

**RANCANG BANGUN ALAT PENGUKUR VISKOSITAS
PELUMAS DENGAN SENSOR ULTRASONIK**

SKRIPSI

*Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik*



Disusun oleh :

INDRA JATMIKO
NIM. 0001060328-63

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN ELEKTRO
MALANG
2007**

**RANCANG BANGUN ALAT PENGUKUR VISKOSITAS
PELUMAS DENGAN SENSOR ULTRASONIK**

SKRIPSI



Disusun oleh :

INDRA JATMIKO
NIM. 0001060328-63

**EPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN ELEKTRO
MALANG
2007**

**RANCANG BANGUN ALAT PENGUKUR VISKOSITAS
PELUMAS DENGAN SENSOR ULTRASONIK**

SKRIPSI

*Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik*



Disusun oleh :

INDRA JATMIKO
NIM. 0001060328-63

Menyetujui,
Dosen Pembimbing

Ir. Nurussa'adah
NIP. 131 994 339

Ir. Bambang Siswojo
NIP. 131 759 588

repository.ub.ac.id

**RANCANG BANGUN ALAT PENGUKUR VISKOSITAS
PELUMAS DENGAN SENSOR ULTRASONIK**

SKRIPSI

Disusun oleh :

INDRA JATMIKO
NIM. 0001060328-63

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus
pada tanggal 7 Agustus 2007

MAJELIS PENGUJI

Ir. M. Julius St., MS
NIP. 131 124 655

Ir. Ponco Siwindarto, MS.
NIP. 131 837 966

Panca Mudjirahardjo, ST, MT
NIP. 132 288 163

Rahmadwati, ST, MT
132 319 981

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Ir. Heru Nurwasito, M. Kom
NIP. 131 879 033

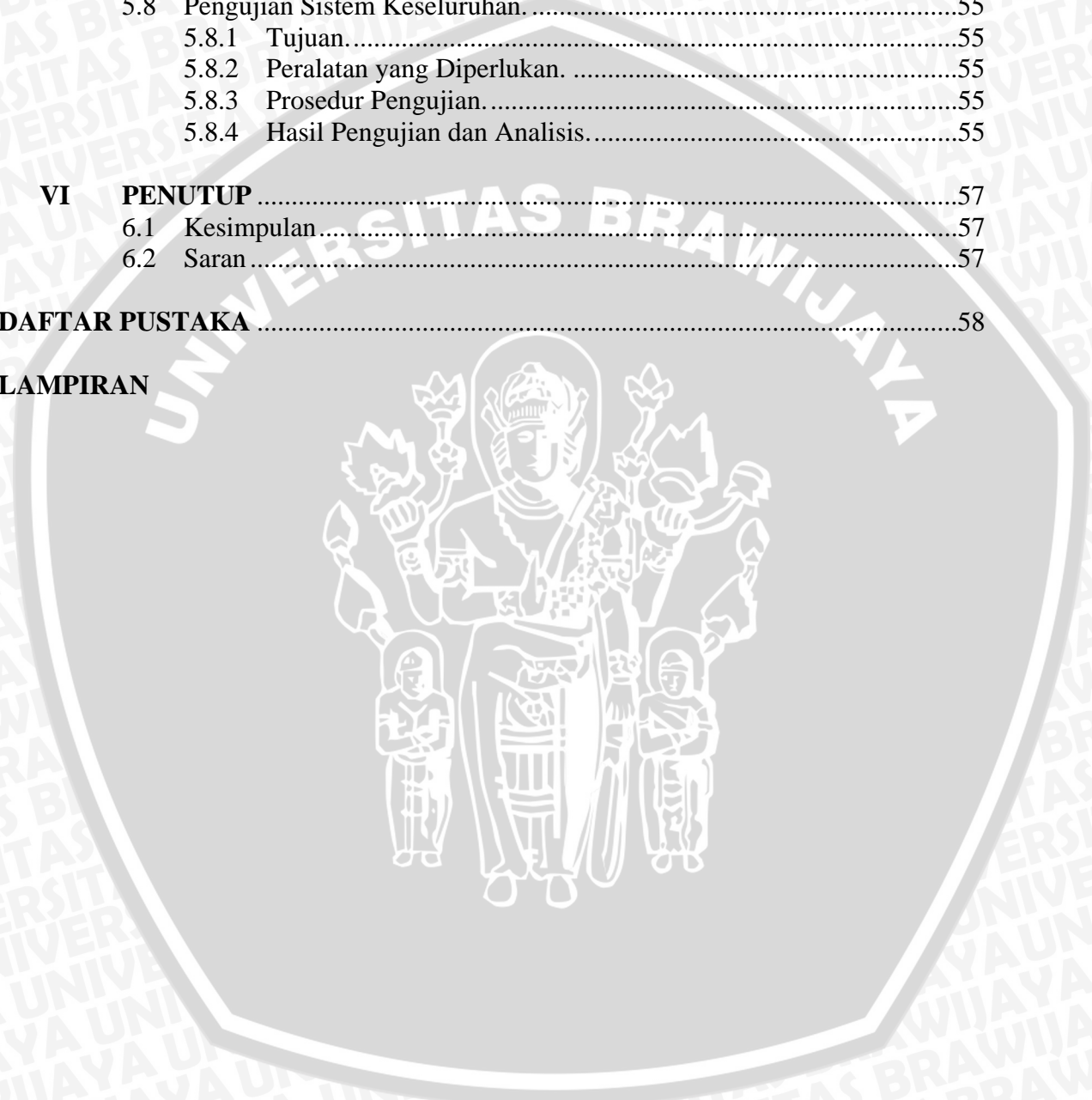


DAFTAR ISI

	Halaman
PENGANTAR	i
UCAPAN TERIMA KASIH	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
ABSTRAK	vii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Ruang Lingkup.....	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
II. DASAR TEORI	4
2.1 Gelombang Ultrasonik.....	4
2.1.1 Energi, Daya dan Intensitas Gelombang Ultrasonik.....	4
2.1.2 Gelombang Ultrasonik dihubungkan dengan Jarak.....	5
2.1.3 Gelombang Bunyi pada Batasan antara Dua Medium.....	6
2.1.4 Refleksi dan Transmisi Gelombang Ultrasonik.....	6
2.1.5 Gelombang Ultrasonik dan Efek Thermal.....	8
2.2 Viskositas.....	9
2.2.1 Pengaruh Suhu pada Viskositas.....	11
2.2.2 Klasifikasi Minyak Pelumas.....	12
2.2.2.1 Minyak Pelumas Karter SAE 300 d.....	12
2.2.2.2 Viskositas SAE J 306 c.....	13
2.2.2.3 Klasifikasi Viskositas menurut STM D 2422-75.....	13
2.3 Mikrokontroler Atmega8L.....	15
2.3.1 Arsitektur AVR.....	15
2.3.2 ADC.....	17
2.4 LCD.....	19
2.5 Penguat Pembalik.....	20
2.6 Penguat Diferensial.....	22
2.7 Multivibrator Astabil.....	23
2.8 Penyearah Setengah Gelombang.....	25
2.9 Filter Input Kapasitor.....	26
III. METODOLOGI	29
3.1 Studi Literatur.....	29
3.2 Penentuan Spesifikasi Alat.....	29
3.3 Perancangan Alat.....	30
3.4 Pembuatan Alat.....	30
3.5 Pengujian Alat.....	30

IV	PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT	31
4.1	Penentuan Spesifikasi Alat	31
4.2	Diagram Blok Rangkaian	31
4.3	Prinsip Kerja	33
4.4	Perancangan Perangkat Keras	33
4.4.1	Perancangan Multivibrator Astabil	33
4.4.2	Perancangan Rangkaian Penguat	35
4.4.3	Perancangan Rangkaian Penyearah Gelombang	36
4.4.4	Perancangan Rangkaian Pengkondisi Sinyal	37
4.4.5	Perancangan Sistem Mikrokontroler	38
4.4.6	Perancangan Rangkaian Antarmuka LCD	39
4.5	Perancangan Perangkat Lunak	40
4.5.1	Perangkat Lunak Program Utama	40
4.5.2	Perangkat Lunak Subrutin Sampling Tegangan Sensor	41
V	PENGUJIAN DAN ANALISIS	43
5.1	Pengujian Multivibrator Astabil	43
5.1.1	Tujuan	43
5.1.2	Peralatan yang Diperlukan	44
5.1.3	Prosedur Pengujian	44
5.1.4	Hasil Pengujian dan Analisis	44
5.2	Pengujian Transduser Ultrasonik	45
5.2.1	Tujuan	45
5.2.2	Peralatan yang Diperlukan	45
5.2.3	Prosedur Pengujian	45
5.2.4	Hasil Pengujian dan Analisis	46
5.3	Pengujian Penguat	46
5.3.1	Tujuan	46
5.3.2	Peralatan yang Diperlukan	46
5.3.3	Prosedur Pengujian	46
5.3.4	Hasil Pengujian dan Analisis	47
5.4	Pengujian Rangkaian Penyearah Setengah Gelombang	48
5.4.1	Tujuan	48
5.4.2	Peralatan yang Diperlukan	48
5.4.3	Prosedur Pengujian	48
5.4.4	Hasil Pengujian dan Analisis	49
5.5	Pengujian Filter Input Kapasitor	50
5.5.1	Tujuan	50
5.5.2	Peralatan yang Diperlukan	50
5.5.3	Prosedur Pengujian	50
5.5.4	Hasil Pengujian dan Analisis	50
5.6	Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal	51
5.6.1	Tujuan	51
5.6.2	Peralatan yang Diperlukan	51

5.6.3	Prosedur Pengujian.....	52
5.6.4	Hasil Pengujian dan Analisis.....	52
5.7	Pengujian LCD.....	53
5.7.1	Tujuan.....	53
5.7.2	Peralatan yang Diperlukan.....	53
5.7.3	Prosedur Pengujian.....	53
5.7.4	Hasil Pengujian dan Analisis.....	54
5.8	Pengujian Sistem Keseluruhan.....	55
5.8.1	Tujuan.....	55
5.8.2	Peralatan yang Diperlukan.....	55
5.8.3	Prosedur Pengujian.....	55
5.8.4	Hasil Pengujian dan Analisis.....	55
VI	PENUTUP	57
6.1	Kesimpulan.....	57
6.2	Saran.....	57
	DAFTAR PUSTAKA	58
	LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Gelombang ultrasonik datang normal pada bidang batas medium 1 dan medium 2.	7
Gambar 2.2	Penentuan viskositas.....	10
Gambar 2.3	Pengaruh suhu terhadap viskositas.....	12
Gambar 2.4	Arsitektur AVR.....	15
Gambar 2.5	Pita memori AVR.....	16
Gambar 2.6	Blok diagram ADC.....	17
Gambar 2.7	Blok diagram LCD TMABC162.....	20
Gambar 2.8	Rangkaian Penguat Pembalik.....	20
Gambar 2.9	Rangkaian Penguat diferensial.....	22
Gambar 2.10	Multivibrator astabil.....	24
Gambar 2.11	Penyearah setengah gelombang.....	25
Gambar 2.12a	Gelombang bolak-balik.....	25
Gambar 2.12b	Siyal setengh gelombang.....	25
Gambar 2.13	Filter kapasitor.....	26
Gambar 2.14	Tegangan output dengan <i>ripple</i>	26
Gambar 4.1	Diagram blok rangkaian.....	32
Gambar 4.2	Rangkaian multivibrator astabil sebagai pembangkit gelombang 40 kHz.....	34
Gambar 4.3	Rangkaian penguat pembalik kaskade.....	35
Gambar 4.4	Rangkaian penyearah setengah gelombang.....	36
Gambar 4.5	Rangkaian pengkondisi sinyal.....	38
Gambar 4.6	Rangkaian sistem mikrokontroler Atmega8L.....	38
Gambar 4.7	Rangkaian antarmuka modul LCD 2 x 16.....	39
Gambar 4.8	<i>Flowchart</i> (diagram alir) program utama.....	41
Gambar 4.9	<i>Flowchart</i> subrutin sampling tegangan sensor.....	42
Gambar 5.1	Rangkaian pengujian multivibrator astabil.....	44
Gambar 5.2	Bentuk sinyal dan frekuensi yang dihasilkan oleh multivibrator astabil.....	45
Gambar 5.3	Rangkaian pengujian transduser ultrasonik.....	45
Gambar 5.4	Hasil pengujian transduser ultrasonik.....	46
Gambar 5.5	Rangkaian pengujian penguat.....	47
Gambar 5.6	Rangkaian pengujian penyearah.....	49
Gambar 5.7	Bentuk sinyal masukan rangkaian penyearah setengah gelombang.....	49
Gambar 5.8	Bentuk sinyal keluaran rangkaian penyearah setengah gelombang.....	49
Gambar 5.9	Rangkaian pengujian filter input kapasitor.....	50
Gambar 5.10	Bentuk sinyal masukan filter input kapasitor.....	54
Gambar 5.11	Bentuk sinyal keluaran filter input kapasitor.....	51
Gambar 5.12	Rangkaian pengujian rangkaian pengkondisi sinyal.....	52
Gambar 5.13	Diagram alir perangkat lunak untuk pengujian LCD.....	54
Gambar 5.14	Rangkaian pengujian LCD (<i>liquid crystal display</i>).....	54
Gambar 5.15	Tampilan pada percobaan pengujian LCD.....	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Klasifikasi viskositas SAE j 306 c untuk minyak pelumas transmisi dan axel..... 13

Tabel 2.2. Sistem klasifikasi minyak pelumas cair industri ASTM D 2422..... 14

Tabel 5.1 Hasil pengujian dan analisis rangkaian penguat tegangan..... 48

Tabel 5.2 Hasil pengujian dan analisis rangkaian pengkondisi sinyal..... 52

Tabel 5.3 Hasil pengujian keseluruhan sistem pengukur viskositas pelumas dengan sensor ultrasonik 56



ABSTRAK

Indra Jatmiko. NIM. 0001060328-63. Jurusan Teknik Elektro. Juli 2007. *Rancang Bangun Alat Pengukur Viskositas Pelumas dengan Sensor Ultrasonik*. Dosen Pembimbing Ir. Nurussa'adah dan Ir. Bambang Siswojo, MT

Viskositas mempunyai peranan yang sangat penting terutama pada bidang otomotif. Oleh karena itu berbagai cara digunakan untuk mengukur viskositas minyak pelumas. Cara konvensional yang sering dipakai adalah dengan menggunakan metode CCS dan metode pipa kapiler. Karena berbagai kelemahan yang ada, pengukuran viskositas dengan sensor ultrasonik dapat digunakan sebagai alternatif sekaligus memperbaiki metode pengukuran secara konvensional.

Alat pengukur viskositas dengan sensor ultrasonik menggunakan multivibrator astabil sebagai pembangkit gelombang ultrasonik, penguat pembalik sebagai rangkaian penguat, penguat diferensial sebagai rangkaian pengkondisi sinyal, mikrokontroler Atmega8L sebagai pengolah data dan LCD (*liquid crystal display*) sebagai penampil informasi.

Pelumas produk PERTAMINA adalah pelumas yang mudah didapatkan. Pada pengukuran dengan sensor ultrasonik didapatkan bahwa viskositas pelumas dengan jenis Mesrania 2T SAE 20 adalah sebesar 2.66 cSt, Mesrania 2T OB SAE 30 sebesar 2.97 cSt, Mesran SAE 40 sebesar 4.68 cSt, dan Mesran SAE 20W-50 adalah sebesar 5.05 cSt..

Kata kunci: Ultrasonik, *Viskositas*, Pengukuran



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Viskositas (kekentalan) merupakan salah satu sifat dari zat cair yang sering kita gunakan, terutama untuk minyak pelumas bagi kendaraan bermotor. Dalam kendaraan bermotor, kekentalan minyak pelumas mempunyai arti yang sangat penting, karena dapat mempengaruhi kinerja dari kendaraan tersebut. Semakin kecil nilai kekentalannya maka semakin baik kinerja kendaraan tersebut. Karena nilai viskositas zat cair naik seiring turunnya suhu maka kinerja kendaraan juga akan semakin baik seiring naiknya suhu.

Begitu pentingnya nilai viskositas, berbagai cara dilakukan untuk mengukur kadar viskositas khususnya untuk minyak pelumas. Ada beberapa cara yang lazim digunakan untuk mengetahui nilai viskositas suatu fluida (minyak pelumas) diantaranya menggunakan metode CSS (*cold cranking simulator*) dan metode pipa kapiler. Pada CSS, pengukuran dilakukan pada suhu di bawah nol derajat celcius sedangkan pada pipa kapiler, pengukuran dilakukan pada suhu 40 – 100 derajat celcius. Kedua macam pengukuran tersebut mempunyai beberapa kelemahan yaitu tidak *portablenya* pengukuran dengan metode CSS dan harga yang sangat mahal menjadi kendala yang lain. (Yuni Pribawani, 2004 : 1)

Selain cara-cara di atas, terdapat cara yang sangat sederhana untuk mengukur viskositas zat cair, yaitu dengan mengukur selang waktu yang diperlukan suatu pemberat untuk menempuh jarak tertentu pada medium yang berupa zat cair tersebut. Waktu yang didapat kemudian dikonversi ke dalam nilai viskositas dengan metode tertentu pula.

Berbagai kelemahan yang ada pada metode pengukuran di atas mendorong beberapa peneliti untuk memperbaiki metode yang sudah ada dengan menambahkan unsur teknologi di dalamnya. Yuni Pribawani, 2004, menggunakan motor DC sebagai *transducer* untuk mengukur viskositas, kemudian Yhatna Satria, 2005, menggunakan sensor cahaya sebagai *transducernya*.

Berbagai macam pengukuran di atas sudah baik, akan tetapi penulis ingin mencoba teknologi yang lain, diantaranya adalah dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik.

Gelombang ultrasonik merupakan gelombang mekanik longitudinal dengan frekuensi di atas 20 KHz. Gelombang ini dapat merambat dalam medium padat, cair, atau gas, hal ini disebabkan karena gelombang ultrasonik merupakan rambatan energi dan momentum mekanik sehingga merambat sebagai interaksi dengan molekul dan sifat inersia medium yang dilaluinya. (Stephanus Sahala, 2005 : 10)

Ketika gelombang ultrasonik merambat dalam suatu medium, partikel dalam medium tersebut mengalami perpindahan energi. Energi yang dipindahkan oleh gelombang ultrasonik tergantung dengan banyak faktor diantaranya oleh jarak, suhu, dan kerapatan medium. (Stephanus Sahala, 2005 : 10 - 12). Karena sifat gelombang ultrasonik yang dapat dipantulkan, diteruskan, atau bahkan diserap oleh suatu medium, kerapatan suatu medium jadi memegang peranan penting. Dari sini terlihat bahwa gelombang ultrasonik dapat dimanfaatkan untuk mengukur viskositas suatu zat cair terutama minyak pelumas.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang masalah di atas dapat dirumuskan suatu permasalahan yaitu :

1. Bagaimana cara membuat alat yang dapat membangkitkan gelombang ultrasonic.
2. Bagaimana cara membuat alat yang dapat digunakan untuk mengukur viskositas minyak pelumas dengan menggunakan gelombang ultrasonic.
3. Bagaimana cara membuat *software* yang akan dipakai untuk mengolah data pengukuran viskositas minyak pelumas dan menampilkannya dengan menggunakan LCD.

1.3 Ruang Lingkup

Dalam perencanaan skripsi ini perlu adanya pembatasan masalah yang berkaitan dengan perancangan sistem yaitu :

1. Tampilan keluaran menggunakan LCD.
2. Sistem mikrokontroller yang dirancang berdasarkan ATmega8L buatan ATMEL Corp.
3. Digunakan untuk mengukur viskositas minyak pelumas jenis Mesrania 2T SAE 20, Mesrania 2T OB SAE 30, Mesran SAE 40, Mesran SAE 20W-50
4. Parameter keberhasilan alat adalah sesuai dengan spesifikasi alat yang diinginkan.

