

BAB III

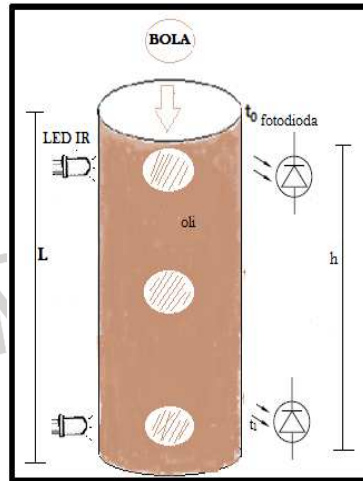
METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

3.1.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimental. Metode eksperimen terdiri dari penentuan metode pengukuran viskositas, perancangan alat, realisasi alat dan pengujian alat ukur yang telah dirancang, kemudian dilakukan pengukuran viskositas terhadap perubahan suhu. Hasil pengukuran kemudian dianalisis untuk menjawab permasalahan pada penelitian.

Pada langkah ini ditentukan metode dasar pengukuran yang akan digunakan pada pengukuran viskositas dan kajian pengaruh suhu terhadap viskositas. Langkah ini termasuk pula kajian pustaka untuk menentukan variabel yang akan diukur, kajian terhadap perancangan alat, dan hal-hal yang berkaitan dengan konsep hubungan suhu terhadap viskositas dan pengukuran viskositas. Pemilihan metode pengukuran berkaitan dengan sensor yang digunakan beserta spesifikasi sensor. Untuk pengukuran dengan memanfaatkan fotodiode, digunakan metode yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Metode dasar pengukuran viskositas

Sensor dipasang di dua tempat, demikian pula Led inframerah. Untuk pemanasan oli, dilakukan secara manual dengan pemanas, begitu pula dengan pengukuran suhu oli akan digunakan termometer manual yaitu termometer alkohol. Pada perhitungan viskositas oli, didasarkan pada persamaan hukum *Stokes*:

$$\eta = \frac{2r^2 g (\rho_{bola} - \rho_{fluida})}{9h} t \quad (3.1)$$

Variabel yang dihitung pada pengukuran ialah variabel t (waktu). Waktu t yang dihitung adalah waktu yang dibutuhkan bola untuk menempuh sejauh h (h yang dibuat konstan). Untuk menghitung viskositas minyak pelumas, persamaan yang digunakan adalah persamaan (3.1), maka persamaan yang akan diunduh ke mikrokontroler adalah persamaan tersebut. Waktu tempuh dihitung dengan memanfaatkan

karakteristik sensor yaitu dengan prinsip perubahan intensitas cahaya yang diindera oleh fotodioda saat bola memotong sinar inframerah. Perubahan ini menjadi sinyal yang akan dibaca oleh mikrokontroler sebagai waktu tempuh bola sepanjang lintasan h . sinyal perubahan tegangan yang telah dikondisikan dengan komparator, akan mengaktifkan *timer* pada mikrokontroler sehingga mikrokontroler dapat menghitung waktu tempuh bola tersebut dan menghitung nilai viskositas.

Penentuan titik dimana bola bergerak secara konstan dilakukan dengan melihat aliran pada tabung, yaitu harus bersifat laminar. Sebuah bola padat memiliki rapat massa ρ_b dan berjari-jari r dijatuhkan tanpa kecepatan awal ke dalam fluida kental memiliki rapat massa ρ_f di mana $\rho_b > \rho_f$. Bola mula-mula mendapat percepatan gravitasi, namun beberapa saat setelah bergerak cukup jauh bola akan bergerak dengan kecepatan konstan diakibatkan oleh keseimbangan gaya yang bekerja pada bola. Sensor diletakkan di kedua tempat dengan jarak yang cukup jauh dikarenakan tidak dapatnya ditentukan secara pasti dimana titik saat bola mulai bergerak dengan kecepatan konstan, sehingga penempatan sensor dapat mengantisipasi hal tersebut.

3.1.2. Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras terdiri dari perangkat penunjang penelitian yang berbentuk fisik antara lain alat-alat instrumentasi dan komponen-

komponen elektronika yang dibutuhkan untuk perancangan alat, sedangkan instrumen perangkat lunak terdiri dari *software* pendukung seperti *compiler* untuk mikrokontroler dan *software* untuk perangkaian alat.

