DC dilakukan dengan menggunakan alat pengukur RPM adalah Digital Tachometer. Spesifikasi dari alat ini mampu menghitung RPM motor hingga 99.999rpm dengan menggunakan phototype. Pengukuran ini dilakukan dengan memberi variasi tegangan pada motor DC. Stiker putih ditempelkan pada as motor DC agar alat ini dapat mendeteksi tiap putaran dalam satu menit. Tegangan maksimum yang diberikan untuk motor DC adalah 24V dengan pengambilan data sebanyak 10x tiap tegangan. Secara matematis besar kecepatan motor DC dihitung berdasarkan penjelasan pada Sub Bab 3.5.2.

Table 4.2 Data kecepatan RPM motor DC

Diameter Piringan (D)		5 cm		
Keliling Piringan (πD)		15,7 cm		
Data ke-n	Tegangan (volt)	RPM yang Terbaca	RPS (detik)	Kecepatan RPS x Keliling (cm/detik)
1	4V	85.81	1.43	22.45
2	5V	111.2	1.85	29.10
3	6V	139.57	2.33	36.52
4	9V	224.62	3.74	58.78
5	10V	252.15	4.20	65.98
6	12V	309.97	5.17	81.11
7	15V	399.01	6.65	104.41
8	24V	685.13	11.42	179.28



Gambar 4.2 Grafik Kecepatan Terhadap Tegangan

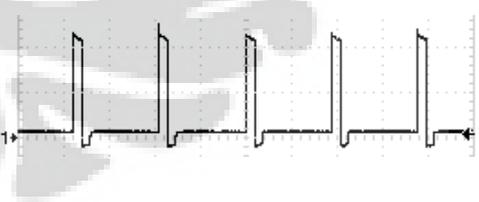
Dari grafik ini memperlihatkan bahwa perbandingan kecepatan dengan tegangan dengan kondisi apabila tegangan dinaikkan maka kecepatan motor semakin cepat. Saat mencapai tegangan maksimum sebesar 24V maka kecepatannya adalah 179.28 cm/s yang artinya telah sesuai dengan perancangan yang dijelaskan pada Sub Bab 3.5.2. Karena hal ini maka untuk mengatur

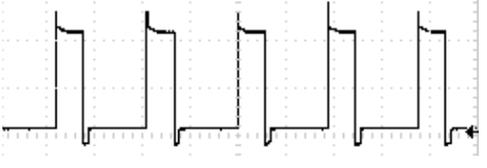
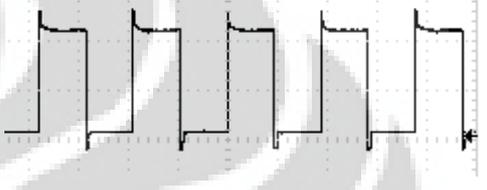
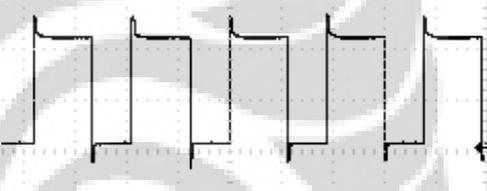
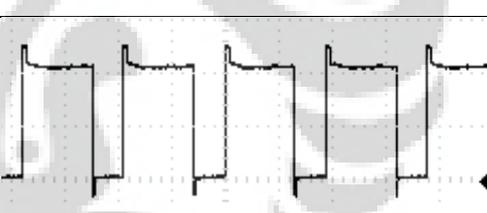
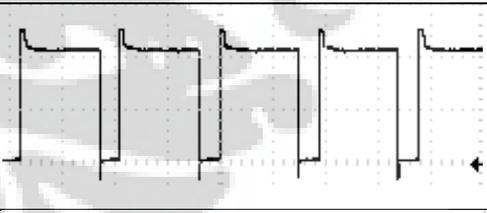
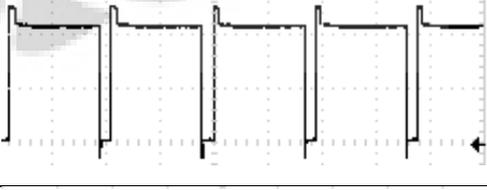
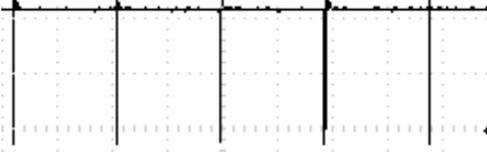
kecepatan motor dapat menggunakan metode PWM yang memanipulasi kecepatan motor dengan mengatur tegangan yang diberikan ke motor DC.