1.4 Tujuan

Tujuan penyusunan skripsi ini adalah merencanakan dan membuat sebuah alat pengukur viskositas minyak pelumas dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik sebagai transduser.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam skripsi ini sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Memuat latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup, tujuan, dan sistematika penulisan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Membahas teori-teori yang mendukung dalam perencanaan dan pembuatan alat.

BAB III Metodologi

Berisi tentang metode penelitian dan perencanaan alat serta metode pengujian.

BAB IV Perancangan dan Pembuatan Alat

Perancangan dan perealisasiian alat yang meliputi spesifikasi, perencanaan blok diagram, prinsip kerja dan realisasi alat.

BAB V Pengujian dan Analisis

Memuat hasil pengujian dan analisis terhadap alat yang telah direalisasikan.

BAB VI Penutup

Memuat kesimpulan dan saran-saran.

BAB II DASAR TEORI

2.1 Gelombang ultrasonik

Gelombang ultrasonik adalah gelombang mekanik longitudinal yang mempunyai frekuensi di atas 20 KHz. Gelombang ini dapat merambat dalam medium padat, cair, ataupun gas. Hal ini dikarenakan gelombang ultrasonik merupakan rambatan energi dan momentum mekanik sehingga merambat sebagai interaksi dengan molekul dan sifat inersia medium yang dilaluinya. Gelombang mekanik jika melewati suatu medium akan mengalami peristiwa *atenuasi* (peredaman) intensitas gelombang yang disebabkan oleh *dispersi* (penghamburan) dan *absorpsi* (penyerapan). (Stephanus Sahala, 2005 : 10)

Peristiwa dispersi yang dialami gelombang ultrasonik terjadi bila gelombang ini berinteraksi dengan partikel-partikel yang ukurannya lebih kecil dari panjang gelombangnya. Absorpsi terhadap gelombang ultrasonik disebabkan oleh gaya gesekan internal yang melawan getaran molekul dalam benda yang terkena pancaran gelombang ini. Gesekan internal ini disebabkan oleh pergerakan partikel dan mengubah energi gelombang ultrasonik menjadi energi panas.

Faktor lain yang perlu diperhatikan adalah gejala refleksi (pemantulan). Gelombang bunyi akan mengalami refleksi ketika melewati bidang batas antara dua medium yang memiliki rapat massa yang berbeda. Besarnya intensitas gelombang yang direfleksikan tergantung pada selisih kerapatan antara dua medium yang dilewatinya. (Kane dan Sternheim, 1991:54)

2.1.1 Energi, Daya dan Intensitas Gelombang Ultrasonic

Karakteristik gelombang ultrasonik yang melalui medium mengakibatkan getaran partikel dengan medium amplitudo sejajar dengan arah rambat secara longitudinal sehingga menyebabkan partikel medium membentuk rapatan (*strain*) dan regangan (*stress*). Proses kontinyu yang menyebabkan rapatan dan regangan disebabkan oleh getaran partikel secara periodik selama gelombang ultrasonik melaluinya.

Jika gelombang ultrasonik merambat dalam satu medium, maka partikel medium mengalami perpindahan energi. Besarnya energi gelombang ultrasonik yang merambat dari medium satu ke medium lain adalah:

$$E = \frac{1}{2} k A^2 \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan : $k = \text{konstanta} = 4 \pi^2 m/T^2 = 4 \pi^2 m f^2$ $f = \text{Frekuensi (Hz)}$

$A = \text{Amplitudo (m)}$ $T = \text{Periode (s)}$

$m = \text{massa partikel pada medium (kg)}$

Kemudian :

$$E = 2 \pi^2 m f^2 A^2 \dots\dots\dots (2.2)$$

Jika : $m = \rho V = \rho S l = \rho S v t = \text{massa (kg)}$

$V = \text{Volume} = \text{luas} \cdot \text{tebal} = S \cdot l \text{ (m}^3\text{)}$

$S = \text{luas permukaan penampang lintang yang dilalui gelombang (m}^2\text{)}$

$l = v \cdot t = \text{jarak yang ditempuh dalam waktu t (m)}$

$v = \text{laju gelombang (m/s)}$

$t = \text{waktu (s)}$

$\rho = \text{massa jenis medium (Kg/m}^3\text{)}$

maka:

$$E = 2 \pi^2 \rho S v t f^2 A^2 \dots\dots\dots(2.3)$$

Dari persamaan di atas terlihat bahwa energi yang dibawa oleh gelombang ultrasonik berbanding lurus dengan kuadrat amplitudo dan kuadrat frekuensinya. Adapun besarnya daya yang dibawa oleh gelombang ultrasonik (P) adalah:

$$P = E / t = 2 \pi^2 \rho S v f^2 A^2 \dots\dots\dots(2.4)$$

Kemudian intensitas gelombang ultrasonik yang dibawa melalui luas permukaan yang tegak lurus adalah:

$$I = P / S = 2 \pi^2 \rho v f^2 A^2 \dots\dots\dots (2.5)$$

Dalam satuan SI intensitas diukur dalam satuan watt per meter kuadrat (W/m²).

Dari persamaan 2.5 di atas, terlihat bahwa intensitas gelombang ultrasonik sebanding dengan kuadrat amplitudo, frekuensi, ataupun massa jenis dari medium yang dilalui gelombang ultrasonik tersebut (Giancoli, 1998).

2.1.2 Gelombang Ultrasonik dihubungkan dengan Jarak

Gelombang ultrasonik yang keluar dari sumber transduser mengalir keluar ke semua arah dalam arah tiga dimensi. Ketika gelombang ultrasonik merambat keluar, energi yang dipancarkan menyebar ke semua arah yang makin lama makin luas. Karena merambat dalam arah tiga dimensi, maka luas permukaannya merupakan luasan bola. Jika merambat dalam radius r, maka luas permukaannya adalah sebesar $4 \pi r^2$, sehingga intensitas gelombang ultrasonik yang terpancar adalah:

$$I = \frac{\text{Daya}}{\text{Luas}} = \frac{P}{4\pi r^2} \dots\dots\dots (2.6)$$

Sehingga jika keluaran daya P dari sumber konstan, maka intensitas berkurang sebagai akibat dari kebalikan kuadrat jarak dari sumber.

$$I = \frac{1}{r^2} \dots\dots\dots (2.7)$$

Karena amplitudo gelombang ultrasonik sebanding dengan intensitasnya, maka amplitudo dari gelombang ultrasonik juga akan berkurang terhadap penambahan jarak.

$$A = \frac{1}{r} \dots\dots\dots (2.8)$$

2.1.3 Gelombang Bunyi pada Batas antara Dua Medium

Prosentase pancaran gelombang ultrasonik yang direfleksikan pada permukaan batas medium bergantung pada sudut datang pancaran gelombang dan perbedaan impedansi akustik medium yang membentuk permukaan. Impedansi akustik adalah hasil kali kerapatan dan kecepatan gelombang ultrasonik di dalam material. (Bushong dan Benyamin, 1993: 43)

$$Z = \rho \cdot v \dots\dots\dots (2.9)$$

dengan: ρ = massa jenis medium (Kg.m^{-3})

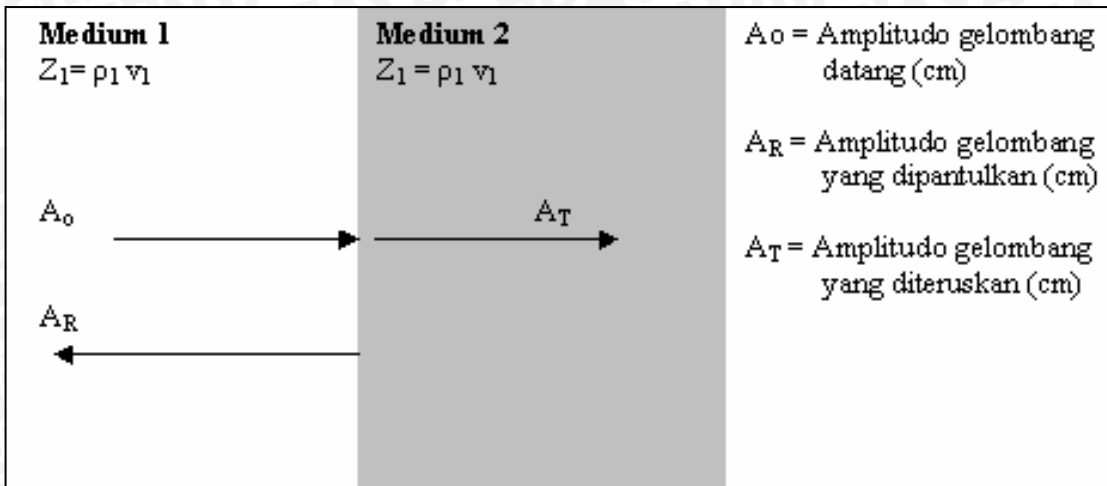
v = kecepatan rambat gelombang ultrasonik dalam medium (m.s^{-1})

Z = impedansi akustik dalam Rayls ($\text{Kg.m}^{-2}.\text{s}^{-1} \times 10^{-6}$)

Impedansi akustik suatu zat adalah konstan terhadap perubahan frekuensi. Makin besar perbedaan impedansi akustik pada permukaan batas, maka makin besar pula intensitas pancaran gelombang yang dipantulkan kembali.

2.1.4 Refleksi dan Transmisi Gelombang Ultrasonik

Sebagaimana telah disebutkan di atas bahwa gelombang bunyi akan mengalami refleksi ketika melewati bidang batas antara dua medium/jaringan yang memiliki rapat massa yang berbeda. Akan tetapi tidak semua dari gelombang yang datang akan direfleksikan, akan ada gelombang yang di transmisikan/diteruskan seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.1 di bawah ini.



Gambar 2.1. Gelombang ultrasonic datang normal pada bidang batas medium 1 dan medium 2

Sumber: Sahala, 2005:6

Gelombang datang dengan amplitudo A_o merambat pada sebuah medium. Kemudian gelombang tersebut mengenai sebuah medium lain yang berbeda. Saat itu sebagian dari gelombang yang datang akan dipantulkan kembali dan sebagiannya akan diteruskan. Perbandingan antara amplitudo gelombang pantul (A_R) dengan amplitudo gelombang datang bergantung pada impedansi akustik (Z) dari kedua medium tersebut. Hubungan pernyataan itu adalah:

$$\frac{A_R}{A_o} = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \dots\dots\dots(2.10)$$

dengan: Z_1 dan $Z_2 =$ impedansi akustik dari kedua medium ($\text{Kg.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)

Persamaan yang menunjukkan hubungan antara amplitudo gelombang transmisi (A_T) dan amplitudo gelombang datang adalah:

$$\frac{A_T}{A_o} = \frac{2Z_1}{Z_1 + Z_2} \dots\dots\dots(2.11)$$

Pada hukum geometri disebutkan bahwa cahaya dapat direfleksikan/dipantulkan atau direfraksikan/dibiaskan. Demikian pula pada gelombang ultrasonik. Gelombang ultrasonik yang masuk dalam suatu medium dapat dipatahkan (defraksi) dan dapat juga mengalami efek friksi (friction). Penyerapan energi gelombang ultrasonik ini akan mengakibatkan berkurangnya amplitudo gelombang ultrasonik.



Nilai Amplitudo gelombang ultrasonik pada medium dinyatakan dalam persamaan :

$$A = A_o^{-\alpha} \dots\dots\dots(2.12)$$

dengan: A = amplitudo gelombang ultrasonik yang menetap pada medium dengan tebal x (m)

A_o = amplitudo gelombang ultrasonik mula-mula (m)

α = koefisien absorpsi medium (m^{-1})

x = tebal medium (m)

Sedangkan intensitasnya dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$I = I_o e^{-2\alpha x} \dots\dots\dots (2.13)$$

dengan: I_o = intensitas gelombang ultrasonik mula-mula (W/m)

I = intensitas gelombang ultrasonik (W/m)

α = koefisien absorpsi medium (m^{-1})

x = tebal medium (m)

2.1.5 Gelombang Ultrasonik dan Efek Thermal

Gelombang ultrasonik yang keluar dari sebuah transduser akan memancarkan intensitas gelombang ultrasonik ke semua arah. Jika intensitas gelombang ultrasonik tersebut mengenai suatu permukaan jaringan akan terjadi perpindahan energi kalor yang menyebabkan pada jaringan timbul efek thermal. Besarnya kenaikan suhu akibat peristiwa tersebut adalah sebesar:

$$\Delta T = \rho \frac{vf^2 A^3 l}{k} \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana: ΔT = perubahan/kenaikan suhu ($^{\circ}C$)

ρ = massa jenis medium/jaringan ($Kg.m^{-3}$)

f = frekuensi (Hz)

v = kecepatan gelombang ultrasonik di udara ($m.s^{-1}$)

A = amplitudo maksimum (m)

V = volume (m^3)

k = konduktivitas thermal jaringan ($J.s^{-1}.m^{-1}.^{\circ}C^{-1}$)

l = x = tebal jaringan (m)

Kenaikan suhu pada jaringan akibat energi kalor yang diterima jaringan juga dipengaruhi koefisien absorpsi yang dinyatakan dengan besarnya intensitas gelombang ultrasonik yang menetap pada jaringan seperti yang dinyatakan pada persamaan 2.13.

Intensitas gelombang ultrasonik pada jaringan akan mengalami gesekan internal yang disebut dengan viskositas. Viskositas pada jaringan muncul karena ada tumbukan antara partikel di dalam jaringan. Besarnya viskositas pada suatu jaringan ditentukan oleh suatu konstanta pembanding yang didefinisikan sebagai koefisien viskositas (Giancoli, 1998) yang dinyatakan dalam:

$$\eta = \frac{Fl}{vS} \dots\dots\dots (2.15)$$

dengan: η = koefisien viskositas (N.s.m⁻²)

F = gaya tumbukan antar molekul (N)

v = kecepatan partikel dalam jaringan (m.s⁻¹)

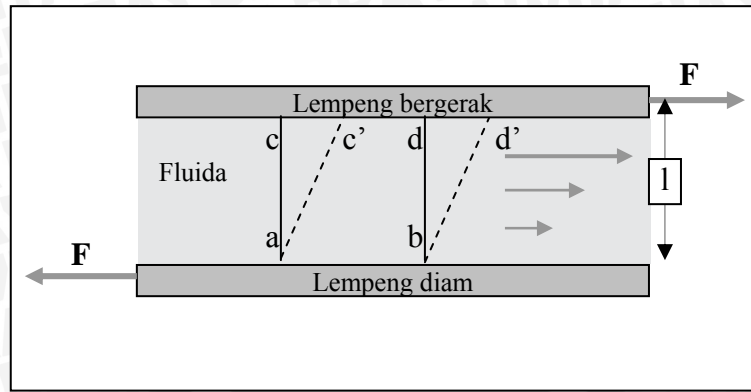
l = jarak tumbukan antar molekul dalam jaringan (m)

S = luas permukaan jaringan (m²)

Dari persamaan-persamaan di atas diketahui bahwa efek thermal terjadi karena adanya perubahan suhu yang dipengaruhi oleh massa jenis, impedansi jaringan, frekuensi gelombang ultrasonik dan tergantung kepada konduktivitas jaringan, koefisien absorpsi jaringan serta viskositas jaringan.

2.2 Viskositas

Sifat fisika terpenting dari minyak pelumas yang perlu diketahui adalah viskositas atau kekentalan. Viskositas dapat dinyatakan sebagai suatu tahanan aliran fluida yang merupakan gesekan antara molekul-molekul cairan satu dengan yang lain. Karena adanya viskositas ini, untuk menggerakkan lapisan fluida di atas lapisan lainnya, atau supaya permukaan dapat meluncur di atas permukaan lainnya bila diantara lapisan tersebut terdapat fluida, maka diperlukan suatu gaya. Viskositas tidak hanya dimiliki oleh zat cair saja akan tetapi juga dimiliki oleh gas. Hanya saja zat cair lebih kental (*viscous*) daripada gas. Untuk memahami masalah ini lihat gambar berikut:



Gambar 2.2. Penentuan Viskositas

Sumber: Giancoli, 2001: 347

Gambar 2.2 memperlihatkan suatu zat cair diantara dua lapisan, lapisan dalam yang bergerak dan lapisan luar yang diam. Cairan yang bersentuhan dengan dinding yang bergerak ternyata juga ikut bergerak sedangkan cairan yang melekat dengan dinding yang diam juga ikut diam. Kecepatan gerak zat cair tersebut bertambah secara seragam seperti ditunjukkan oleh anak panah. Lapisan demi lapisan dari zat cair tersebut terus meluncur sehingga ketika awalnya zat cair tersebut pada posisi *abcd* bergeser ke posisi *abc'd'* dan distorsinya makin lama makin bertambah jika gerak itu terus berlangsung. Dengan kata lain, zat cair tersebut berada dalam keadaan dimana regangan luncur terus bertambah.

Agar gerak selalu ada, diperlukan suatu gaya ke kanan yang dikenakan pada dinding sebelah dalam yang dapat bergerak. Dengan demikian secara tidak langsung gaya tersebut juga mengenai cairan yang bersentuhan dengan dinding sebelah dalam. Gaya ini juga berkecenderungan menyeret cairan dan dinding sebelah luar untuk bergeser ke kanan. Oleh karena itu diperlukan suatu gaya yang sama besar dengan arah ke kiri agar dinding tidak bergerak. Kedua gaya ini dilambangkan dengan huruf *F*. Kalau *A* adalah luas cairan dimana gaya *F* bekerja, maka perbandingan F/A tidak lain adalah tegangan luncur yang bekerja pada zat cair itu.

Tegangan luncur didefinisikan sebagai perbandingan penggeseran yang ditimbulkannya terhadap dimensi melintang *l*. Pada fluida, tegangan luncur ini bergantung pada kecepatan perubahan pergeseran fluida. Pada gambar 2.2 di atas, sama dengan kecepatan perubahan *dd'* yang tidak lain adalah kecepatan *d'*, atau kecepatan *v* dinding yang bergerak. Dengan demikian kecepatan perubahan tegangan luncur adalah:

$$\text{Cepat perubahan tegangan luncur} = \frac{v}{l}$$

Koefisien viskositas fluidanya didefinisikan sebagai perbandingan antara tegangan luncur dan cepat perubahan tegangan luncur.

$$\eta = \frac{\text{tegangan luncur}}{\text{cepat perubahan tegangan luncur}} = \frac{F/A}{v/l} \quad \text{atau}$$

$$F = \eta A \frac{v}{l} \quad (2.16)$$

Satuan viskositas adalah satuan gaya kali dikali dengan jarak dibagi oleh luas kali kecepatan. Jadi, dalam sistem cgs, satuan viskositas adalah 1 dyne s cm^{-2} . Satuan ini disebut *poise*. Viskositas yang kecil diukur dalam *centipoise* ($1 \text{ cp} = 10^{-2} \text{ poise}$).