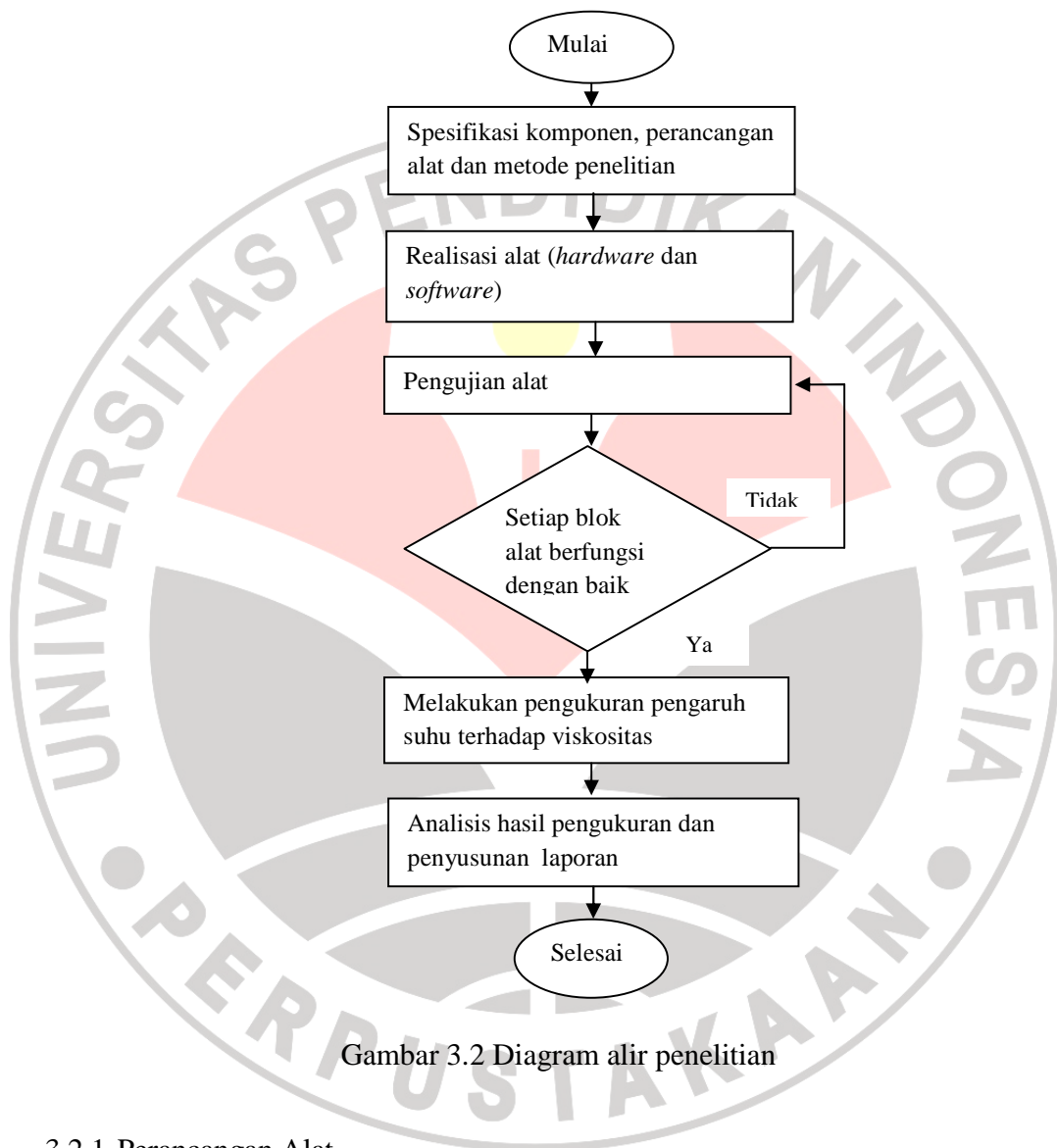
3.1.3. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di tempat tinggal penulis di Jalan Geger Arum I No. 76, Bandung. Penelitian dilakukan dimulai dari bulan April 2011 sampai dengan Oktober 2011 termasuk didalamnya dilakukan perancangan alat, pengujian alat, pengambilan data dan analisis hasil penelitian.