4.3 Pengukuran Tegangan Motor dengan Metode PWM

Seperti yang telah dibahas pada sub bab sebelumnya bahwa untuk mengatur kecepatan motor DC dapat menggunakan metode PWM dengan mengatur tegangan yang diberikan ke motor DC maka pada system ini menggunakan driver motor L298 dan hanya menggunakan satu motor DC untuk gerak maju dan mundur diperlukan pin +M1 dan -M1 saja. Pada pengukuran tegangan motor ini menggunakan multimeter untuk melihat tegangan motor yang masuk pin +M1 pada rangkaian pengendali mikrokontroler dan osiloskop untuk melihat duty cycle yang dihasilkan dari metode PWM saat motor dijalankan. Pengaturan daya motor menggunakan metode PWM telah diset pada portD.5. Dengan memilih intruksi untuk power program maka dapat ditentukan besar daya motor yang diinginkan. Penginputan persen PWM dilakukan dengan menekan angka pada keypad dan memilih run untuk mengaktifkan motor. Sinyal PWM diukur melalui output pada pin +M1 dihubungkan ke pena osiloskop yang diparalelkan ke positif pena multimeter sedangkan negative pena multimeter dihubungkan ke ground. Hasil yang didapat pada pengukuran ini ditunjukkan sebagai berikut:

Tabel 4.3 Data Tegangan Motor Menggunakan Metode PWM

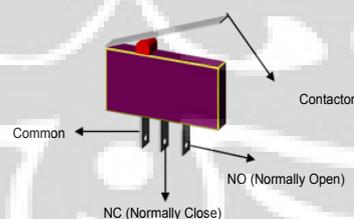
PWM	Tegangan (Volt)	Grafik Duty Cycle
10%	2	
20%	4.3	

PWM	Tegangan (Volt)	Grafik Duty Cycle
30%	6.8	
40%	9.3	
50%	11.1	
60%	13.2	
70%	15.4	
80%	17.6	
90%	19.5	
100%	21.6	

Dari grafik ini pengaturan tegangan menggunakan metode PWM dapat terlihat dengan semakin rapat periode antar pulsa, maka frekuensi yang dihasilkan akan semakin tinggi, ini berarti kecepatan akan bertambah. Semakin lebar jarak antar pulsa, maka frekuensi semakin rendah ini berarti kecepatan berkurang atau menurun. Dengan bertambahnya duty cycle maka tegangan motor DC yang diinputkan adalah semakin besar sehingga kecepatan yang dihasilkan semakin tinggi. Saat duty cycle 100% tegangan yang terukur hanya 21,6 V dimana lebih kecil dibandingkan dengan supply yang diberi yaitu 24V. Hal ini dikarenakan supply yang terukur pada adaptor sebagai supply tegangan motor sebenarnya hanya sebesar 23.2 V sehingga setelah melewati rangkaian driver motor terdapat hambatan yang mengakibatkan penurunan nilai tegangan input ke motor DC. Namun secara keseluruhan system ini dapat mengatur kecepatan motor DC dengan menggunakan metode PWM.

4.4 Pengukuran Limit Switch

Pada system ini limit switch berfungsi sebagai start dan stop gerak transmitter. *Limit switch* ini ditempatkan ditepi rel sehingga piringanudukan transmitter dapat menyentuh tangkai dari *limit switch* tersebut. Terminal normal terbuka (NO) berfungsi sebagai penghubung, sedangkan terminal normal tertutup (NC) berfungsi sebagai pemutus. Apabila tekanan yang menyentuh tangkai tertarik, maka kontak *limit switch* akan kembali ke posisi semula.



Gambar 4.3 Limit switch

Pengukuran dilakukan dengan menghubungkan NC ke Vcc +5V dan NO ke ground sedangkan COM sebagai signal upper limit dan lower limit pada rangkaian pengendali. Pada sistem ini digunakan dua limit switch sebagai start yang diset dengan signal upper limit pada pinB.0 dan limit switch sebagai stop yang diset dengan signal lower limit pada pinB.1. Untuk mengukur kerja limit

switch maka dapat dilihat dari tegangan yang diukur menggunakan limit switch. Pada NC diberikan Vcc +5V dan dihubungkan ke pena positive multimeter sedangkan kaki COM dihubungkan ke pena negative multimeter. Dengan cara menekan dan melepaskan contactor limit switch akan didapatkan besar tegangan seperti terlihat pada tabel berikut:

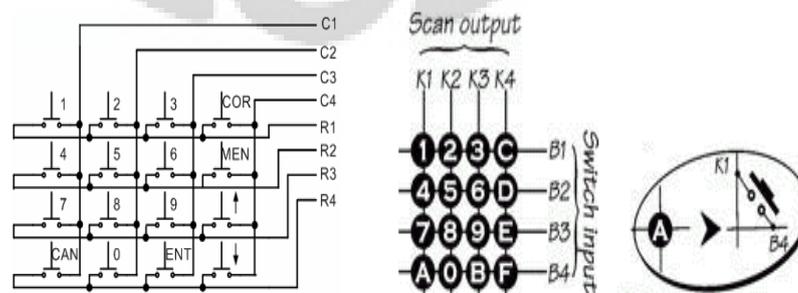
Tabel 4.4 Data Limit Switch

Kaki Limit Switch	Dihubungkan Ke	Kaki Multimeter	Saat Contactor Tidak Ditekan	Saat Contactor Ditekan
Normally Close	+5V	(+)	5V	0V
COM	PinB	(-)		
Normally Open	+5V	(+)	0V	5V
COM	PinB	(-)		

Dari tabel diatas maka dapat dikatakan bahwa limit switch dapat bekerja dengan diberi tegangan supply sebesar 5V sehingga mikrokontroller dapat membaca sinyal digital dari limit switch.

4.5 Pengukuran Keypad

Keypad digunakan sebagai input pada mikrokontroller. Pada system ini menggunakan keypad 4x4 tersusun dari 16 tombol yang terbagi dalam 4 kolom dan 4 baris. Tiap – tiap tombol yang ada didalam keypad menghubungkan 1 buah kolom dengan 1 buah baris. Keypad terdiri dari sejumlah saklar, yang terhubung sebagai baris dan kolom dengan susunan seperti berikut:



Gambar 4.4 Keypad 4x4

Contoh: Tombol 6 menghubungkan kolom 3 dengan baris 2

Tombol 8 menghubungkan kolom 2 dengan baris 3

Tombol * menghubungkan kolom 1 dengan baris 4

Dengan menggunakan multimeter yang dihubungkan pada titik yang tersambung maka tegangan yang dihasilkan oleh salah satu tombol didapat sebesar 4.8V. Agar mikrokontroler dapat melakukan scan keypad dilakukan pemasangan keypad yang diletakkan pada portC.0 hingga portC.7. Selama tidak ada tombol yang ditekan, maka mikrokontroler akan melihat sebagai logika high “1” pada setiap pin yang terhubung baris. Tetapi jika ada penekanan pada salah satu tombol, maka pada salah satu baris akan berlogika low “0”.

4.6 Pengukuran Frekuensi Receiver

Pada pengukuran frekuensi ini metode yang digunakan adalah dihitung berdasarkan periode yaitu waktu tempuh untuk satu gelombang. Kristal yang digunakan sebesar 11059200 dengan pembagi clock adalah 16 yang berasal dari IC 74193 IC up/down counter yang mencacah dari 0000 s/d 1111 biner atau 0 s/d 15 desimal . Untuk clock frekuensi atau signal output dari receiver diinisialkan sebagai usclk yang dihubungkan ke portD.2 menggunakan Interrupt 1. Berikut program yang digunakan:

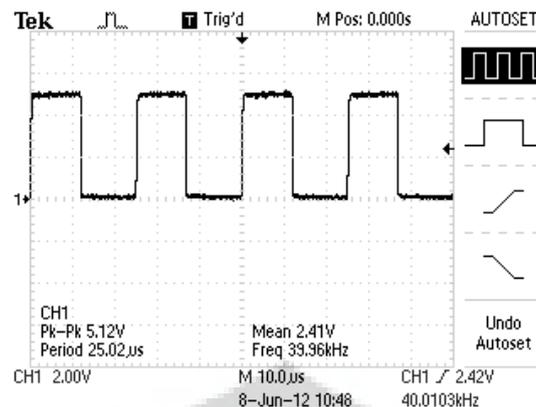
Ukur_frekuensi_us:

Periode = Timer1

Frekuensi_us = 11059200 / Periode

Frekuensi_us = Frekuensi_us * 16

Untuk melihat hasil gelombang dan frekuensi yang diterima dari receiver dan terbaca pada mikrokontroler digunakan osiloskop yang dihubungkan pada pin usclk dan ground. Hasil pembacaan pada osiloskop ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 4.5 Gelombang Kotak Keluaran dari Rangkaian Receiver