Untuk menentukan besarnya viskositas suatu zat, diperlukan suatu besaran standar yang diakui secara internasional. Dalam bidang perminyakan, nilai viskositas minyak pelumas ditentukan oleh viskositas kinematika pelumas tersebut. Besarnya nilai viskositas kinematika pelumas dapat diketahui berdasarkan hasil bagi antara koefisien viskositas dengan kerapatan atau massa jenis dari fluida atau pelumas tersebut.

$$\nu = \eta / \rho \quad (2.17)$$

Dengan ν = Viskositas kinematika (Stoke, $\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$)

η = koefisien viskositas (Poise, N s m^{-2})

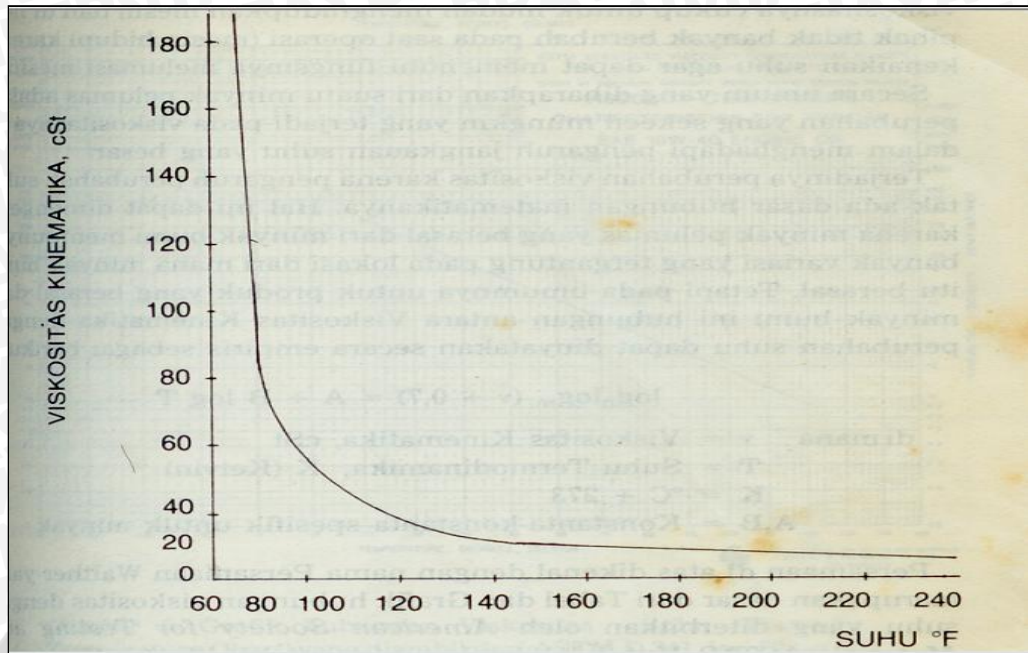
ρ = massa jenis fluida (kg m^{-3})

Dari persamaan di atas terlihat bahwa nilai viskositas sebuah pelumas sangat dipengaruhi oleh besarnya massa jenis pelumas tersebut.

2.2.1 Pengaruh Suhu pada Viskositas

Kenaikan suhu atau penurunan tekanan akan berakibat melemahnya ikatan molekul fluida sehingga menurunkan nilai viskositasnya. Viskositas dari semua jenis zat cair akan turun seiring dengan naiknya suhu. Ini akan terlihat jelas pada minyak pelumas yang berasal dari minyak bumi.

Pada Gambar 2.3 di bawah diperlihatkan perubahan viskositas dinamik akibat perubahan suhu.



Gambar 2.3. Pengaruh Suhu Terhadap Viskositas

Sumber: Anton L. Wartawan, 1983: 19

Perubahan viskositas dikarenakan kenaikan suhu merupakan hal yang sangat penting yang harus dipertimbangkan di dalam berbagai jenis penerapan minyak pelumas di dalam tugasnya menghadapi jangkauan suhu yang luas. Secara umum yang diharapkan dari suatu minyak pelumas adalah perubahab sekecil mungkin yang terjadi pada viskositasnya di dalam menghadapi pengaruh jangkauan suhu yang besar.

2.2.2 Klasifikasi Minyak Pelumas

Viskositas seperti telah diterangkan sebelumnya merupakan besaran utama di dalam mengklasifikasikan minyak pelumas yang sesuai dengan tujuan penggunaannya. Untuk memudahkan mengadakan spesifikasi dari minyak pelumas menurut viskositasnya, beberapa klasifikasi telah dikembangkan. Macam klasifikasi tersebut antara lain adalah klasifikasi SAE J 300d yang khusus untuk klasifikasi viskositas minyak pelumas mesin, dan SAE J 306 c khusus untuk klasifikasi viskositas minyak pelumas roda gigi (*axle* dan transmisi), dan klasifikasi standar ASTM yang merupakan klasifikasi praktis sistem viskositas untuk minyak pelumas industri cair.

2.2.2.1 Minyak Pelumas Karter SAE 300 d

SAE yang merupakan kependekan dari *Society of Automotive Engineer* telah mengeluarkan klasifikasi minyak pelumas, dimana klasifikasi tersebut dapat digunakan

sebagai pedoman oleh pabrik-pabrik mesin di dalam memberikan spesifikasi viskositas minyak pelumas karter yang dibutuhkan. Demikian juga bagi pedagang minyak pelumas agar dapat memberikan label menurut klasifikasi yang ada.

2.2.2.2 Viskositas SAE J 306 c

Sistem klasifikasi Viskositas SAE untuk minyak pelumas transmisi manual dan axel yang biasanya disebut minyak roda gigi dapat dilihat pada Tabel 2.1 di mana maksud dan tujuannya adalah analog dengan klasifikasi J 300 d. Huruf W kependeka dari *winter* menyatakan makna penggunaan minyak pelumas pada suhu lingkungan yang rendah.

Tabel 2.1. Klasifikasi Viskositas SAE J 306 c Untuk Minyak Pelumas Transmisi Manual dan Axel

Tingkat Viskositas SAE	Suhu Maksimum untung Viskositas 150000 cP (°C)	Viskositas pada 100°C (cSt)	
		Minimum	Maksimum
75W	-40	4.1	-
80W	-26	7.0	-
85W	-12	11.0	-
90	-	13.5	< 24.0
140	-	24.0	< 41.0
250	-	41.0	-

Sumber: Anton L. Wartawan, 1983: 28

Untuk minyak jenis W ini, viskositas maksimum ditentukan pada 150.000 cP kemudian ditentukan suhu maksimumnya untuk setiap tingkatnya.

2.2.2.3 Klasifikasi viskositas menurut ASTM D 2422-75

Sistem klasifikasi ini dapat digunakan untuk minyak pelumas industri cair dengan jangkauan viskositas dari 2 sampai 1500 cSt dengan pengukuran pada suhu 40°C. Saat ini untuk fluida di luar harga viskositas ini sangat jarang digunakan sebagai minyak pelumas industri.

Untuk menentukan sederatan tingkat viskositas tertentu hingga minyak pelumas itu dapat disalurkan ke konsumen diperlukan suatu kerjasama yang serasi antara

perencana mesin dan pembuat minyak pelumas. Sistem klasifikasi Minyak pelumas menurut ASTM D 2422 ditunjukkan pada Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2. Sistem Klasifikasi Minyak Pelumas Cair Industri ASTM D 2422

Sistem Identifikasi Tingkat Viskositas	Viskositas mid-point (cSt) pada 40°C	Batas Viskositas kinematika cSt pada 40°C	
		Minimum	Maksimum
ISO VG2	2.2	1.98	2.42
ISO VG3	3.2	2.88	3.52
ISO VG5	4.6	4.14	5.06
ISO VG7	6.8	6.12	7.48
ISO VG10	10	9.00	11.0
ISO VG15	15	13.5	16.5
ISO VG22	22	19.80	24.2
ISO VG32	32	28.8	35.2
ISO VG 46	46	41.4	50.6
ISO VG68	68	61.2	74.8
ISO VG100	100	90.0	110.0
ISO VG150	150	135	165
ISO VG220	220	198	242
ISO VG320	320	288	352
ISO VG460	460	414	506
ISO VG680	680	612	748
ISO VG1000	1000	900	1100
ISO VG1500	1500	1350	1650

Sumber: Anton L. Wartawan, 1983 : 29-30

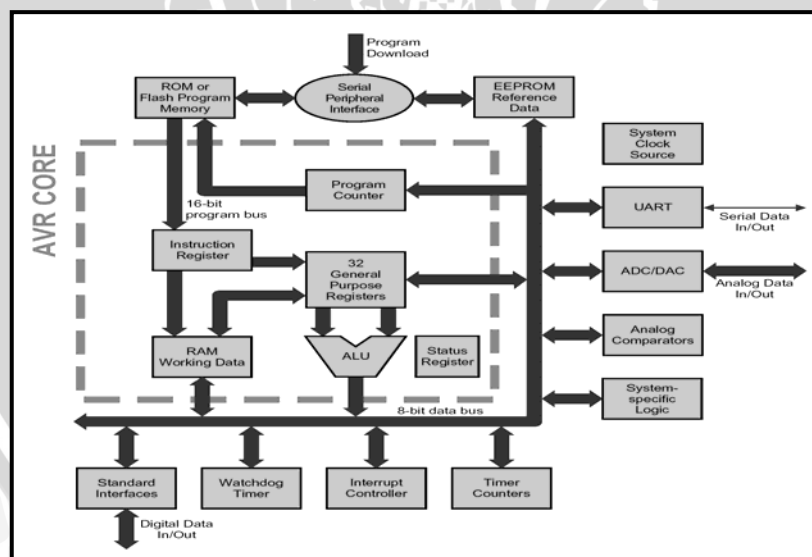
Untuk keseragaman nomenklatur di seluruh dunia industri, tingkat viskositas dari minyak pelumas industri ditentukan sebagai berikut : *ISO Viscosity Grade* yang merupakan kepanjangan dari ISO VG merupakan tingkat viskositas ISO. Kata ini diikuti dengan Viskositas nominal yang dinyatakan dalam sentiStokes (cSt) pada suhu 40°C.

2.3 Mikrokontroler Atmega8L

Mikrokontroler ATmega8L merupakan salah satu bagian dari keluarga AVR (*Alt and Vegard's Risc processor*) yang diproduksi Atmel dengan menggunakan arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computing*) 8 bit. AVR yang pertama kali diperkenalkan pada tahun 1996 ini didesain dengan mengkombinasikan arsitektur RISC, memori *flash* internal dan jumlah *register* serbaguna yang besar (32 buah) untuk memperoleh ukuran kode program, kinerja, dan konsumsi daya yang optimal. Beberapa kelebihan yang dimiliki mikrokontroler keluarga AVR adalah kemampuan eksekusi dalam satu siklus *clock* serta arsitektur AVR yang dirancang untuk bekerja secara efisien menggunakan bahasa tingkat tinggi C.

2.3.1 Arsitektur AVR

AVR menggunakan konsep arsitektur *Harvard* dengan memori dan bus terpisah untuk data dan program. Lebar bus program pada AVR adalah 16 bit sedangkan lebar bus data adalah 8 bit. Memori program dieksekusi dengan *pipeline* satu tingkat, dimana saat instruksi sedang dieksekusi, instruksi yang berikutnya dibaca dari memori program. Konsep ini memungkinkan instruksi untuk dieksekusi dalam tiap-tiap siklus *clock*. Arsitektur AVR ATmega8L seperti terlihat pada Gambar 2.4.



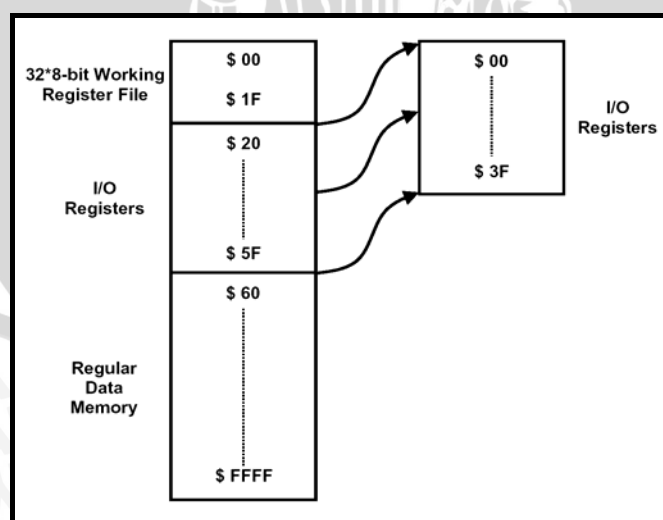
Gambar 2.4. Arsitektur AVR
Sumber : Atmel, 2002 : 5

AVR memiliki jumlah *register* yang relatif besar untuk ukuran mikrokontroler 8 bit, yaitu 32 buah *general purpose registers*. AVR tidak memiliki *accumulator* seperti yang dimiliki sebagian besar mikroprosesor/mikrokontroler. Seluruh *general purpose register* terhubung ke ALU (*Arithmetic Logic Unit*) sehingga operasi ALU dapat

dilaksanakan dengan menggunakan *general purpose registers* sebagai *operand*. Hal ini yang membuat AVR begitu cepat dalam mengeksekusi instruksi. Dalam satu siklus clock, terdapat dua register independen yang dapat diakses oleh suatu instruksi. Teknik yang digunakan adalah *fetch during execution* atau memegang sambil mengerjakan. Hal ini berarti, dua *operand* dibaca dari dua *register*, dilakukan eksekusi operasi, dan hasilnya disimpan kembali ke dalam salah satu *register*, semuanya dilakukan dalam satu siklus *clock* (Pratomo A., 2005). Dalam skala operasi yang relatif besar, operasi ALU dapat dijalankan dengan lebih cepat. Semua *general purpose registers* juga dapat digunakan untuk mengakses data dari dan ke memori dengan instruksi *load* dan *store*.

Enam dari 32 *register* dapat digunakan sebagai pasangan *register* 16 bit. Pasangan *register* 16 bit dapat digunakan sebagai *pointer register* untuk pengalamatan area data sehingga memungkinkan perhitungan alamat menjadi lebih efisien. Ketiga *register* tersebut adalah *register* X (R26 dan R27), Y (R28 dan R29), dan Z (R30 dan R31).

Peta memori data AVR dapat dilihat pada Gambar 2.7. Memori data dibagi menjadi 4 bagian. 32 alamat paling bawah (0000 – 001F) ditempati oleh *general purpose registers*. 64 alamat berikutnya (0020 – 005F) ditempati oleh *register* I/O yang mengatur piranti CPU seperti *register* kontrol, *timer/counter*, ADC, dan fungsi I/O lainnya. Alamat berikutnya digunakan oleh SRAM internal dan eksternal. Perlu dicatat, ukuran SRAM internal tidak sama untuk masing-masing tipe AVR dan tidak semua tipe memiliki SRAM internal atau SRAM eksternal.



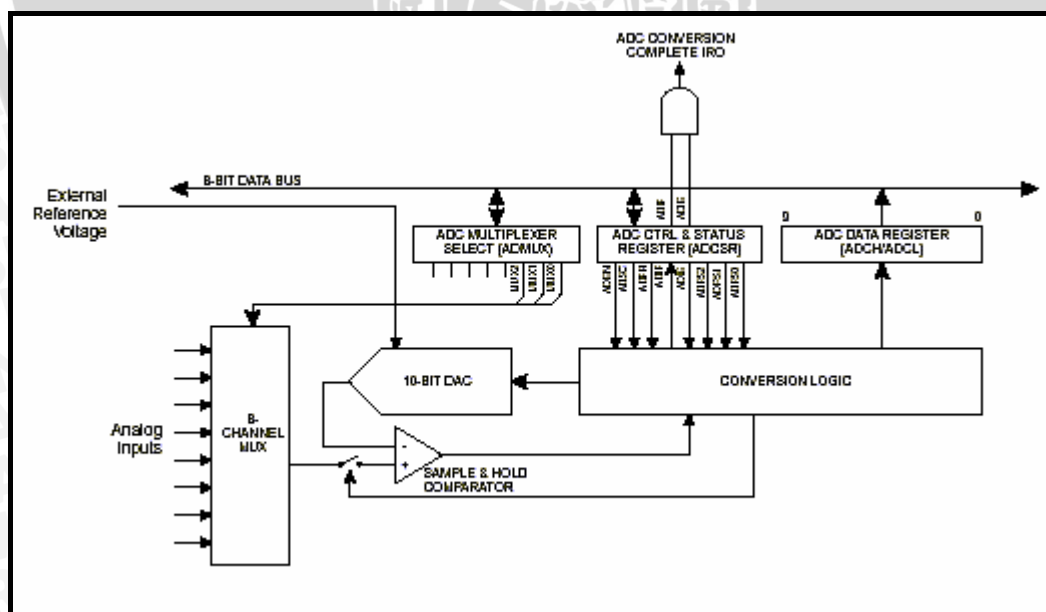
Gambar 2.5. Peta memori AVR
Sumber : Atmel, 2002 : 6

Selama interupsi dan pemanggilan *subroutine*, alamat pada *Program Counter* (PC) disimpan pada *stack*. Pada tipe AVR yang memiliki SRAM internal atau eksternal, *stack* dialokasikan di SRAM sehingga ukuran *stack* hanya terbatas oleh total ukuran dan pemakaian SRAM. Semua program harus menginisialisasi *Stack Pointer* (SP) di dalam rutin *reset*, sebelum *subroutines* atau *interrupt* dieksekusi. Sedangkan tipe AVR yang tidak memiliki SRAM, alamat pada PC disimpan di *stack hardware* yang memiliki ukuran terbatas.

2.3.2 ADC

AVR memiliki beberapa jenis peripheral internal, diantaranya komparator analog, *timer/counter*, UART, *watchdog timer*, EEPROM dan ADC/DAC. Peripheral yang ada dalam chip AVR tergantung pada tipe AVR. Berikut ini akan dibahas tiga jenis peripheral AVR yang akan digunakan untuk terealisasinya Alat Pengukur Viskositas Minyak Pelumas yaitu ADC.

AVR ATmega8L memiliki fasilitas ADC 10 bit yang terhubung dengan 6-saluran multiplexer analog yang membolehkan setiap pin pada port C untuk digunakan sebagai input untuk ADC. ADC terdiri dari satu *Sample/Hold Amplifier* yang memastikan bahwa tegangan input ke ADC ditahan pada level konstan selama konversi. Blok diagram dari ADC seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Blok Diagram ADC
Sumber: Atmel, 2002: 60

ADC mempunyai 2 pin tegangan analog yang terpisah yaitu AVCC dan AGND. AGND harus dihubungkan ke GND dan tegangan pada AVCC tidak boleh beda lebih dari $\pm 0.3V$ dari VCC. Tegangan referensi eksternal harus dikenakan ke pin AREF. Tegangan ini harus berada dalam range AGND – AVCC. ADC bisa beroperasi dalam 2 mode yaitu *Single Conversion* dan *Free Run Mode*. Pada *Single Conversion Mode*, setiap konversi harus diinisialisasi oleh pengguna. Pada *Free Run Mode*, ADC secara konstan menyampling dan mengupdate *ADC Data Register*.

ADC aktif dengan memberikan logika 1 ke bit *ADC Enable*, yaitu ADEN pada ADCSR. Konversi pertama dimulai setelah mengaktifkan ADC, dimana waktu yang diperlukan untuk melakukan konversi sebesar 13 siklus clock ADC. Bit ini tetap *high* selama konversi berlangsung dan akan diset nol oleh *hardware* ketika konversi lengkap. Jika suatu saluran data berbeda terpilih sedangkan suatu konversi masih dalam proses, ADC akan menyelesaikan konversi yang sekarang sebelum melakukan perubahan saluran. Hasil konversi ADC akan menghasilkan 10-bit data pada dua register data, yaitu ADCH dan ADCL, dimana data hasil konversi harus dibaca untuk mendapatkan hasil ketika konversi lengkap. Logika perlindungan khusus digunakan untuk memastikan bahwa isi dari register data ADCH dan ADCL telah diakses secara tepat ketika konversi telah selesai.