3.2 Prosedur Penelitian

Pada penelitian ini, prosedur yang dilakukan adalah dimulai dengan menentukan metode pengukuran yang akan digunakan untuk mengetahui hubungan suhu dengan viskositas minyak pelumas. Kemudian menentukan sampel oli yang akan diuji, pada langkah ini juga termasuk spesifikasi komponen-komponen yang akan digunakan, menentukan alat dan bahan, dan mendesain bentuk *hardware* dan *software* yang digunakan dalam penelitian. Realisasi alat dilakukan kemudian dan diadakan pengujian terhadap alat yang telah dibuat. Jika alat bekerja dengan baik, maka alat digunakan untuk mengukur viskositas sampel oli yang telah dipilih dan ditentukan keakurasian dan presisinya. Agar penelitian

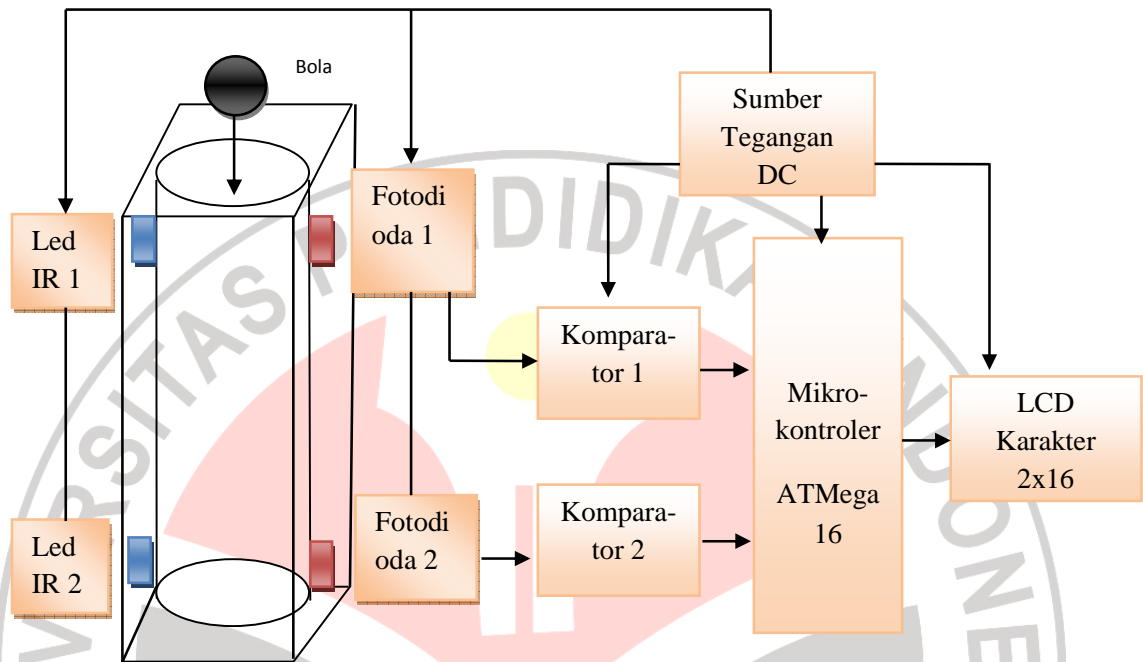
yang dilakukan lebih terstruktur, langkah-langkah penelitian diringkas pada diagram alir berikut:



Gambar 3.2 Diagram alir penelitian

3.2.1 Perancangan Alat

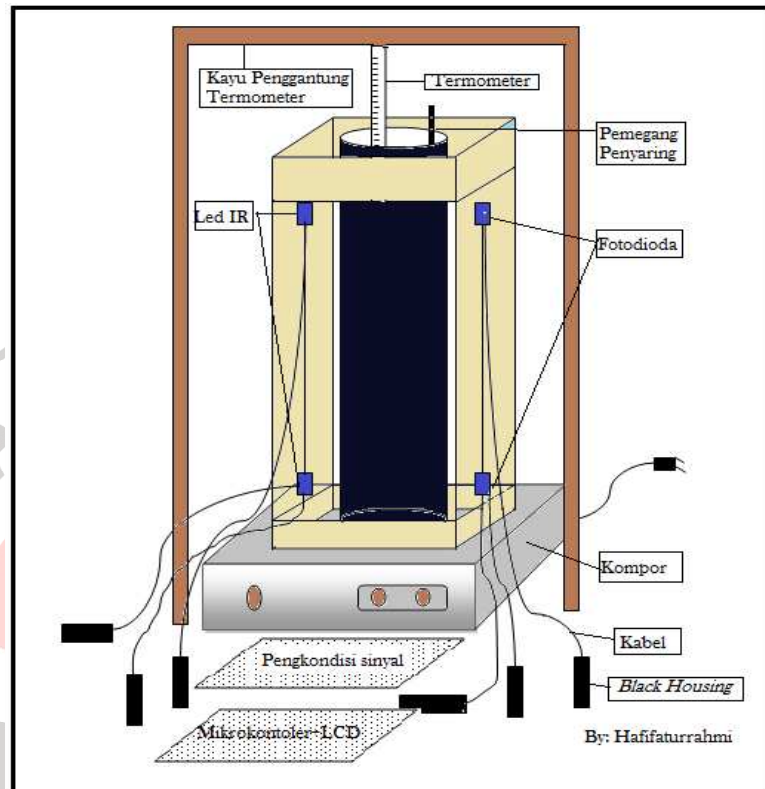
Perancangan alat terdiri dari perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perancangan perangkat lunak (*software*). Diagram blok perancangan alat secara keseluruhan dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 3.3 Diagram blok perancangan alat