Dari grafik ini dengan sumbu x adalah waktu (time) yang menunjukkan periode atau frekuensi dan sumbu y adalah amplitude yang menunjukkan tegangan output dari receiver. Dalam hal ini karena gelombang yang dihasilkan berupa gelombang digital maka dapat dibaca oleh mikrokontroler secara langsung. Pengambilan data dalam pengukuran frekuensi awal dan akhir receiver yang terbaca oleh mikrokontroler diambil sebanyak 10x untuk setiap pwm maju dan mundur lalu dibandingkan langsung dengan pembacaan frekuensi dari osiloskop dengan data percobaan dapat dilihat pada Lampiran 1 untuk mode tetap arah maju dan Lampiran 2 untuk mode tetap arah mundur. Dari hasil pengukuran frekuensi didapat besar nilai akurasi system ini dalam pengukuran frekuensi adalah 98.91% untuk mode tetap arah maju dan 98.85% untuk mode tetap arah mundur (lihat Lampiran 3 dan 4) yang artinya hasil pembacaan frekuensi receiver oleh mikrokontroler mendekati pembacaan frekuensi receiver pada osiloskop. Pergeseran frekuensi yang terukur pada mikrokontroler terhadap kecepatan transmitter saat mendekati receiver hanya berkisar 1.47% dan 1.62% (lihat Lampiran 1 dan 2) saat menjauhi receiver yang artinya tidak banyak pergeseran frekuensi yang terjadi dengan kecepatan transmitter antara 2.4 cm/s hingga 75.8 cm/s. Sehingga untuk mendapatkan pergeseran frekuensi yang sangat besar dibutuhkan kecepatan relative yang besar pula.

4.7 Pengukuran Kecepatan

Pengukuran kecepatan transmitter menggunakan shaft encoder sebagai input mikrokontroler dalam menghitung pulsa dengan jumlah lubang adalah 72. Perbandingan putaran motor dengan as motor adalah 1:5 sehingga dalam satu kali

putaran motor akan sama dengan 72 dikalikan 5 adalah 360 pulsa dan frekuensi kristal sebesar 11059200 . Dalam perhitungan kecepatan ini menggunakan metode perhitungan periode seperti berikut:

Ukur_vs:

$$\text{Laju_vs} = 3.14 * 5$$

$$\text{Laju_vs} = \text{Laju_vs} * 1105.92$$

$$\text{Laju_vs} = \text{Laju_vs} / \text{Periode}$$

$$\text{Laju_vs} = \text{Laju_vs} / 360$$

$$\text{Laju_vs} = \text{Laju_vs} * 10000$$

Pada system ini sinyal pulsa yang dihasilkan dari shaft encoder dihubungkan ke pinD.3 pada mikrokontroller. Sedangkan pengukuran kecepatan secara teori digunakan persamaan $v=s/t$ dengan pengambilan data sebanyak 10x untuk setiap kenaikan pwm pada jarak yang sama yaitu 100 cm dan perhitungan waktu menggunakan stopwatch. Hasil data pengukuran dapat dilihat pada halaman lampiran yang menunjukkan bahwa pada duty cycle pwm 10% memiliki keakuratan sebesar 0%. Hal ini dikarenakan system mekanik yang dibuat memiliki lintasan untuk transmitter yang kasar sehingga saat transmitter bergerak dengan duty cycle 10% yang artinya tegangan yang digunakan hanya sebesar 2.4V bergerak tidak lancar dan terhambat sehingga waktu yang dibutuhkan transmitter lebih lambat.

Sedangkan untuk duty cycle 20% hingga 60% akurasi dari pengukuran kecepatan yang terbaca oleh mikrokontroller hanya sebesar 60% hingga 80% yang artinya tingkat keakuratan system ini dalam pengukuran kecepatan tidak baik. Untuk duty cycle diatas 60%, system ini tidak dapat menghitung kecepatan tinggi. Karena system pada shaft encoder ini tidak mampu mendeteksi frekuensi tinggi yang artinya motor dengan tegangan diatas 13,2V terlalu cepat berputar sehingga tidak dapat terbaca. Terbukti saat pengambilan kecepatan dengan duty cycle pwm sebesar 70% transmitter hampir manabrak receiver yang ada didepannya. Walaupun ada limit switch untuk berhenti namun waktu yang digunakan untuk kecepatan berhenti lebih singkat daripada pembacaan dan pengiriman sinyal limit switch oleh mikrokontroller.

Secara keseluruhan system ini dapat menghitung kecepatan apabila mekanik yang dipakai tidak menghambat transmitter bergerak maju dan mundur.



BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada Bab ini berisikan mengenai kesimpulan dan saran dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

5.1 Kesimpulan

- 1 Sensor Ultrasonik transmitter dapat memancarkan gelombang dengan frekuensi sebesar 40KHz
- 2 Sensor Ultrasonik receiver dapat menerima gelombang yang dipancarkan oleh transmitter secara baik dengan frekuensi penerimaan sebesar (40 ± 0.7) KHz
- 3 Akurasi pengukuran frekuensi dengan mode tetap adalah sebesar 98.91%
- 4 Akurasi pengukuran kecepatan dengan mode tetap adalah sebesar 60%
- 5 Output tegangan PWM yang dihasilkan pada duty cycle 100% adalah 21,6V

1.2 Saran

1. Panjang lintasan gerak transmitter minimal 1.5 meter untuk mencapai kecepatan konstan dengan kecepatan maksimum sebesar 90 cm/s
2. Untuk melihat pergeseran frekuensi lebih jelas maka diperlukan variasi dari kecepatan motor dc dalam menggerakkan transmitter hingga maksimum 180 cm/s dengan panjang lintasan minimal 2 meter.
3. Untuk mendapatkan kecepatan konstan dapat menggunakan lintasan yang berbentuk lingkaran atau menambah panjang lintasan minimal 2 meter.
4. Usahakan tidak ada gesekan saat transmitter bergerak sepanjang lintasan sehingga system dapat menghitung kecepatan dengan benar.
5. Usahakan agar transmitter bergerak konstan sehingga menghasilkan frekuensi yang stabil.

DAFTAR ACUAN

- Bueche, Frederick., *Introduction to Physics for Scientist and Engineers*, New York: McGraw-Hill, 1986
- Cameron John R., and Skofronick James G., *Medical Physics*, New York: John Wiley & Sons Inc, 1978
- Giancoli, Douglas C. *FISIKA*, edisi kelima, jilid 2. Jakarta: Erlangga, 2001
- Halliday, D. and Resnick, A., *Physics*, 4th edition, New York: John Wiley & Sons, Inc, 1992, Volume II
- Halliday, D. dan Resnick, A., *Fisika*, Penerjemah Pantur Silaban dan Erwin Sucipto, Jakarta: Penerbit Erlangga, 1992
- Kuttruff, H., *Ultrasonik : Fundamentals and Application (Elsevier Science Publishers)*, London, 1991
- Malvino, Albert Paul. *Prinsip – Prinsip Elektronik*, edisi kedua. Jakarta: Erlangga
- Mason, T.J, *The Home of Sound Science*, Sonochemistry Centre, Faculty of Health and Life Sciences, UK, <http://www.sonochemistry.info/introduction.htm> - diakses tgl 20April 2012
- Novianta, Andang. *Alat Ukur Kecepatan Fluida Dengan efek Doppler*. Jurnal Teknologi, Volume 3 Nomor 1, Juni 2010, 1-9
- NE555, SA555, SE555 *Precision Timers*, Texas Instrument, revised February 2002. www.datasheetcatalog.com. - diakses tanggal 25-April-2012
- Oktaviansyah, Fredy Indra. *Sistem Pencacah Kehadiran Untuk Pengatur Suhu Ruang Otomatis Berbasis Mikrokontroler ATmega16*. Tugas Akhir, FT Universitas Gajah Mada, 2011
- Rahman, Aulia Muhammad, *Rancang Bangun Hotplate Stirrer Magnetic* Tugas Akhir, FMIPA UI, 2011
- Sutrisno., *Gelombang dan Optik*, Seri Fisika Dasar Jilid 2, Bandung: Institut Teknologi Bandung, 1988
- Tipler, Paul A. *Fisika Untuk Sains, edisi ketiga, jilid 1*. Jakarta: Erlangga, 1998
- Van Vlack, Lawrence H., *Elements of Material Science and Engineering*, ©1989, p.482, The University of Michigan
- Wasito S, *Vademekum Elektronika Edisi Kedua*, 2004, PT. Gramedia Pustaka Utama

Winoto, Ardi. *Mikrokontroller AVR ATmega 8/32/16/8535 dan Pemrogramannya dengan Bahasa C pada winAVR*. Bandung: Informatika 2008

Yatarif, Neni Wahyuni. *Karakteristik Sinyal – Analisis*. Tugas Akhir, FMIPA UI 2008

Zemansky, Sears. *Fisika Mekanika.Panas.Bunyi, jilid 1*. Bandung: Binacipta 1994

http://elib.unikom.ac.id/files/disk1/452/jbptunikompp-gdl-wahyudinim-22574-2-unikom_w-i.pdf -diakses tanggal 20-April-2012