Mekanisme pengaksesan hasil konversi adalah sebagai berikut: ketika pembacaan data, ADCL harus dibaca pertama kali. Sekali ADCL dibaca, akses ke register data diblok. Ini berarti bahwa jika ADCL telah dibaca dan konversi selesai sebelum ADCH dibaca, tidak ada satu register pun yang diupdate dan hasil dari konversi hilang. Ketika ADCH dibaca, akses ADC ke register ADCH dan ADCL di *enable* ulang. ADC pada ATmega8L memiliki *interrupt* sendiri, yaitu ADIF, yang bisa dipicu ketika konversi selesai. Akses ADC ke register data dilarang untuk melakukan pembacaan dari ADCH menuju ADCL, apabila hal ini dilakukan maka data hasil konversi menjadi tidak *valid* lagi. ADC memiliki fasilitas *prescaler*, yang berfungsi membagi sistem clock menjadi frekuensi clock ADC yang mudah diterima. ADC ATmega8L dapat menerima frekuensi clock input dalam range 50 kHz - 200 kHz. Penggunaan frekuensi input yang semakin tinggi akan menghasilkan tingkat akurasi yang semakin rendah. Bit ADPS0 - ADPS2 pada ADCSR digunakan untuk menghasilkan frekuensi clock input ADC yang diperlukan dari frekuensi XTAL di bawah 100 kHz. *Prescaler* mulai menghitung saat ADC diaktifkan dengan mengeset bit ADEN pada ADCSR. *Prescaler* dijaga tetap bekerja selama bit ADEN diset dan secara

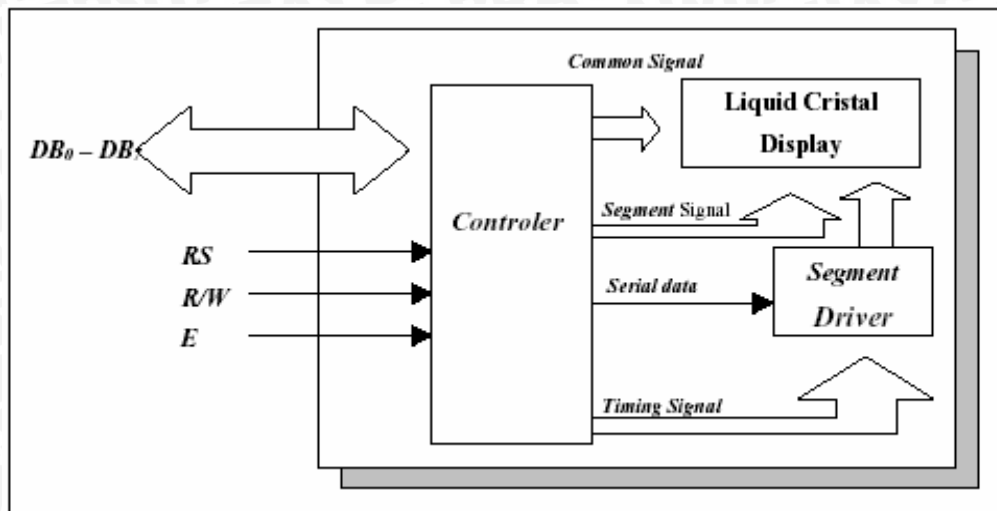
kontinyu direset ketika ADEN rendah. Ketika penginisialisasian konversi dengan mengeset bit ADSC pada ADCSR, konversi mulai pada tepi naik dari siklus clock ADC. Pada kenyataannya *sample/hold* memerlukan 1.5 siklus clock ADC setelah konversi dimulai. Hasil konversi siap dan ditulis pada register hasil ADC setelah 13 siklus clock ADC. Pada *single conversion mode*, ADC memerlukan lebih dari satu siklus clock sebelum konversi yang baru bisa dimulai lagi. Jika ADSC diset *high* pada period ini, ADC akan mulai konversi baru dengan seketika. Pada *free run mode*, konversi yang baru akan dimulai dengan tiba-tiba setelah hasil konversi ditulis pada register hasil ADC. Hasil penggunaan *free run mode* dan frekuensi clock ADC 200 kHz memberikan konversi waktu terendah, 65 ms, ekuivalen dengan 15.4 kSPS.

2.4 LCD

LCD model TM162ABC produksi *SEIKO Instrument Inc. Corporation* memiliki spesifikasi sebagai berikut :

- a. Menampilkan 16 karakter pada tiap baris TN LCD dengan 5 x 7 *dot matrik*.
- b. Pembangkit karakter ROM untuk 192 jenis karakter
- c. Pembangkit karakter RAM untuk 8 jenis karakter
- d. 80 x 8 *bit* data RAM
- e. Antarmuka dengan 4 *bit* atau 8 *bit* MPU
- f. Tegangan catu 5 volt dan temperatur operasi 0 – 500 C
- g. Otomatis reset pada saat dihidupkan

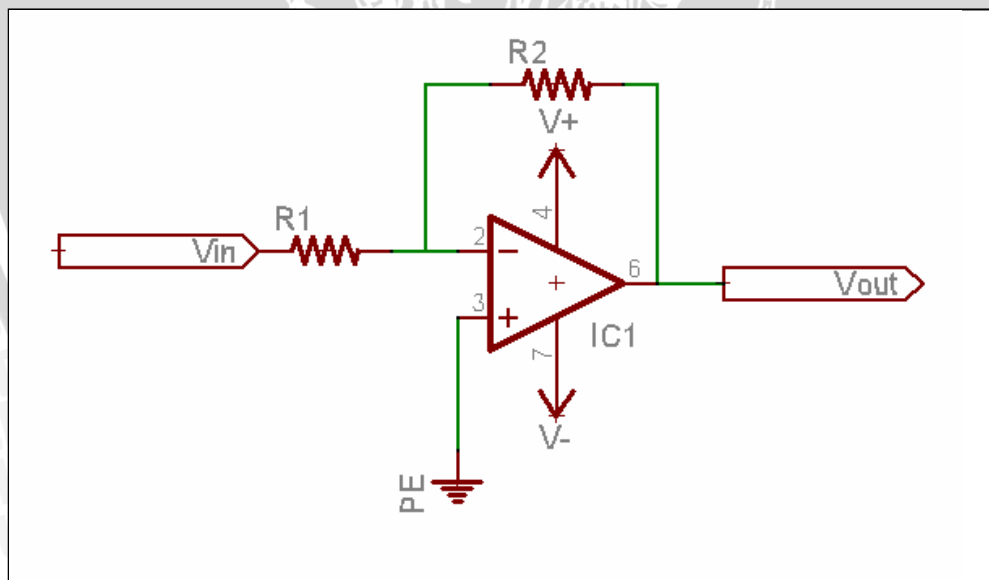
Masukan yang diperlukan untuk mengendalikan modul LCD ini berupa bus data yang masih termultipleks dengan bus alamat serta 3 *bit* sinyal kontrol, yaitu RS, R/W dan E. Sementara pengendali dot matrix LCD dilakukan secara internal oleh kontroler yang sudah terpasang pada modul LCD. Blok diagram dapat dilihat dalam Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Blok Diagram LCD TMABC162

2.5 Penguat Pembalik

Rangkaian penguat biasa digunakan oleh para desainer untuk tujuan-tujuan tertentu. Rangkaian penguat mempunyai banyak ragam yang masing-masing mempunyai kelebihan tersendiri. Diantara rangkaian penguat tersebut, yang biasa digunakan adalah rangkaian penguat pembalik. Rangkaian ini terdiri dari sebuah *operational amplifier* (op amp) dan dua buah resistor. Skema dari rangkaian penguat pembalik ditunjukkan oleh Gambar 2.8 berikut ini.



Gambar 2.8. Rangkaian Penguat Pembalik

Sumber: Coughlin, 1982:33

Rangkaian ini adalah salah satu dari rangkaian op amp yang paling luas digunakan. Rangkaian ini merupakan sebuah penguat yang penguatan untaiannya

tertutupnya dari V_{in} ke V_{out} ditentukan oleh hambatan R_1 dan R_2 . Penguat jenis ini dapat memperkuat isyarat AC ataupun DC.

Untuk memahami cara kerja rangkaian ini perlu diperhatikan bahwa tegangan antara kedua terminal masukan (+) dan (-) pada dasarnya adalah nol dan arus yang dialirkan oleh kedua terminal masukan dapat diabaikan.

Tegangan positif E_1 dimasukkan ke dalam terminal masukan (-) op amp melalui tahanan R_1 . Sedangkan terminal masukan (+) dari op amp dihubungkan ke *ground*. Tegangan masukan antara kedua terminal pada dasarnya adalah nol sehingga kedua terminal tidak dapat mengalirkan arus karena itu arus yang ada didorong ke terminal output melalui tahanan R_2 . Besarnya arus input yang mengalir dapat diketahui melalui Hukum Ohm:

$$I_{in} = \frac{V_{in}}{R_1}$$

Arus yang mengalir ke terminal output adalah sebesar

$$I_{out} = \frac{V_{out}}{R_2}$$

Karena tidak ada arus yang dialirkan oleh terminal masukan (-) dari op amp maka kedua besaran arus tersebut merupakan besaran yang sama.

$$I_{in} = I_{out}$$

$$\frac{V_{in} - V_2}{R_1} = \frac{V_2 - V_{out}}{R_2}$$

V_2 sama dengan nol.

$$\frac{V_{in}}{R_1} = -\frac{V_{out}}{R_2}$$

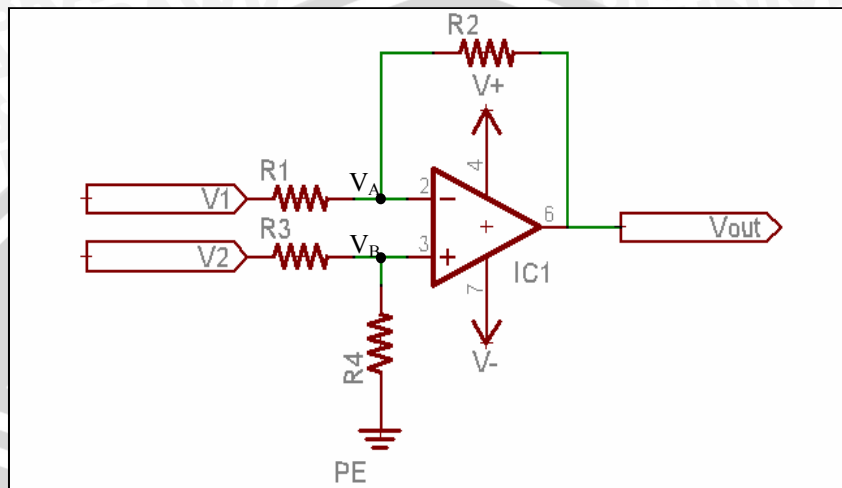
Karena itu tegangan output (V_{out}) diberikan sebagai berikut.

$$V_{out} = -\frac{R_2}{R_1} V_{in} \dots\dots\dots (2.18)$$

Konstanta penguatan dari rangkaian penguat pembalik (A_p) sebesar $-\frac{R_2}{R_1}$. (Coughlin, 1982 : 33,34)

2.6 Penguat Diferensial

Penguat yang paling berguna untuk pengukuran, instrumentasi atau pengendalian adalah penguat instrumentasi. Penguat ini dirancang agar dapat mengukur maupun memperkuat isyarat-syarat kecil yang terbenam menjadi isyarat-syarat yang jauh lebih besar. Penguat diferensial sebagai bagian dari penguat instrumentasi mempunyai kemampuan tersebut. Berikut rangkaian dari penguat diferensial dasar



Gambar 2.9. Rangkaian Penguat Diferensial

Sumber: Coughlin, 1982:162

Empat buah tahanan presisi dan sebuah penguat operational disusun sedemikian rupa seperti gambar di atas. Kedua terminal masukannya dihubungkan dengan suatu tegangan tertentu, V_1 dan V_2 . Agar penguat tersebut dapat bekerja dengan efektif, rangkaian tersebut harus setimbang.

$$R_1 * R_4 = R_2 * R_3 \quad \text{sehingga } R_1 = R_2 \text{ dan } R_3 = R_4 \text{ atau } R_1 = R_3 \text{ dan } R_2 = R_4$$

Tegangan keluaran V_{out} dari penguat diferensial didefinisikan sebagai berikut:

$$V_A = V_B$$

$$V_B = \frac{R_4}{R_3 + R_4} V_2 \quad \dots\dots\dots(2.19)$$

$$\frac{V_1 - V_A}{R_1} = \frac{V_A - V_{out}}{R_2} \quad \text{dengan } V_A = V_B \text{ maka}$$

$$\frac{V_1 - V_B}{R_1} = \frac{V_B - V_{out}}{R_2}$$

$$\frac{R_2}{R_1}(V_1 - V_B) = V_B - V_{out}$$

$$V_{out} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)V_B - \left(\frac{R_2}{R_1}\right)V_1$$

$$V_{out} = \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1}\right)V_B - \left(\frac{R_2}{R_1}\right)V_1$$

Dengan mensubstitusikan persamaan 2.19, persamaan di atas menjadi

$$V_{out} = \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1}\right)\left(\frac{R_4}{R_3 + R_4}\right)V_2 - \left(\frac{R_2}{R_1}\right)V_1 \text{ dengan } R_1 = R_3 \text{ dan } R_2 = R_4 \text{ maka}$$

$$V_{out} = \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1}\right)\left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right)V_2 - \left(\frac{R_2}{R_1}\right)V_1$$

$$V_{out} = \left(\frac{R_2}{R_1}\right)V_2 - \left(\frac{R_2}{R_1}\right)V_1$$

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1}(V_2 - V_1) \dots\dots\dots(2.20)$$

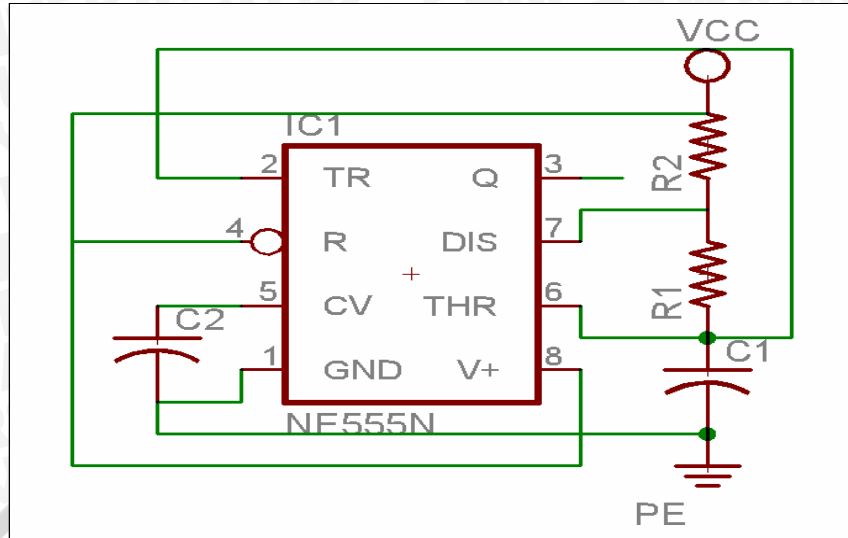
Persamaan di atas bisa juga ditulis seperti berikut:

$$V_{out} = A_d(V_2 - V_1) \dots\dots\dots(2.21)$$

Dengan $A_d = \frac{R_2}{R_1}$ biasa disebut dengan konstanta penguatan.

2.7 Multivibrator Astabil

Multivibrator astabil dalam rangkaian ini adalah suatu rangkaian yang terdiri dari sebuah pewaktu / *timer* (IC 555) yang dihubungkan sedemikian rupa dengan resistor dan kapasitor. Jika kaki 2 dan kaki 6 dari IC 555 dihubungkan, maka rangkaian akan bekerja sebagai multivibrator. Pengisian muatan kapasitor eksternal melalui R_1 dan R_2 sedangkan pengosongan muatannya melalui R_2 . *Duty cycle* rangkaian ditentukan oleh pembagian antara kedua resistor R_1 dan R_2 . Rangkaian multivibrator astabil dengan menggunakan sebuah *timer* IC 555 ditunjukkan oleh Gambar 2.10.



Gambar 2.10. Multivibrator Astabil

Sumber: National Semikonduktor Data Book, 1995

Pada mode jenis ini, Pengisian dan pengosongan kapasitor berkisar antara $\frac{1}{3} V_{cc}$ sampai $\frac{2}{3} V_{cc}$. Waktu pengisian kapasitor (*charge time*) atau waktu keluaran tinggi didefinisikan sebagai:

$$t_1 = 0.693 (R_1 + R_2) C \dots\dots\dots(2.22)$$

kemudian waktu pengosongan muatan (*discharge time*) atau waktu keluaran rendah adalah

$$t_2 = 0.693 (R_1)C \dots\dots\dots(2.23)$$

Sehingga perioda total rangkaian adalah

$$T = t_1 + t_2 = 0.693 (2R_1 + R_2) C \dots\dots\dots(2.24)$$

Dan frekuensi rangkaian didefinisikan sebagai:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1.44}{(2R_1 + R_2)C} \dots\dots\dots(2.25)$$

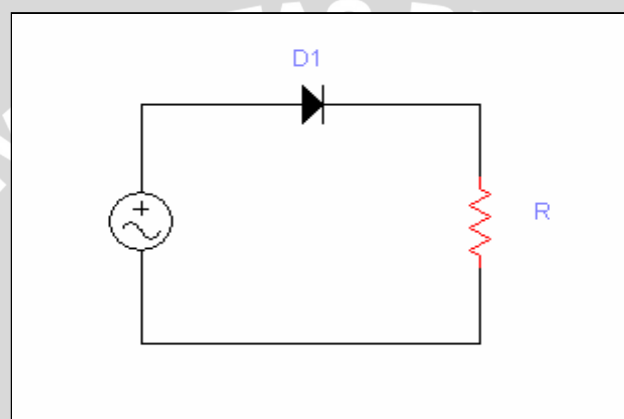
Duty Cycle adalah:

$$D = \frac{R_1}{2R_1 + R_2} \dots\dots\dots(2.26)$$



2.8 Penyearah Setengah Gelombang

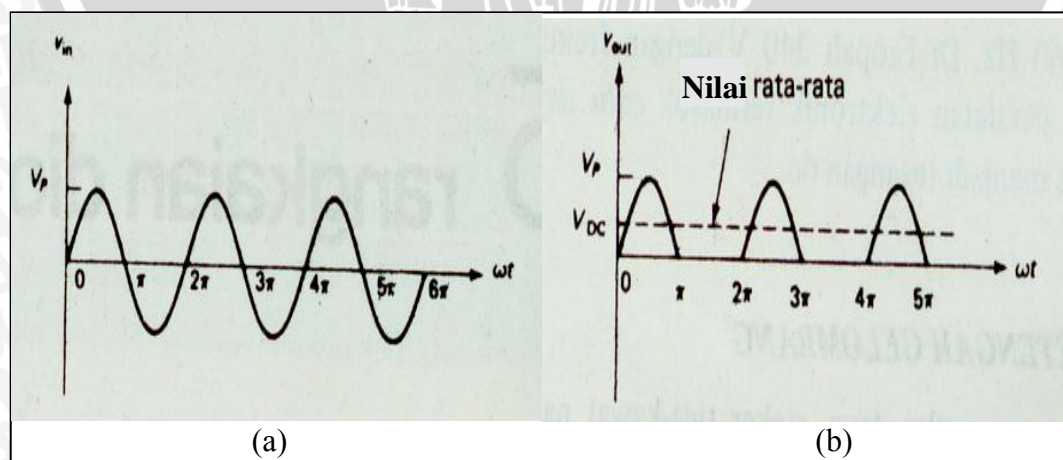
Penyearah gelombang diperlukan untuk mengubah sebuah sinyal AC ke sebuah sinyal DC. Komponen pokok sebuah penyearah adalah dioda. Karena karakteristik dioda hanya dapat bekerja jika dibias *forward* (maju). Sedangkan jika dibias *reverse* (mundur), sebuah dioda akan berfungsi seolah-olah dia adalah sebuah rangkaian hubung buka (*open circuit*). Sebenarnya ada beberapa tipe penyearahan gelombang. Akan tetapi pada rangkaian ini digunakan penyearah gelombang dengan metode setengah gelombang. Gambar rangkaian penyearah setengah gelombang ditunjukkan dalam Gambar 2.11