3.2.1.1. Hardware

Desain *hardware* yang telah dibuat ditunjukkan pada Gambar 3.4. Untuk sistem secara lengkap yaitu pemasangan fotodioda, Led IR, letak termometer analog, letak tabung berisi minyak pelumas yang akan di ukur viskositasnya, letak pemanas berupa kompor listrik serta kebel-kabel penghubung antara Led IR, fotodioda dengan blok selanjutnya yaitu komparator dan mikrokontroler.



Gambar 3.4 Desain *hardware*

Untuk penjelasan diagram blok perancangan alat dapat dijabarkan pada bagian selanjutnya.

- Sumber Tegangan DC

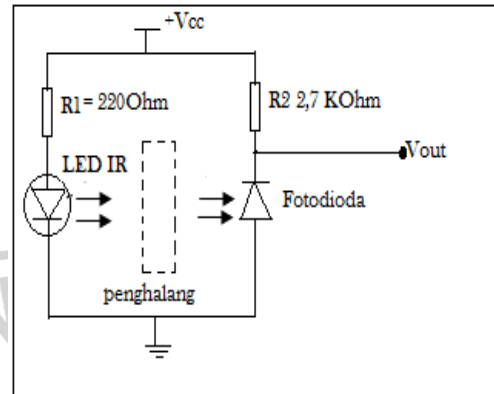
Agar bekerja dengan baik, sistem sensor, komparator, mikrokontroler dan LCD membutuhkan sumber tegangan DC sebesar +5 volt sesuai dengan *datasheet* masing-masing komponen. Sumber tegangan DC diperoleh dari adaptor konvensional.

- Sensor

Pemasangan sensor dapat dilihat pada gambar 3.5. Pada saat belum ada bola yang dijatuhkan, fotodiode menerima intensitas cahaya dari Led inframerah. Fotodiode dioperasikan pada bias mundur, adanya sinar inframerah “membantu” fotodiode membangkitkan pasangan *hole* dan elektron sehingga *hole* dan elektron semakin banyak, dengan demikian pembawa muatan dapat melewati daerah persambungan. Rangkaian pemancar terdiri dari Led IR yang diberi panjar maju sedangkan pada rangkaian penerima menggunakan fotodiode yang diberi panjar mundur.

Fotodiode digunakan sebagai pembagi tegangan. Pada saat inframerah yang dipancarkan oleh Led mengenai fotodiode pada bagian persambungan P-N, tahanan fotodiode menjadi kecil sehingga arus mudah mengalir ke *ground*. Sedangkan pada saat fotodiode tidak terkena cahaya, tahanan fotodiode sangat besar, akibatnya arus tidak dapat melewati fotodiode tersebut dan mengalir pada titik dimana V_{out} terukur. Kedua keadaan yaitu ada dan tidak adanya tegangan menjadi masukan ke komparator dengan logika keluarannya satu ataupun nol. Nilai R1: 220Ω dan R2: $2,7\text{ K}\Omega$ dengan tegangan sumber sebesar 5 V.

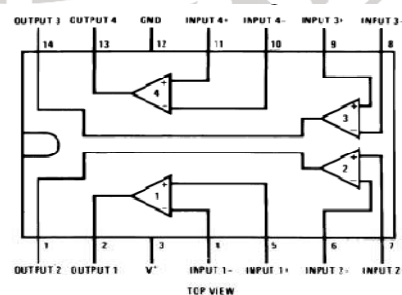
Berikut adalah rangkaian pemancar dan penerima inframerah.



Gambar 3.5 Skematik rangkaian pemancar dan penerima inframerah

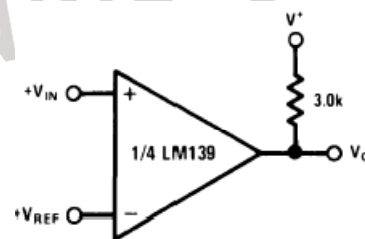
- Komparator

Pada dasarnya komparator yang termasuk di dalamnya terdapat op-amp berfungsi untuk membandingkan tegangan masukan dengan tegangan referensi (V_{ref} atau tegangan tetap yang diatur sebagai *set point*). Komparator yang digunakan ialah IC LM339. LM339 merupakan IC komparator dengan 4 buah komparator dalam 1 chip. Koneksi pin IC LM339 dapat dilihat pada Gambar 3.6.