Gambar 2.11. Penyearah Setengah Gelombang

Sumber: Malvino, 1996: 60

Pada setengah siklus positif tegangan bolak-balik, dioda D_1 dibias *forward*. Pada setengah siklus negatif, dibias *reverse*. Inilah sebabnya mengapa tegangan pada R merupakan sinyal setengah gelombang seperti terlihat dalam Gambar 2.12



Gambar 2.12. (a) Gelombang Bolak-balik. (b) Sinyal Setengah Gelombang

Sumber: Malvino, 1996: 60

Harga rata-rata, yang juga dikenal sebagai harga DC dari sinyal setengah gelombang adalah

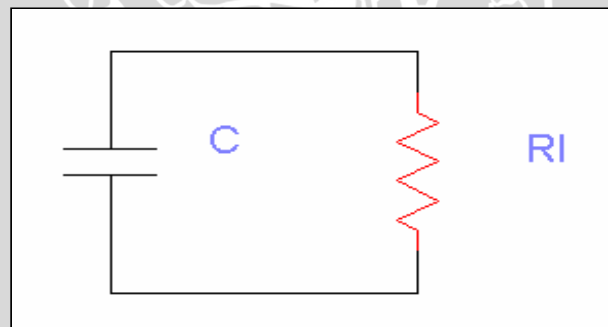
$$V_{DC} = \frac{V_P}{\pi} \dots\dots\dots(2.27)$$

Pada gambar di atas , perioda dari sinyal output adalah sama dengan perioda sinyal input. Setiap siklus input menghasilkan satu siklus output. Inilah sebabnya mengapa frekuensi putput dari penyearah setengah gelombang adalah sama dengan frekuensi input. (Malvino, 1996:60)

$$f_{out} = f_{in} \dots\dots\dots(2.28)$$

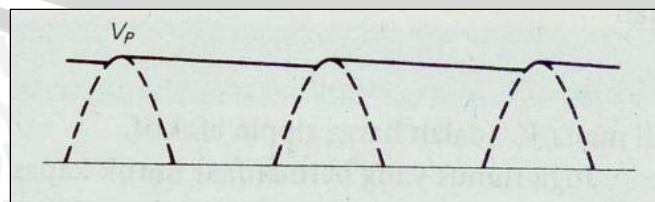
2.9 Filter Input Kapasitor

Ide dasar dari rangkaian ini adalah meratakan sinyal bolak-balik yang telah disearahkan. Perataan ini dilakukan dengan filter input-kapasitor. Gambar rangkaian ini terdapat dalam Gambar 2.13. Rangkaian bekerja sebagai berikut. Mula-mula kapasitor akan diisi muatan bersamaan dengan siklus naik tegangan. Sesaat setelah mencapai puncak, kapasitor mulai mengosongkan muatan melalui resistor R. (Malvino, 1996). Gambar sinyal keluaran rangkaian ini dapat dilihat dalam Gambar 2.14. Tampak bahwa masih terdapat riak (riple) tegangan keluaran tersebut. Besarnya riak tersebut sangat bergantung dengan besarnya kapasitor dan resistor yang terpasang.



Gambar 2.13. Filter Kapasitor

Sumber: Malvino, 1996: 69



Gambar 2.14. Tegangan Output dengan *riple*

Sumber: Malvino, 1996: 69

Nilai sinyal keluaran pada waktu t dapat diterangkan melalui sifat alamiah rangkaian. Persamaan hukum arus Kirchoff pada rangkaian ini adalah (Rahutomo, 2003:13):

$$C \frac{dv(t)}{dt} + Gv(t) = 0$$

$$C \frac{dv(t)}{dt} = -Gv(t)$$

$$\frac{dv(t)}{v(t)} = -\frac{1}{RC} dt$$

Setelah persamaan diintegrasikan, diperoleh hasil

$$\ln v(t) = -\frac{t}{RC} + konst$$

$$v(t) = e^{-t/RC} e^{konst}$$

$$v(t) = V_0 e^{-t/RC}$$

Dengan identitas eksponensial

$$e^x = 1 + x + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \dots \cong 1 + x \text{ untuk } x \ll 1$$

Maka

$$v(t) \cong V_0 \left(1 - \frac{t}{RC} \right)$$

Dari sini dapat diketahui nilai tegangan dalam periode T setelah V puncak (V_p):

$$V = V_p \left(1 - \frac{T}{RC} \right)$$

Dapat diketahui pula besar tegangan riak (*ripple*) yang merupakan selisih V_p dengan V :

$$V_{rip} = V_p - V = \frac{V_p T}{RC}$$

Bila periode T diketahui sebesar $0.017 dt$ (sama dengan periode sinyal jala-jala listrik), maka tegangan riak dapat diketahui:

$$V_{rip} = \frac{0.017V_p}{RC} \dots\dots\dots(2.29)$$

Tegangan riak ini berbentuk gigi gergaji puncak ke puncak yang berarti harus dibagi $2\sqrt{3}$ untuk memperoleh nilai efektifnya (V_r). Sehingga:

$$V_r = \frac{0.017V_p}{2\sqrt{3}RC} = \frac{0.0049V_p}{RC} \dots\dots\dots(2.30)$$

Persamaan ini dapat membawa kepada 2 hal. Yang pertama, tegangan rata-rata yang merupakan tegangan DC rangkaian detektor puncak dan kemudian nilai R dan C yang ingin digunakan perancang.

Tegangan DC keluaran sebesar:

$$V_{DC} = V_p - \frac{V_{rip}}{2} = V_p - \frac{0.017V_p}{2RC} = \left(1 - \frac{0.0085}{RC}\right)V_p \dots\dots\dots(2.31)$$

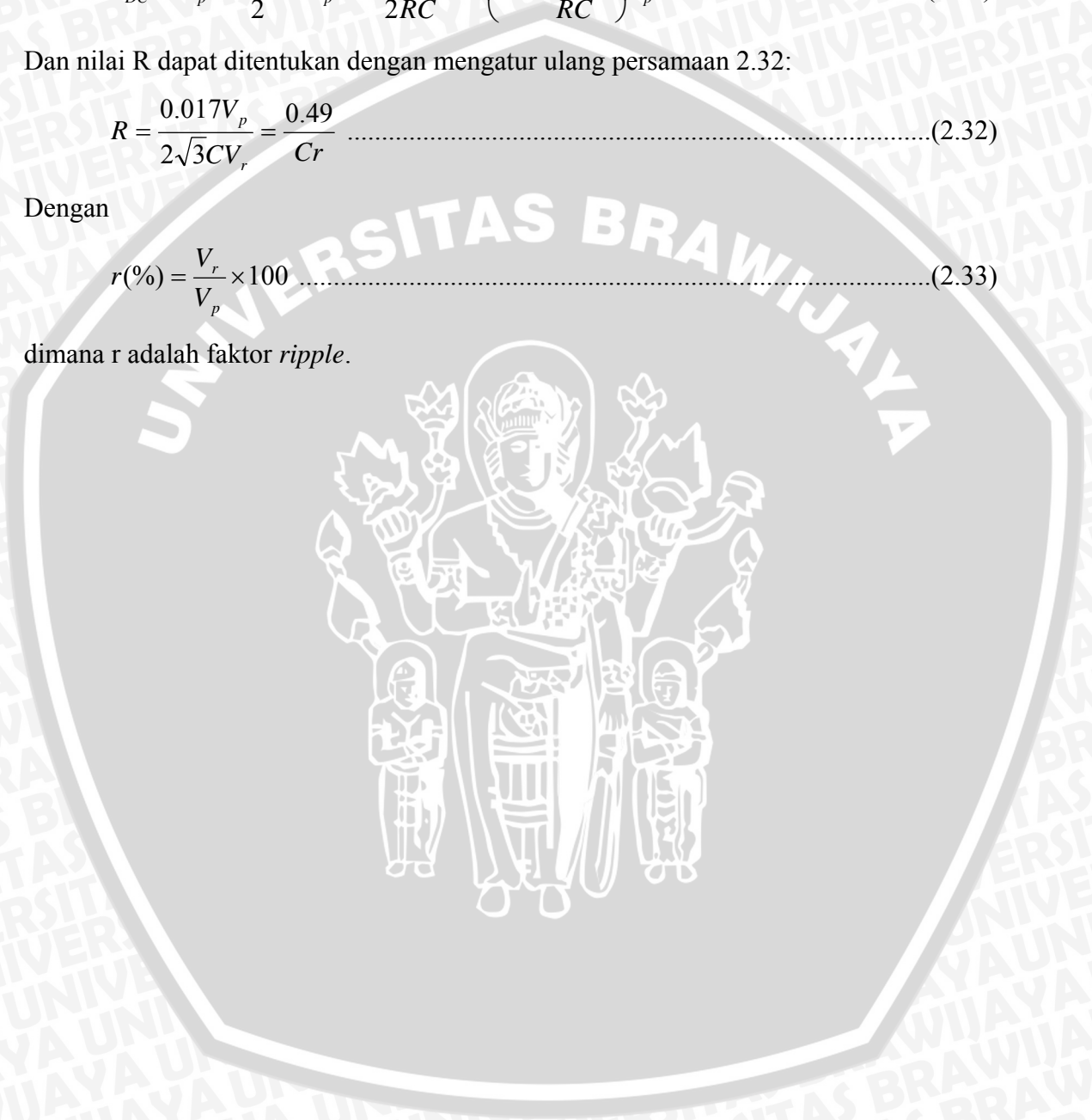
Dan nilai R dapat ditentukan dengan mengatur ulang persamaan 2.32:

$$R = \frac{0.017V_p}{2\sqrt{3}CV_r} = \frac{0.49}{Cr} \dots\dots\dots(2.32)$$

Dengan

$$r(\%) = \frac{V_r}{V_p} \times 100 \dots\dots\dots(2.33)$$

dimana r adalah faktor *ripple*.



BAB III METODOLOGI

Penyusunan skripsi ini didasarkan pada masalah yang bersifat aplikatif, yaitu perencanaan dan perealisasiian alat agar dapat menampilkan unjuk kerja sesuai dengan yang direncanakan dengan mengacu pada rumusan masalah. Data dan spesifikasi komponen yang digunakan dalam perencanaan merupakan data sekunder yang diambil dari buku data komponen elektronika. Pemilihan komponen berdasarkan perencanaan dan disesuaikan dengan komponen yang ada di pasaran.

Langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk merealisasikan alat yang akan dibuat adalah sebagai berikut:

3.1 Studi Literatur

Studi literatur mengacu pada spesifikasi yang dibuat untuk memahami komponen pendukung yang diperlukan guna merealisasikan alat. Juga untuk memahami berbagai permasalahan seputar materi. Studi literatur yang dilakukan meliputi viskositas, mikrokontroler dan bahasa Assembly, LCD model TM162ABC, multivibrator astabil, penyearah gelombang, filter input kapasitor, penguat tegangan baik pembalik ataupun diferensial, IC 555, dan pemancaran dan penerimaan gelombang ultrasonic.

3.2 Penentuan Spesifikasi Alat

Sebelum melakukan perencanaan dan perealisasiian alat, maka ditentukan spesifikasi alat yang akan dibuat. Adapun spesifikasi alat yang akan direalisasikan sebagai berikut:

- Menggunakan mikrokontroler Atmega8L dari buatan ATMEL Corp sebagai pengolah informasi.
- Tampilan menggunakan *Liquid Crystal Display (LCD)* model TM162ABC produksi *SEIKO Instrument Inc. Corporation*.
- Informasi yang ditampilkan berupa nilai viskositas yang diukur.
- Menggunakan IC 555 sebagai *oscilator* (pembangkit frekuensi) yang membangkitkan gelombang ultrasonic.
- Bekerja pada tegangan yang sesuai dengan spesifikasi alat yang direncanakan

3.3 Perancangan Alat

Perancangan dilakukan dalam dua tahap. Pertama, terdiri atas perencanaan rangkaian per blok dan perencanaan rangkaian secara keseluruhan. Kedua, perencanaan perangkat lunak untuk mikrokontroler yang berfungsi sebagai pengolah data masukan dan pengolah data keluaran.

3.4 Pembuatan Alat

a. Perangkat keras

Pembuatan alat dilakukan per blok rangkaian terlebih dahulu. Pembuatan alat untuk perangkat keras meliputi pembuatan PCB (pembuatan *lay out* dengan menggunakan *software* Eagle 411, pengetsaan dan pengeboran). Perakitan komponen dan penyolderan dilakukan pada PCB.

b. Perangkat lunak

Pembuatan perangkat lunak meliputi dengan pembuatan *flowchart* dan pembuatan program dengan bahasa assembly

3.5 Pengujian Alat

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah alat yang dibuat telah memberikan hasil sesuai dengan yang direncanakan. Pengujian dilakukan secara per blok dan kemudian secara keseluruhan sistem.

BAB IV

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

Bab ini membahas tentang perancangan dan pembuatan alat pengukur viskositas minyak pelumas dengan sensor ultrasonic. Penentuan spesifikasi alat, diagram blok rangkaian, perencanaan alat dan penjelasannya. Perancangan sistem meliputi perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perancangan perangkat lunak (*software*). Perancangan perangkat keras (*hardware*) meliputi perancangan unit pembangkit sinyal ultrasonic, rangkaian penguat sinyal, perancangan filter dan penyearah gelombang, perancangan rangkaian untuk penyesuaian tegangan, sistem mikrokontroler, dan perancangan mekanika alat ukur. Sedangkan perancangan perangkat lunak (*software*) meliputi perancangan program untuk mikrokontroler ATmega8L.

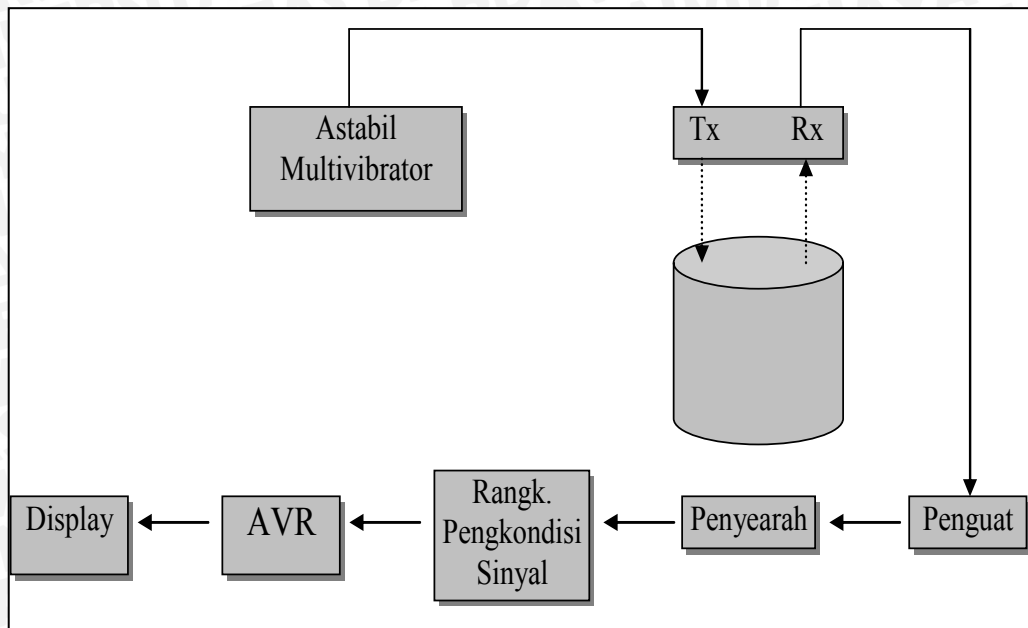
4.1 Penentuan Spesifikasi Alat

Penentuan spesifikasi alat dilakukan terlebih dahulu sebagai acuan dalam perancangan. Alat yang akan dibuat mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

- Dapat digunakan untuk mengukur viskositas minyak pelumas.
- Hasil pengukuran menunjukkan besaran viskositas yang diukur.
- Ditampilkan dalam LCD matrik 16 x 2
- Menggunakan sensor ultrasonic sebagai komponen utama.
- Menggunakan mikrokontroler ATmega8L sebagai komponen pengolah besaran yang didapat.

4.2 Diagram Blok Rangkaian

Diagram blok rangkaian sistem pengukur viskositas minyak pelumas dengan sensor ultrasonic yang direncanakan adalah seperti ditunjukkan dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Diagram Blok Rangkaian

Dari blok diagram rangkaian di atas terlihat bahwa rangkaian yang direncanakan mempunyai beberapa unit bagian yang keterangannya sebagai berikut:

- Unit Multivibrator Astabil adalah sebagai pembangkit gelombang dengan frekuensi 40 kHz.
- Transduser Ultrasonic yang terdiri dari pemancar (Tx) dan penerima (Rx) berfungsi mentransmisikan gelombang ultrasonic ke dalam medium yang diukur.
- Unit penguat yang berupa rangkaian penguat aktif berfungsi menguatkan sinyal yang diterima oleh penerima gelombang ultrasonic.
- Unit penyearah berfungsi menyearahkan sinyal keluaran dari unit penguat.
- Rangkaian Pengkondisi Sinyal adalah rangkaian yang berfungsi mengkondisikan sinyal agar sedemikian rupa sehingga dapat diolah oleh rangkaian setelahnya.
- Mikrokontroler ATmega8L (AVR) merupakan unit pengolah data dan pengendali sistem
- Display adalah suatu perangkat yang berfungsi sebagai media untuk menampilkan hasil pengolahan sistem.

4.3 Prinsip Kerja

Prinsip kerja dari alat ini adalah sebagai berikut. Multivibrator astabil akan membangkitkan gelombang dengan frekuensi 40 kHz. Gelombang tersebut kemudian diubah menjadi gelombang ultrasonic dengan frekuensi yang sama dan ditransmisikan menuju medium yang akan diukur oleh pemancar ultrasonic (Tx). Karena sifat dari gelombang ultrasonic yang dapat dipantulkan dan ditransmisikan, sebagian dari gelombang ultrasonic tersebut akan dipantulkan kembali oleh medium dan diterima oleh penerima ultrasonic (Rx). Sinyal yang diterima oleh penerima ini masih sangat kecil sehingga dibutuhkan suatu rangkaian penguat sinyal untuk memperjelas hasil penerimaan.

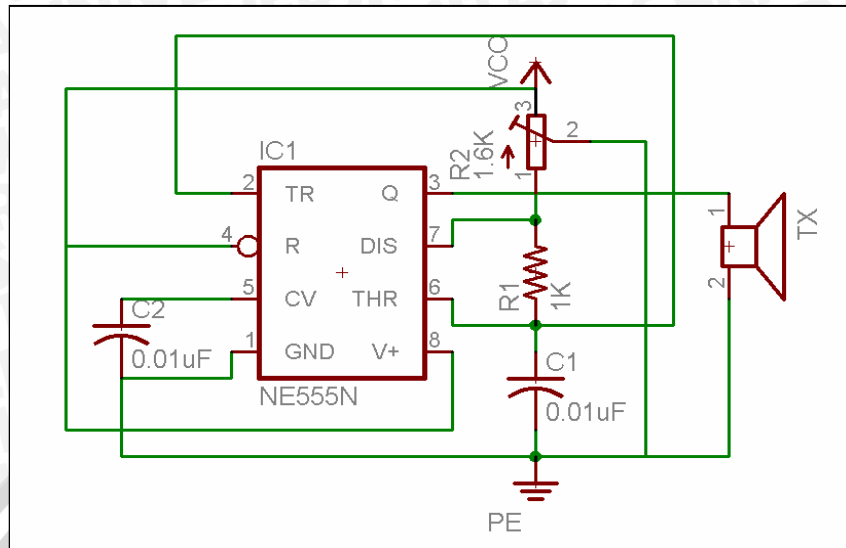
Sinyal informasi yang diperoleh disearahkan oleh rangkaian penyearah agar diperoleh suatu sinyal yang terukur untuk selanjutnya dikondisikan agar taraf tegangan yang ada dapat diolah oleh mikrokontroler yang merupakan pengendali sistem.

Oleh mikrokontroler, sinyal yang telah disesuaikan taraf tegangannya diolah sedemikian rupa sehingga diperoleh suatu besaran viskositas yang merupakan besaran yang diukur. Mikrokontroler juga yang kemudian menampilkan besaran tersebut dalam suatu layar LCD.

4.4. Perancangan Perangkat Keras

4.4.1. Perancangan Multivibrator Astabil

Multivibrator astabil dalam perencanaan alat ini berfungsi sebagai pembangkit gelombang ultrasonic. Dalam alat ini digunakan IC linier NE 555, karena rangkaian pewaktu ini adalah pengendali yang sangat stabil yang menghasilkan penundaan waktu yang sangat teliti. Selain itu penggunaannya yang cukup luas sehingga mudah untuk mendapatkannya. Rangkaian NE 555 yang digunakan sebagai multivibrator astabil dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Rangkaian Multivibrator Astabil sebagai Pembangkit Gelombang 40 KHz

Dalam penggunaannya sebagai pembangkit sinyal dengan frekuensi 40 kHz, rangkaian ini dikendalikan oleh dua buah resistor dan sebuah kapasitor. Besarnya frekuensi yang dihasilkan ditentukan oleh nilai-nilai resistor dan kapasitor luar yang persamaannya diberikan pada persamaan 2.22 hingga 2.25 sebagai berikut

$$t_1 = 0.693 (R_1 + R_2) C$$

$$t_2 = 0.693 (R_1) C$$

$$T = t_1 + t_2 = 0.693 (2R_1 + R_2) C$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1.44}{(2R_1 + R_2) C}$$

Karena yang dibutuhkan adalah frekuensi ultrasonik dalam hal ini adalah sebesar 40 kHz, maka nilai-nilai resistor dan kapasitor dari rangkaian tersebut adalah sebagai berikut

$$40 * 10^3 = \frac{1.44}{(2R_1 + R_2) C}$$

Kapasitor yang dipakai adalah sebesar 0.01 μ F.

$$2R_1 + R_2 = \frac{1.44}{40 * 10^3 * 0.01 * 10^{-6}} = \frac{1.44}{4 * 10^{-4}}$$

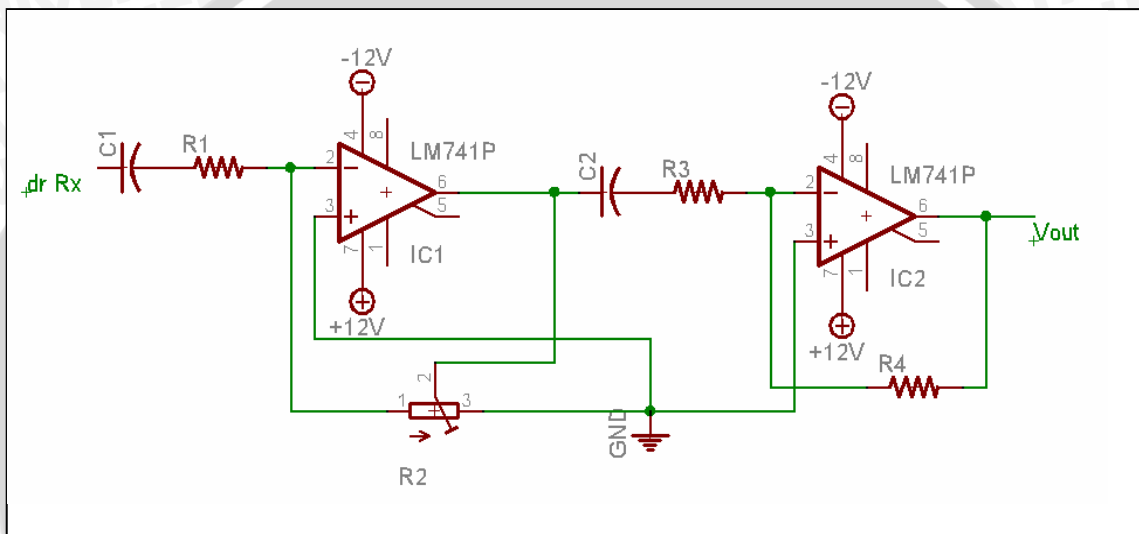
$$2R_1 + R_2 = 3600 \Omega$$

$$\text{Misal } R_1 = 1000 \Omega$$

$$\text{Maka } R_2 = 3600 - (2 * 1000) = 1600 \Omega$$

4.4.2. Perancangan Rangkaian Penguat

Rangkaian penguat yang akan digunakan dalam alat ini adalah rangkaian penguat pembalik yang dihubungkan secara kaskade. Tujuan dari penggunaan rangkaian ini adalah perancangannya yang cukup sederhana. Pada rangkaian penguat pertama, penguatan yang diharapkan adalah sebesar 10 kali. Sedangkan pada rangkaian penguat kedua, penguatan yang diharapkan adalah sebesar 1 kali karena pada rangkaian penguat kedua hanya berfungsi sebagai pembalik sinyal masukan. Rangkaian penguat tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut ini.



Gambar 4.3. Rangkaian Penguat Pembalik Kaskade

Pada rangkaian penguat di atas, nilai-nilai resistor yang terpasang ditentukan oleh persamaan 2.18 sebagai berikut:

$$V_{out} = -\frac{R_2}{R_1} V_{in}$$

Penguatannya didefinisikan sebagai hasil bagi kedua resistornya ($-\frac{R_2}{R_1}$)

Pada penguat pertama, penguatan diharapkan dapat mencapai -10 kali. Untuk itu resistor R_1 yang terpasang adalah sebesar 10 k Ω dan resistor variabelnya mempunyai hambatan maksimum sebesar 100 k Ω .

$$-10 = -\frac{R_2}{R_1}$$

$$-10 \times R_1 = -R_2$$

R_1 ditetapkan sebesar 10 k Ω

$$-100 \times 10^3 = -R_2$$

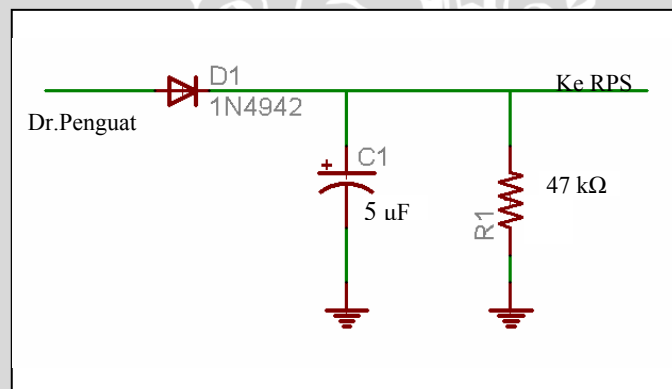
Sehingga R variabelnya mempunyai hambatan maksimum sebesar 100 k Ω

Karena rangkaian penguat kedua hanya berfungsi sebagai pembalik sinyal masukan maka penguatannya adalah sebesar 1 kali, maka nilai resistor yang terpasang pada R₃ sama dengan nilai resistor yang terpasang pada R₄ yaitu ditentukan sebesar 10 k Ω .

Sebuah kapasitor dipasangkan sebelum rangkaian penguat seperti ditunjukkan pada Gambar 4.3 di atas. Hal ini bertujuan sebagai filter bagi rangkaian penerima sinyal ultrasonic secara keseluruhan. Didasarkan pada sifat kapasitor yang seperti rangkaian hubung buka (*open circuit*) jika dilewati sinyal dengan frekuensi nol dan seperti rangkaian biasa jika dilewati sinyal dengan frekuensi tinggi maka kapasitor akan meneruskan sinyal-sinyal yang mempunyai frekuensi tinggi dan akan menahan sinyal dengan frekuensi nol. Dengan demikian, rangkaian penerima sinyal ultrasonic ini bisa dikatakan telah dilengkapi filter.

4.4.3. Perancangan Rangkaian Penyearah Gelombang

Rangkaian penyearah diperlukan agar diperoleh suatu besaran yang terukur yang mendekati nilai efektifnya. Rangkaian penyearah gelombang dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Rangkaian Penyearah Setengah Gelombang

Tegangan keluaran dari rangkaian penguat masih merupakan tegangan bolak-balik. Saat memasuki rangkaian penyearah, pada siklus positif tegangan bolak-balik tersebut, dioda D₁ dibias *forward* sedangkan pada siklus negatifnya, dibias *reverse*. Peristiwa ini menyebabkan sinyal keluaran dari dioda D₁ merupakan sinyal setengah gelombang yang masih memiliki riak yang sangat besar (belum menjadi tegangan DC murni). Untuk menjadikannya tegangan DC murni, perlu ditambahkan kapasitor C₁

pada rangkaian. Besarnya nilai kapasitor tergantung dari sejauh mana riak yang terjadi akan dikurangi.

Menurut persamaan 2.33. faktor ripple didefinisikan sebagai

$$r(\%) = \frac{V_r}{V_p} \times 100$$

Jika diinginkan faktor ripple sebesar 2%, menurut persamaan 2.32 nilai resistor yang terpasang adalah sebesar

$$R = \frac{0.49}{2C} \text{ ohm}$$

Jika dikehendaki nilai resistor yang terpasang adalah sebesar 47 k Ω , maka nilai minimal kapasitor yang terpasang agar ripple yang terjadi adalah sebesar 2% adalah sebesar

$$C = \frac{0.49}{rR} = \frac{0.49}{2 \times 47000} = 5 \mu\text{F}$$

4.4.5. Perancangan Rangkaian Pengkondisi Sinyal

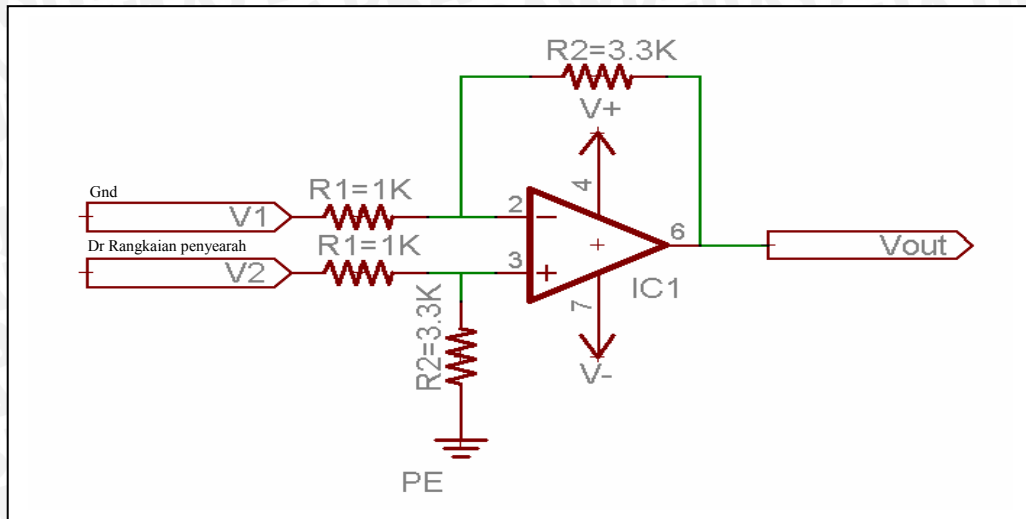
Rangkaian pengkondisi sinyal yang digunakan dalam sistem ini berupa rangkaian penguat diferensial. Rangkaian ini dibuat dengan memperhatikan rangkain sesudah dan sebelumnya. Rangkaian sebelum diperlukan sebagai informasi bagi rangkaian pengkondisi sinyal tentang berapa penguatan yang diperlukan agar dapat diolah oleh rangkaian setelahnya. Dari keluaran rangkaian sebelumnya (rangkain penguat) diketahui bahwa sinyal yang akan disesuaikan tegangannya mempunyai tegangan maksimal 0.8 volt (untuk nilai V_2 , sedangkan V_1 dibuat tetap yaitu sebesar 0V). Sedangkan rangkaian sesudahnya mempunyai batas tegangan antara 0V - 2.56 volt. Untuk itu diperlukan penguatan sebesar $2.56 / 0.8 = 3,2$. Berdasarkan persamaan 2.21, tahanan yang terpasang adalah sebesar

$$V_{out} = A_d (V_2 - V_1)$$

dengan $A_d = \frac{R_2}{R_1}$, maka

$$3.2 = \frac{R_2}{R_1} \text{ dengan menetapkan } R_1 \text{ adalah sebesar } 1 \text{ k}\Omega, \text{ maka } R_2 \text{ adalah sebesar}$$

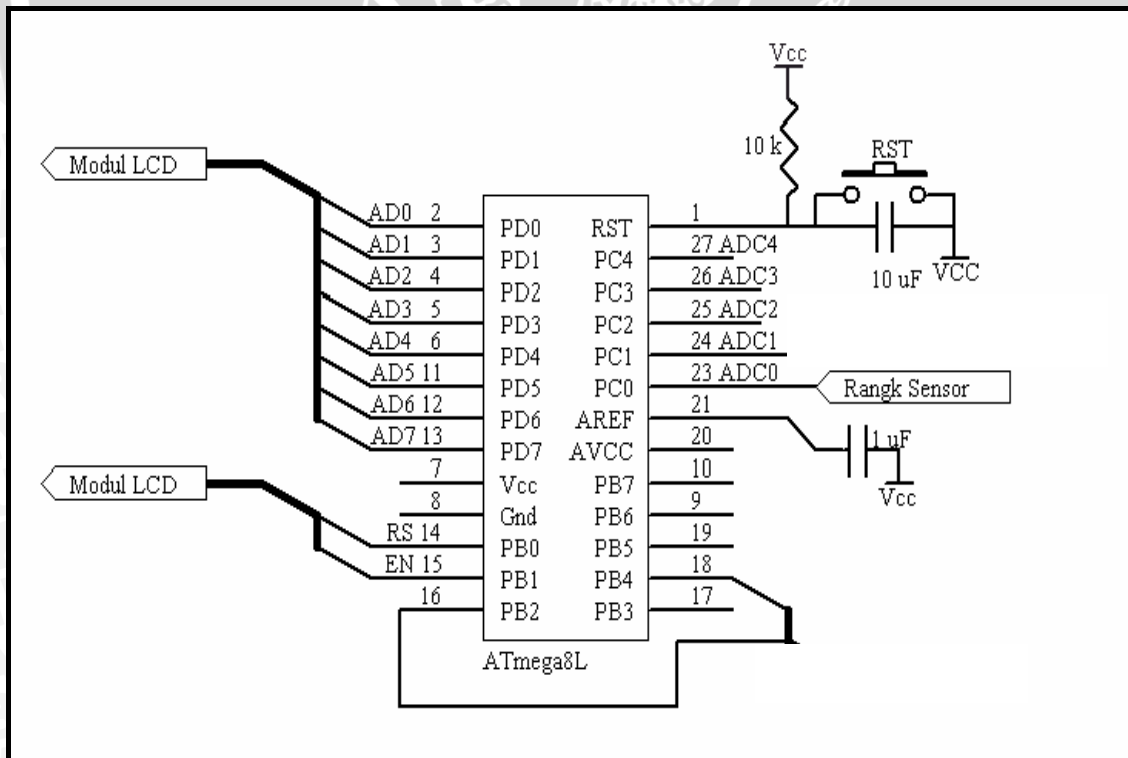
$3.2 \times 1000 = 3200 \Omega$ Dengan menyesuaikan nilai resistor yang beredar di pasaran maka R_2 yang terpasang adalah 3.3 k Ω . Gambar rangkaian pengkondisi sinyal hasil perancangan dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5. Rangkaian Pengkondisi Sinyal

4.4.6. Perancangan Sistem Mikrokontroler

Sistem mikrokontroler ATmega8L berfungsi sebagai pengatur aliran data dan sinyal-sinyal kontrol dengan memanfaatkan port-port yang telah tersedia. Periperil penting yang dipakai pada perancangan alat ini adalah ADC yang ada pada ATmega8L. Gambar 4.6 menunjukkan sistem rangkaian mikrokontroler ATmega8L yang akan diantarmukakan dengan rangkaian sensor, modul LCD dan periperil pendukung yang lain.



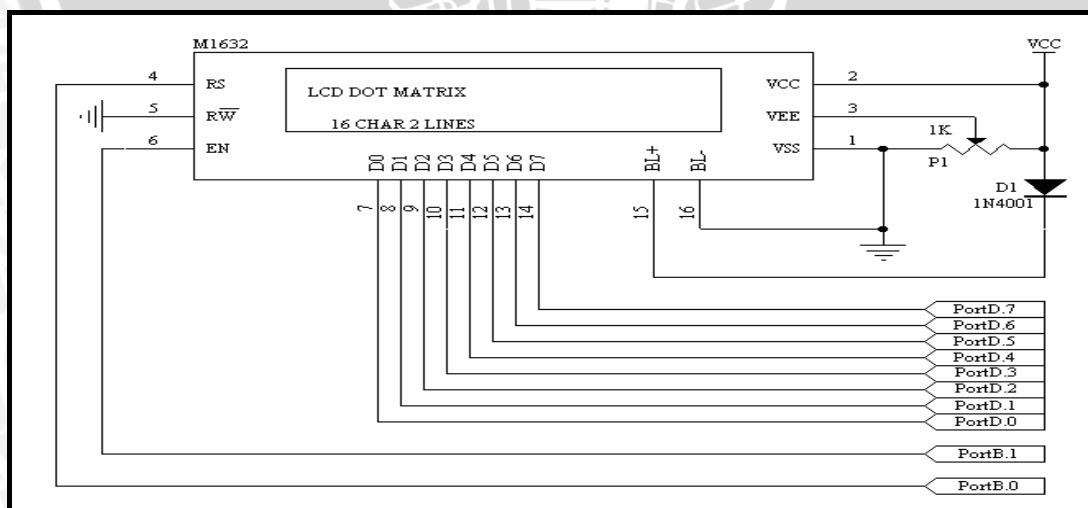
Gambar 4.6 Rangkaian Sistem Mikrokontroler ATmega8L

Untuk memanfaatkan periperhal ADC pada ATmega8L maka sistem mikrokontroler ATmega8L ini perlu dihubungkan dengan sebuah kapasitor sebesar $1\ \mu F$ pada kaki 21 pin AREF. Dalam perancangan alat ini kami memanfaatkan kristal internal sebesar 1 MHz serta tegangan referensi internal sebesar 2,56 V sebagai tegangan referensi ADC. Dalam sistem mikrokontroler ini direncanakan penggunaan port yang tersedia sebagai berikut:

1. Port D sebagai jalur data untuk modul LCD 2×16 .
2. Port B0 dan B1 sebagai jalur kontrol modul LCD 2×16 .
3. Port C0 (ADC0) sebagai jalur masukan dari rangkaian pengkondisi sinyal (sensor).

4.4.7. Perancangan Rangkaian Antarmuka LCD

Sebagai unit masukan dan keluaran sistem mikrokontroler, port B digunakan sebagai jalur data bagi modul penampil LCD 2×16 . Sedangkan sebagai sinyal-sinyal kontrol untuk modul LCD, 2 buah pin dari port B yaitu port B0 dan port B1 masing-masing dimanfaatkan sebagai jalur kontrol RS dan EN, sedangkan kontrol R/W pada LCD diberi kondisi logika nol karena LCD hanya dioperasikan untuk mode menulis saja. Dengan mengubah nilai VEE menggunakan potensiometer P1 akan diperoleh tingkat kecerahan yang berbeda pada tampilan LCD. Dioda D1 dipasang antara VCC dan terminal BL+ untuk mencatu lampu latar tampilan LCD pada tegangan 4,3 V. Rangkaian antarmuka modul LCD 2×16 ditunjukkan seperti pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Rangkaian Antarmuka Modul LCD 2×16

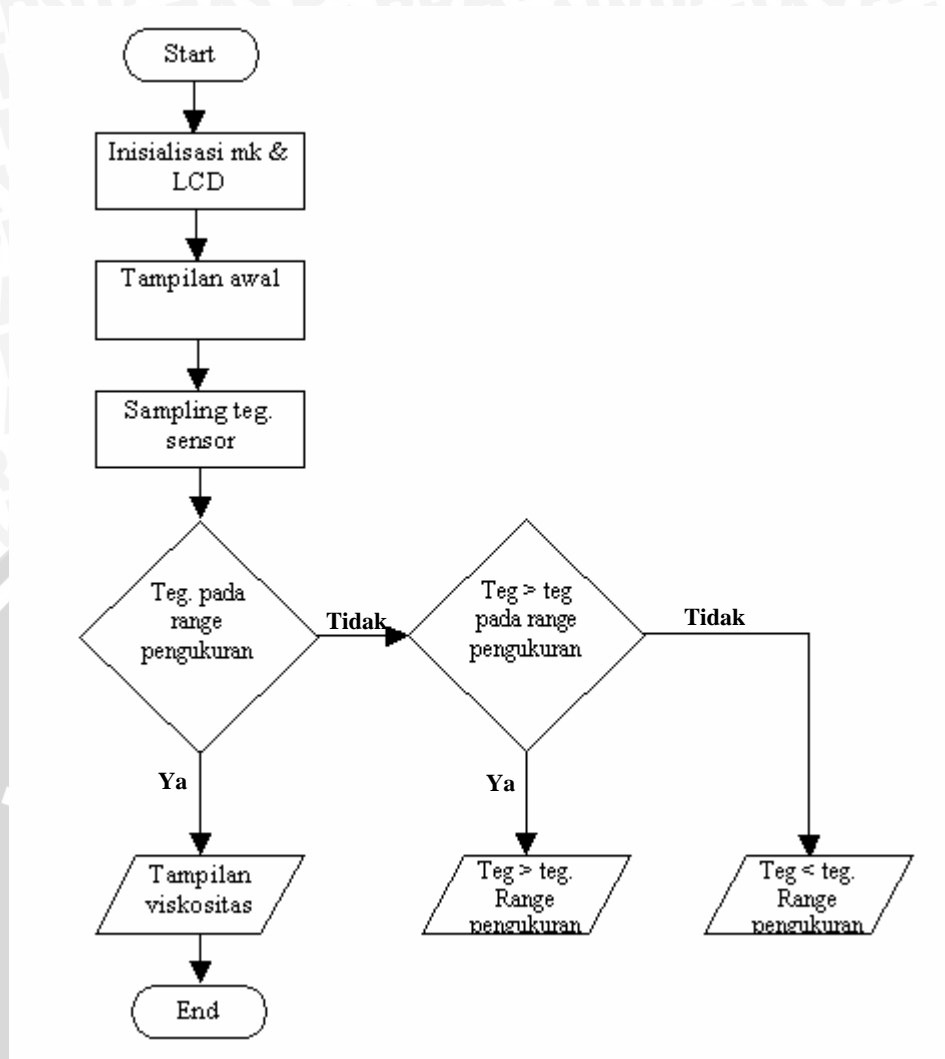
Sumber: Datasheet

4.5. Perancangan Perangkat Lunak

4.5.1. Perangkat Lunak Program Utama

Perangkat lunak yang dirancang dengan bahasa *assembly* harus sesuai dengan ketentuan yang ada pada mikrokontroler Atmega8L yang merupakan komponen utama pengolah data pada sistem yang direncanakan. Pada program utama yang pertama kali dilakukan adalah melakukan inisialisasi mikrokontroler dan LCD. Tampilan awal LCD adalah memunculkan nama dan NIM penulis dalam beberapa detik kemudian baru menampilkan nilai viskositas yang diinginkan. Tahapan yang dilalui sebelum menampilkan nilai viskositas ke dalam layar adalah melakukan sampling tegangan sensor. Apabila tegangan yang disampling berada pada *range* pengukuran maka nilai viskositas akan langsung ditampilkan. Apabila tidak sesuai, maka program akan mendeteksi apakah tegangan yang diukur lebih besar atau lebih kecil dari tegangan *range* pengukuran dan menampilkannya ke dalam LCD. Berikut gambar dari diagram alir program utama.



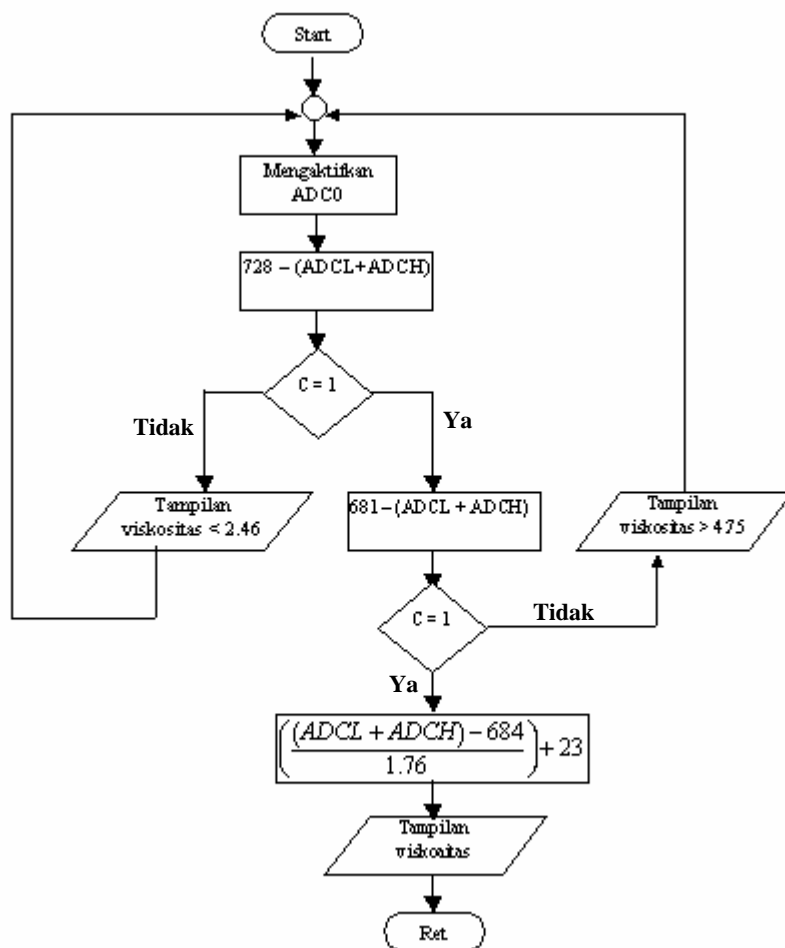


Gambar 4.8. *flowchart* (diagram alir) program utama

4.5.2. Perangkat Lunak Subrutin Sampling Tegangan Sensor

ADC0 yang telah diinisialisasi menjadi pin dengan impedansi tinggi sehingga dapat berfungsi seperti rangkaian *buffer* yang akan menerima tegangan sensor yang berasal dari rangkaian pengkondisi sinyal. Periperal ADC dengan resolusi 2,5 mV akan dimanfaatkan untuk mengubah besaran analog yang berupa tegangan 0 V - 2,56 V dari rangkaian pengkondisi sinyal menjadi data digital yang disimpan pada ADCL dan ADCH. Data pada *register* ADCL dan ADCH kemudian dikopikan ke *register* tertentu (*register* yang bernama *rsensor* dan *rsensor_1*) sehingga *register* ADCL dan ADCH dapat digunakan untuk operasi yang lainnya. Data pada *rsensor* dan *rsensor_1* kemudian dibandingkan dengan data pada *register* pembanding range tegangan sensor untuk mendapatkan informasi apakah tegangan sesor yang telah disampling berada pada range pengukuran kadar air. Apabila data pada *rsensor* dan *rsensor_1* dibandingkan dengan *register* pembanding sampling tegangan sensor menghasilkan informasi bahwa

tegangan yang telah disampling berada diluar range tegangan pengukuran maka program akan menampilkan informasi pada LCD tentang hasil perbandingan ini. Apabila dari hasil perbandingan menghasilkan informasi bahwa tegangan yang telah disampling berada pada range pengukuran maka data akan diolah menjadi nilai viskositas pelumas dengan menggunakan persamaan tertentu. *Flowchart* subrutin sampling tegangan sensor ditunjukkan pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9. *Flowchart* Subrutin Sampling Tegangan Sensor

BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISIS ALAT

Bab ini membahas tentang pengujian dan analisis perangkat keras dan perangkat lunak alat pengukur viskositas minyak pelumas dengan sensor ultrasonik Tujuan pengujian sistem adalah untuk menentukan apakah alat yang dibuat telah berfungsi dengan baik dan sesuai dengan perancangan Pengujian dilakukan dengan cara menguji rangkaian setiap blok secara terpisah. Pengujian setiap blok ini dilakukan untuk mempermudah analisa apabila sistem ini tidak bekerja sesuai perancangan.

Dalam pelaksanaan pengujian dilakukan dengan dua cara yaitu secara perangkat keras dan perangkat lunak. Pengujian perangkat lunak, pengujian dilakukan melalui pembuatan program uji, untuk rangkaian yang diuji dan hasilnya diamati dengan bantuan alat peraga (berupa LED) atau melalui alat ukur. Secara perangkat keras, pengujian dilakukan melalui pemeriksaan sambungan pengawatan dan pengukuran dengan alat-alat ukur.

Pengujian perangkat keras meliputi pengujian masing-masing blok diagram sebagai berikut:

1. Pengujian *astabil multivibrator*
2. Pengujian transduser ultrasonik
3. Pengujian rangkaian penguat
4. Pengujian rangkaian penyearah setengah gelombang
5. Pengujian filter input kapasitor
6. pengujian rangkaian penguat diferensial
7. Pengujian LCD
8. Pengujian sistem secara keseluruhan

5.1. Pengujian Multibrator Astabil

5.1.1. Tujuan

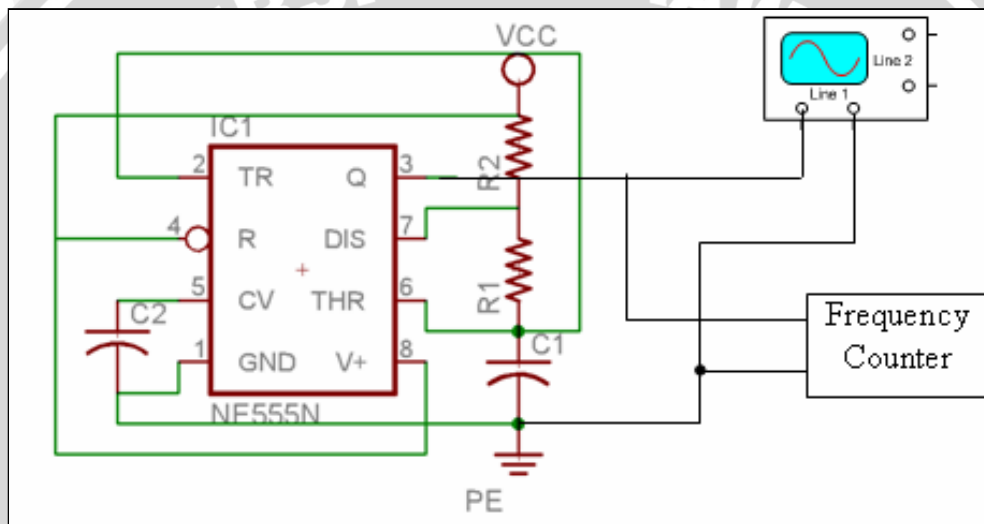
Tujuan dari pengujian multivibrator astabil adalah untuk mengetahui apakah rangkaian multivibrator astabil yang dirancang telah dapat membangkitkan gelombang dengan frekuensi 40 kHz dan untuk mengetahui bentuk gelombang yang dihasilkan oleh rangkaian multivibrator astabil.

5.1.2. Peralatan yang diperlukan

1. *Frequency counter* Kikusui Electronics model 255, 1M Ω ; 10 Hz – 150 Hz.
2. *Oscilloscope* HAMEG HM 203-7
3. Rangkaian Multivibrator astabil
4. Sumber tegangan DC 5 Volt

5.1.3. Prosedur Pengujian

1. Membuat rangkaian pengujian seperti Gambar 5.1. berikut.
2. *Oscilloscope* diset pada 2V/div dan 10 μ dt/div
3. Mengamati keluaran yang diperoleh.



Gambar 5.1. Rangkaian pengujian multivibrator astabil

5.1.4. Hasil Pengujian dan Analisis

Dari pengujian rangkaian multivibrator astabil, diperoleh informasi bahwa rangkaian multivibrator astabil telah dapat membangkitkan sinyal kotak dengan frekuensi 39.89 kHz. sehingga dapat digunakan sebagai pembangkit gelombang ultrasonik. Perbedaan nilai frekuensi antara perancangan dengan pembuatan disebabkan oleh adanya ketidak idealan komponen yang beredar di pasaran sehingga menjadikan nilai komponen perancangan tidak sesuai dengan nilai komponen yang beredar di pasaran. Akan tetapi perbedaan tersebut tidaklah berarti karena terlalu kecil sehingga rangkaian multivibrator astabil tetap dapat digunakan sebagai pembangkit gelombang ultrasonik. Bentuk sinyal dan nilai frekuensi yang dihasilkan oleh rangkaian ditunjukkan dalam Gambar 5.2.



Volt/div = 2V/div

Time/div = 10 μ dt/div

Gambar 5.2. Bentuk sinyal dan frekuensi yang dihasilkan oleh multivibrator astabil

5.2. Pengujian Transduser Ultrasonik

5.2.1. Tujuan

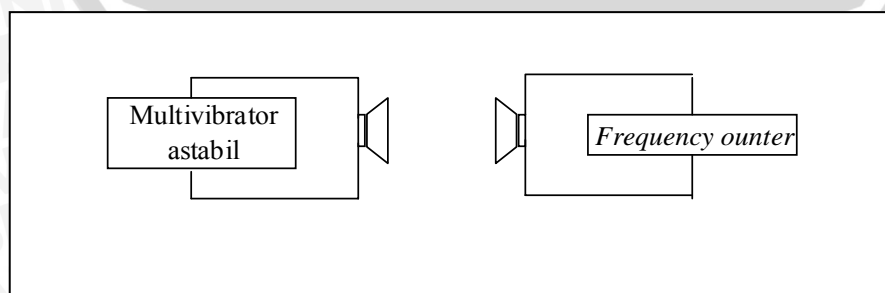
Tujuan dari pengujian transduser ultrasonik adalah untuk mengetahui apakah transduser ultrasonik dapat berfungsi sebagai pemancar dan penerima gelombang ultrasonik.

5.2.2. Peralatan yang diperlukan

1. Multivibrator astabil
2. *Frequency counter* Kikusui Electronics model 255, 1M Ω ; 10 Hz – 150 Hz.
3. Transduser ultrasonik
4. Sumber tegangan DC 5 Volt.

5.2.3. Prosedur Pengujian

1. Membuat rangkaian pengujian seperti dalam Gambar 5.3.
2. Multivibrator astabil diset pada frekuensi 40 kHz
3. Mengamati keluaran yang diperoleh



Gambar 5.3. Rangkaian pengujian transduser ultrasonik

5.2.4. Hasil Pengujian dan Analisis

Dari pengujian transduser ultrasonik dapat diketahui bahwa transduser ultrasonik dapat bekerja sebagai pemancar ataupun penerima gelombang ultrasonik sesuai yang diharapkan. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 5.4



Gambar 5.4. Nilai frekuensi yang diterima oleh transduser ultrasonik

5.3. Pengujian Penguat

5.3.1. Tujuan

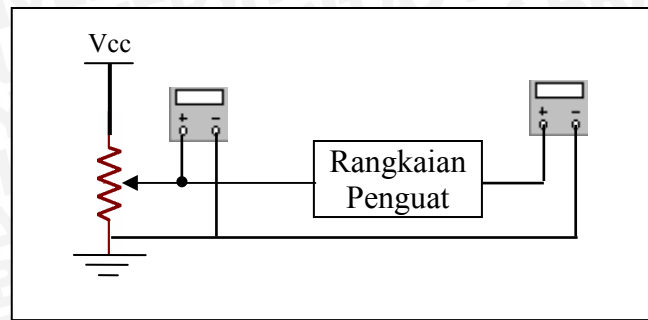
Untuk mengetahui penguatan yang dihasilkan oleh rangkaian penguat.

5.3.2. Peralatan yang diperlukan

1. Rangkaian penguat pembalik.
2. Potensiometer 1 k Ω .
3. Voltmeter Digital
4. Sumber tegangan DC 5 Volt.

5.3.3. Prosedur Pengujian

1. Membuat rangkaian pengujian seperti dalam Gambar 5.5.
2. Mengaktifkan catu daya rangkaian
3. Mengamati dan mencatat hasil yang ditunjukkan oleh voltmeter



Gambar 5.5. Rangkaian pengujian penguat

5.3.4. Hasil Pengujian dan Analisis

Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 5.1. Untuk mengetahui besar kesalahan dari rangkaian penguat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Error}(\%) = \left| \frac{V_{\text{HasilPengujian}} - V_{\text{HasilPerhitungan}}}{V_{\text{HasilPerhitungan}}} \right| \times 100\%$$

Sebagai contoh, pada percobaan pertama, tegangan masukan rangkaian penguat yang terbaca pada voltmeter adalah 5 mV dan tegangan keluaran rata-rata rangkaian penguat dari tiga kali pembacaan voltmeter adalah 56.00 mV. Berdasarkan perhitungan, jika tegangan masukan rangkaian penguat sebesar 5 mV maka tegangan keluaran rangkaian penguat adalah 50 mV. Dengan demikian penyimpangan kesalahan yang terjadi adalah:

$$\text{Error}(\%) = \left| \frac{56 - 50}{50} \right| \times 100\%$$

$$\text{Error}(\%) = 12.00 \%$$

Kesalahan yang terjadi diakibatkan oleh banyak faktor diantaranya adalah adanya ketidak idealan nilai komponen yang ada di pasaran atau bisa juga diakibatkan oleh adanya hambatan dalam pengkawatan dan penyolderan yang tidak diperhitungkan ketika perancangan. Adanya kesalahan tersebut membuat kehandalan rangkaian ini tidak seperti yang diharapkan akan tetapi tidak menghalangi penggunaan rangkaian ini ke dalam sistem yang direncanakan karena kesalahan yang didapat masih dalam batas toleransi.

Dari hasil pengujian rangkaian penguat ini dapat disimpulkan bahwa rangkaian penguat dapat bekerja dengan relatif baik.

Tabel 5.1. Hasil Pengujian dan Analisis Rangkaian Penguat Tegangan

NO	V_{in} (mV)	V_{out} Pengukuran (mV)				V_{out} Perhitungan (mV)	Prosentase Kesalahan (%)
		I	II	III	Rata-rata		
1	5	50.8	58	59.2	56.00	50	12.00
2	10	102.1	107.3	114.2	107.87	100	7.87
3	15	169.3	152.5	167	162.93	158	3.12
4	20	220	204	213	212.33	209	1.59
5	25	263	264	253	260.00	252	3.17
6	31	325	322	303	316.67	313	1.17
7	35	360	363	362	361.67	350	3.33
8	40	408	425	420	417.67	400	4.42
9	45	461	467	465	464.33	451	2.96
10	50	509	517	518	514.67	500	2.93
Kesalahan Rata-rata							4.26

5.4. Pengujian Rangkaian Penyearah Setengah Gelombang

5.4.1. Tujuan

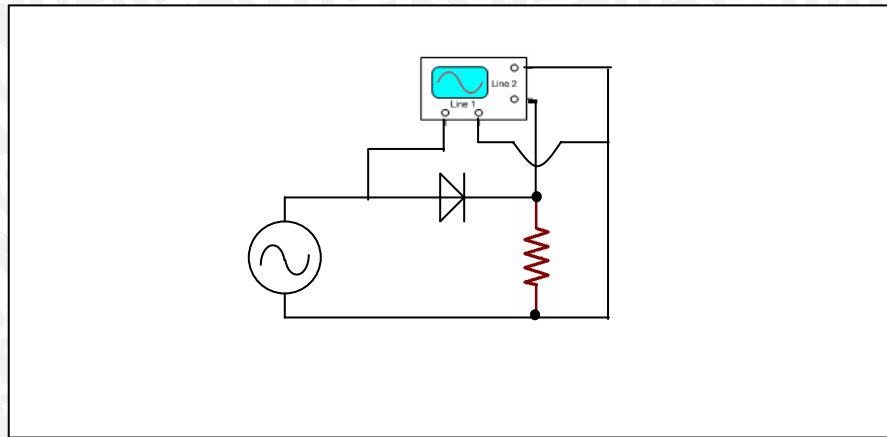
Untuk mengetahui bentuk sinyal yang akan disesuaikan taraf tegangannya.

5.4.2. Peralatan yang diperlukan

1. Rangkaian Penyearah gelombang (dioda)
2. *Oscilloscope* HAMEG HM 203-7
3. Sumber tegangan AC 5 V

5.4.3. Prosedur Pengujian

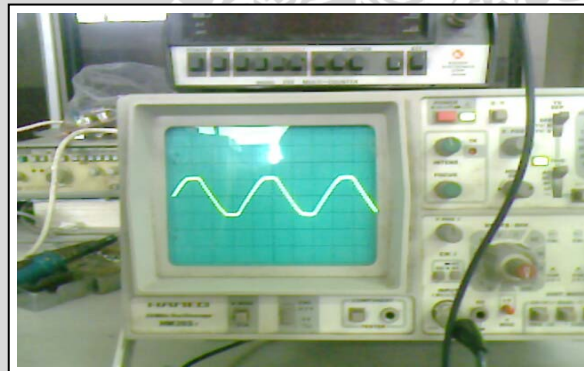
1. Membuat rangkaian pengujian seperti Gambar 5.6.
2. *Oscilloscope* diset pada 5V/div dan 5 mdt/div
3. Mengamati sinyal keluaran yang ditunjukkan oleh *oscilloscope*



Gambar 5.6. Rangkaian Pengujian Penyearah

5.4.4. Hasil Pengujian dan Analisis

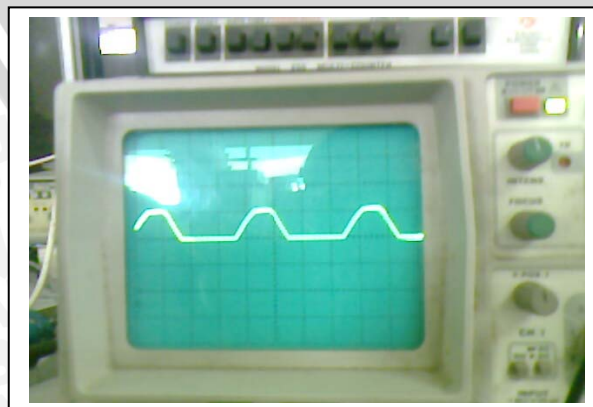
Dari hasil pengujian rangkaian penyearah gelombang dapat diketahui bahwa rangkaian penyearah gelombang yang diuji telah dapat bekerja sesuai yang diharapkan. Adapun bentuk sinyal masukan dan keluaran rangkaian penyearah gelombang ditunjukkan oleh Gambar 5.7 dan Gambar 5.8.



Volt/div = 5V/div

Time/div = 5 mdt/div

Gambar 5.7. Bentuk sinyal masukan rangkaian penyearah setengah gelombang



Volt/div = 5V/div

Time/div = 5 mdt/div

Gambar 5.8. Bentuk sinyal keluaran rangkaian penyearah setengah gelombang

5.5. Pengujian Filter Input Kapasitor

5.5.1. Tujuan

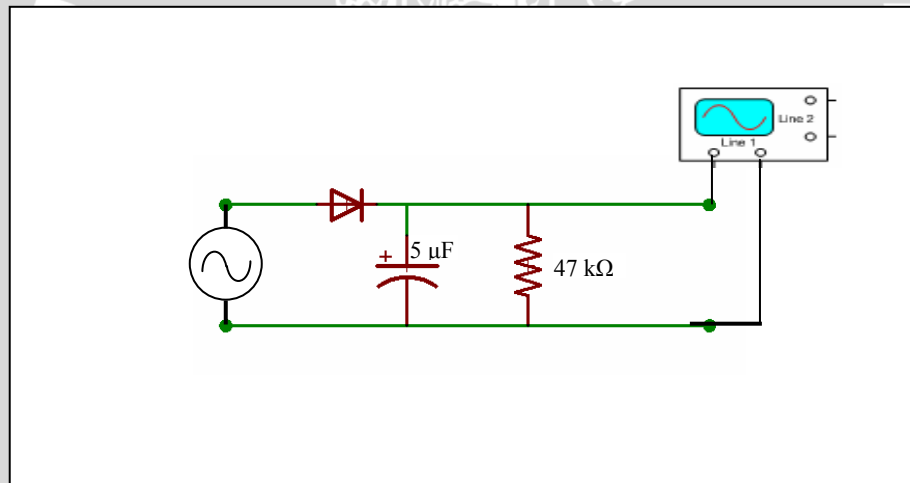
Untuk mengetahui bentuk sinyal yang akan disesuaikan taraf tegangannya

5.5.2. Peralatan yang diperlukan

1. Rangkaian Penyearah gelombang dan filter input kapasitor
2. *Oscilloscope* HAMEG HM 203-7
3. Tegangan keluaran dari rangkaian penyearah

5.5.3. Prosedur Pengujian

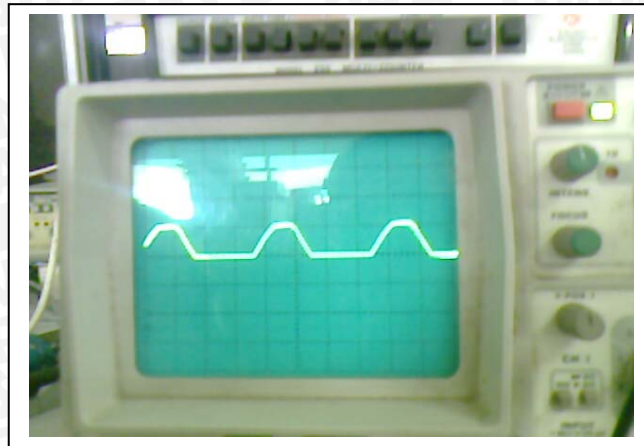
1. Membuat rangkaian pengujian seperti Gambar 5.9.
2. *Oscilloscope* diset pada 5V/div dan 5 mdt/div
3. Mengamati sinyal keluaran yang ditunjukkan oleh *oscilloscope*



Gambar 5.9. Rangkaian pengujian filter input kapasitor

5.5.4. Hasil Pengujian dan Analisis

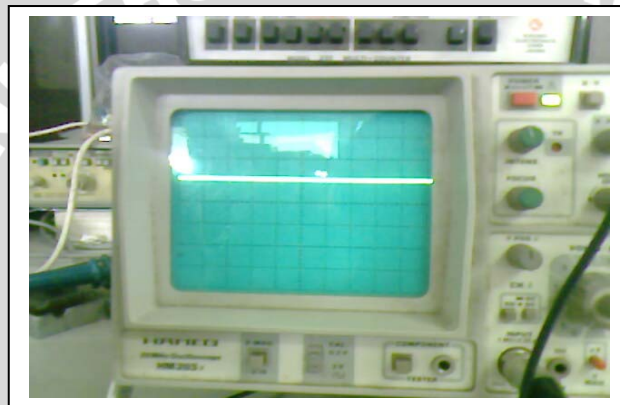
Dari hasil pengujian rangkaian penyearah gelombang dapat diketahui bahwa rangkaian penyearah gelombang yang diuji telah dapat bekerja sesuai yang diharapkan. Adapun bentuk sinyal masukan dan keluaran rangkaian penyearah gelombang ditunjukkan oleh Gambar 5.10 dan Gambar 5.11.



Volt/div = 5V/div

Time/div = 5 mdt/div

Gambar 5.10. Bentuk sinyal masukan filter input kapasitor



Volt/div = 5V/div

Time/div = 5 mdt/div

Gambar 5.11. Bentuk sinyal keluaran filter input kapasitor

5.6. Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal

5.6.1. Tujuan

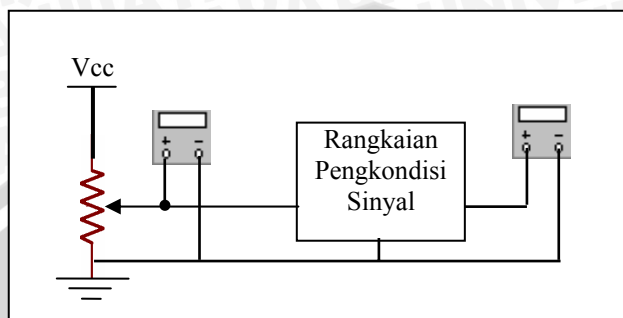
Untuk mengetahui respon sinyal keluaran penguat diferensial terhadap sinyal masukan dan kesalahan rata-rata rangkaian yang diuji.

5.6.2. Peralatan yang diperlukan

1. Rangkaian penguat diferensial
2. Voltmeter digital
3. Potensiometer 1 k Ω
4. Sumber tegangan DC 5 Volt

5.6.3. Prosedur Pengujian

1. Membuat rangkaian pengujian seperti dalam Gambar 5.12
2. Mengaktifkan catu daya rangkaian
3. Mengamati dan mencatat hasil yang ditunjukkan oleh voltmeter.
4. Mengubah-ubah nilai impedansi masukan dengan mengatur potensiometer.



Gambar 5.12. Rangkaian pengujian rangkaian pengkondisi sinyal

5.6.4. Hasil Pengujian dan Analisis

Hasil pengujian rangkaian pengkondisi sinyal dapat dilihat pada tabel 5.2.

Tabel 5.2. Hasil Pengujian dan Analisis Rangkaian Pengkondisi sinyal

NO	V_{in} (V)	V_{out} Pengukuran (V)				V_{out} Perhitungan (V)	Kesalahan (%)
		I	II	III	Rata-rata		
1	0.1	0.30	0.30	0.29	0.30	0.33	10.10
2	0.15	0.51	0.53	0.52	0.52	0.50	5.05
3	0.2	0.64	0.54	0.65	0.61	0.66	7.58
4	0.25	0.87	0.87	0.85	0.86	0.83	4.65
5	0.3	1.02	0.99	0.99	1.00	0.99	1.01
6	0.35	1.16	1.20	1.17	1.18	1.16	1.88
7	0.4	1.27	1.25	1.29	1.27	1.32	3.79
8	0.45	1.54	1.54	1.57	1.55	1.49	4.38
9	0.5	1.71	1.68	1.71	1.70	1.65	3.03
Kesalahan Rata-rata							4.61

Terdapat kesalahan dalam komponen hasil perancangan. Hali ini bisa diakibatkan oleh banyak faktor diantaranya adalah adanya ketidak idealan nilai komponen yang ada di pasaran atau adanya hambatan dalam pengkawatan dan penyolderan yang tidak diperhitungkan ketika perancangan. Bisa juga diakibatkan adanya kesalahan dalam melakukan percobaan seperti kesalahan dalam pembacaan data dan kesalaahan dalam mengkondisikan peralatan percobaan. Adanya kesalahan tersebut membuat kehandalan rangkaian ini tidak seperti yang diharapkan akan tetapi tidak menghalangi penggunaan rangkaian ini ke dalam sistem yang direncanakan karena kesalahan yang didapat masih dalam batas toleransi.

Dari hasil pengujian rangkaian penguat diferensial atau rangkaian pengkondisi sinyal dapat diketahui bahwa rangkaian ini telah bekerja sesuai yang diharapkan

5.7. Pengujian LCD

5.7.1. Tujuan

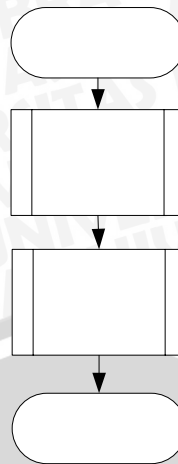
Pengujian terhadap LCD (*Liquid Crystal Display*) dilakukan untuk memeriksa apakah terdapat kesalahan dalam perangkat lunak yang sudah disusun untuk menangani penampil teks dan untuk mengetahui apakah kondisi penampil teks berupa LCD (*Liquid Crystal Display*) sudah bekerja sesuai dengan perancangan. Pengujian dilakukan dengan cara membuat program untuk menampilkan teks ke LCD (*Liquid Crystal Display*)

5.7.2. Peralatan yang diperlukan

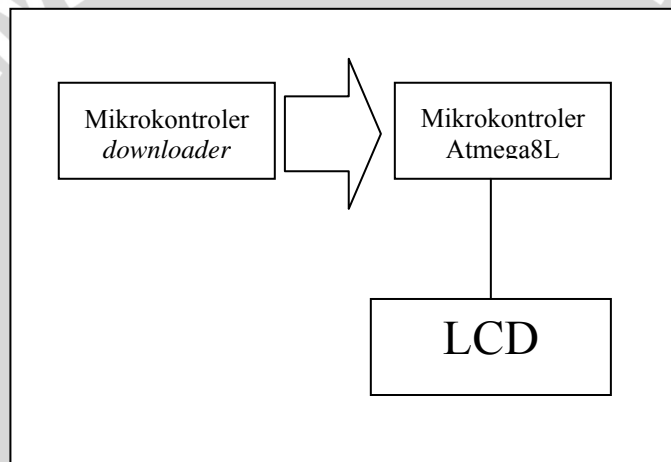
1. Rangkaian unit mikrokontroler.
2. LCD (*Liquid Crystal Display*)
3. Mikrokontroler *downloader*

5.7.3. Prosedur Pengujian

1. Membuat perangkat lunak dengan diagram alir seperti dalam Gambar 5.13, melakukan *compiling*, dan mengisikan ke ATmega8L lewat Mikrokontroler *downloader*.
2. Mengatur rangkaian seperti terlihat dalam Gambar 5.14
3. Menghidupkan catu daya
4. Mengamati hasil simulasi



Gambar 5.13 Diagram Alir Perangkat Lunak untuk Pengujian LCD



Gambar 5.14 Rangkaian Pengujian LCD (*Liquid Crystal Display*)

5.7.4. Hasil Pengujian dan Analisis

Dari hasil pengujian dapat dianalisis bahwa rangkaian LCD (*Liquid Crystal Display*) yang dirancang dapat menampilkan teks sesuai dengan yang diinginkan dan dapat bekerja dengan baik. Lihat Gambar 5.15



Gambar 5.15. Tampilan pada percobaan pengujian LCD

5.8. Pengujian Sistem Keseluruhan

5.8.1. Tujuan

Untuk mengetahui apakah sistem yang dibuat telah bekerja sesuai spesifikasi yang diinginkan.

5.8.2. Peralatan yang diperlukan

Keseluruhan alat pengukur viskositas pelumas dan termometer ruang.

5.8.3. Prosedur Pengujian

1. Menyiapkan pelumas yang telah diketahui viskositasnya untuk dijadikan sebagai bahan penelitian.
2. Mengamati suhu ruang dan memulai pengukuran ketika suhu ruang menunjukkan suhu 22 °C
3. Mengukur viskositas pelumas dengan alat yang telah dibuat.
4. Mengamati dan mencatat besaran viskositas yang ditunjukkan dan membandingkan dengan viskositas referensi.

5.8.4. Hasil Pengujian dan Analisis

Hasil pengujian dapat dilihat dalam Tabel 5.3.

Berdasarkan pengujian keseluruhan sistem dapat diketahui bahwa alat pengukur viskositas pelumas dengan sensor ultrasonik dapat bekerja dengan relatif baik.

BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Dari perancangan, pembuatan, dan pengujian pembuatan alat pengukur viskositas minyak pelumas dengan sensor ultrasonik dapat dirumuskan kesimpulan sebagai berikut :

1. Multivibrator astabil yang dibuat telah dapat membangkitkan sinyal ultrasonik dengan frekuensi 40kHz.
2. Dengan menggunakan metode pemancaran dan pemantulan gelombang ultrasonik dapat diketahui bahwa viskositas pelumas dengan jenis Mesrania 2T SAE 20 adalah sebesar 2.66 cSt, Mesrania 2T OB SAE 30 sebesar 2.97 cSt, Mesran SAE 40 sebesar 4.68 cSt, dan Mesran SAE 20W-50 adalah sebesar 5.05 cSt..
3. Viskositas sangat erat kaitannya dengan suhu. Apabila suhu meningkat maka viskositas menjadi turun dan sebaliknya.
4. *Software* yang dibuat telah dapat digunakan untuk menampilkan hasil pengukuran ke *Liquid Crystal Display* (LCD).

6.2 Saran

Walaupun dari hasil pengujian dan analisa terhadap performansi alat suah mencapai keadaan yang diharapkan namun masih banyak perbaikan atau pengembangan yang dapat kita dilakukan untuk meningkatkan pperformansi alat. Beberapa saran yang kiranya dapat meningkatkan performansi alat antara lain:

1. Disertakan juga indikator suhu karena besarnya nilai viskositas sangat dipengaruhi oleh suhu.
2. Contoh pelumas diperbanyak agar data yang didapat lebih variatif.
3. Diujikan pada jenis cairan yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- , 1999. *“National Application Specific Analog Products”*. California: National Semiconductor Corp.
- Coughlin, F Robert dan Driscoll Frederick F. 1982. *“Penguat operational dan rangkaian terpadu linier”*. Terjemahan Herman Widodo Soemitro. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Giancoli, Douglas C. 1998. *“Physics Fifth Edition”*. Terjemahan Yuhilza Hanum. Surabaya: Penerbit Erlangga
- Kane dan Sternheim. 1988. *“Physics”*. Terjemahan Pantur Silaban dan Jorga Ibrahim. Bandung: Penerbit ITB
- Malvino, Albert Paul. 1996. *“Electronic Principles, 2nd Edition”*. Terjemahan Hanafi Gunawan. Surabaya: Penerbit Erlangga.
- Mismail, Budiono. 1997. *“Rangkaian Listrik II”*. Bandung, Penerbit ITB.
- Sears, Francis Weston dan Zemansky, Mark W. 1962. *“University Physics”*. Massachusetts: Addisons-Wesley Publishing Company
- Sitompul, Stephanus Sahala. 2005. *“Pengendalian Hama Belalang Kembara (Locusta Migratoria) dengan Menggunakan Gelombang Ultrasonic di Kalimantan Barat”*. Disertasi Tidak diterbitkan. Surabaya: Program Pasca Sarjana Universitas Airlangga, 2005.
- Sutrisno. 1984. *“Seri Fisika Dasar, Gelombang dan Optik”*. Cetakan tiga. Bandung: Penerbit ITB.
- Wartawan, Anton L. 1983. *“Minyak Pelumas, Pengetahuan Dasar dan Cara Penggunaan”*. Jakarta: Gramedia.