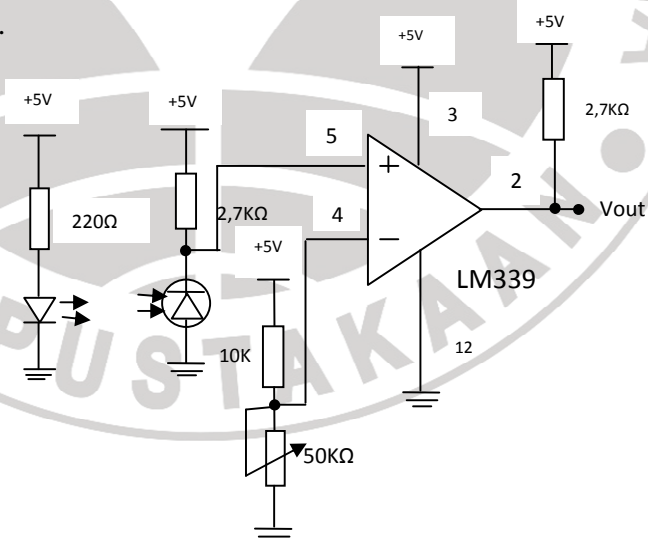
Gambar 3.6 Koneksi Pin IC LM339

Agar komparator bekerja dengan baik, maka rangkaian komparator pada *datasheet* harus diikuti. Rangkaian *basic comparator* yang harus diikuti pada perancangan alat ialah sebagai berikut.



Gambar 3.7 Basic Comparator LM339

Sinyal dari sensor diinputkan ke masukan *non-inverting* dan input pembandingnya merupakan pembagi tegangan oleh trimpotensiometer 50 K Ω yang disertai dengan resistor tetap 10K Ω .



Gambar 3.8 Skematik Rangkaian Komparator

Jika digambarkan secara umum, op-amp tersebut akan membandingkan nilai tegangan pada kedua masukannya, apabila masukan sensor (+) lebih kecil dari masukan tegangan referensi (-) maka keluaran op-amp akan menjadi: $V_{out} = -V_{supply} = 0$. Sedangkan apabila tegangan masukan sensor (+) lebih besar dari masukan referensi (-) maka keluaran op-amp akan menjadi sama dengan $+V_{supply}$.

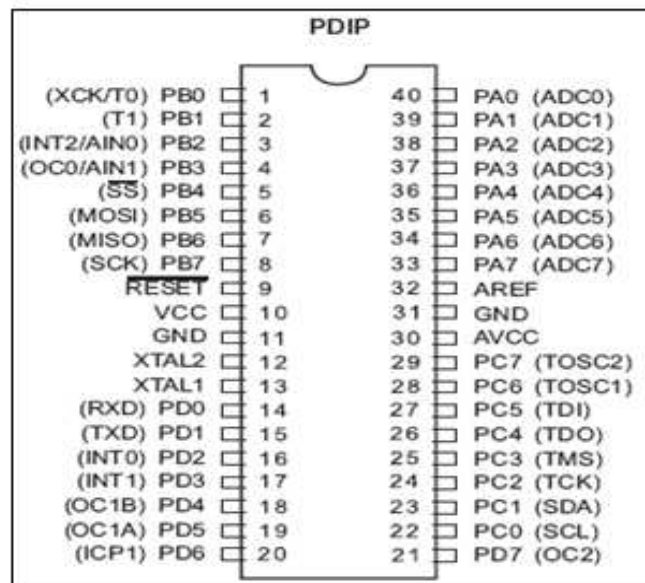
- Mikrokontroler AVR ATMEGA16

Mikrokontroler yang digunakan dalam perancangan alat adalah produksi Atmel pada generasi AVR (*Alf and Vegard's RISC processor*). Mikrokontroler AVR Atmega16 sudah dilengkapi dengan *built-in USB ISP programmer*, sehingga pemrograman dapat dilakukan dengan mudah, cukup dengan menghubungkan kabel USB ke komputer.

Pin-pin pada ATMega16 dengan kemasan 40-pin DIP (*dual inline package*), mempunyai empat buah port yang bernama *PortA*, *PortB*, *PortC*, dan *PortD* (Heri Andrianto, 2008). Sistem minimum pada sebuah mikrokontroler harus dibuat agar mikrokontroler dapat bekerja dengan baik. Men-download program dari *compiler* ke mikrokontroler

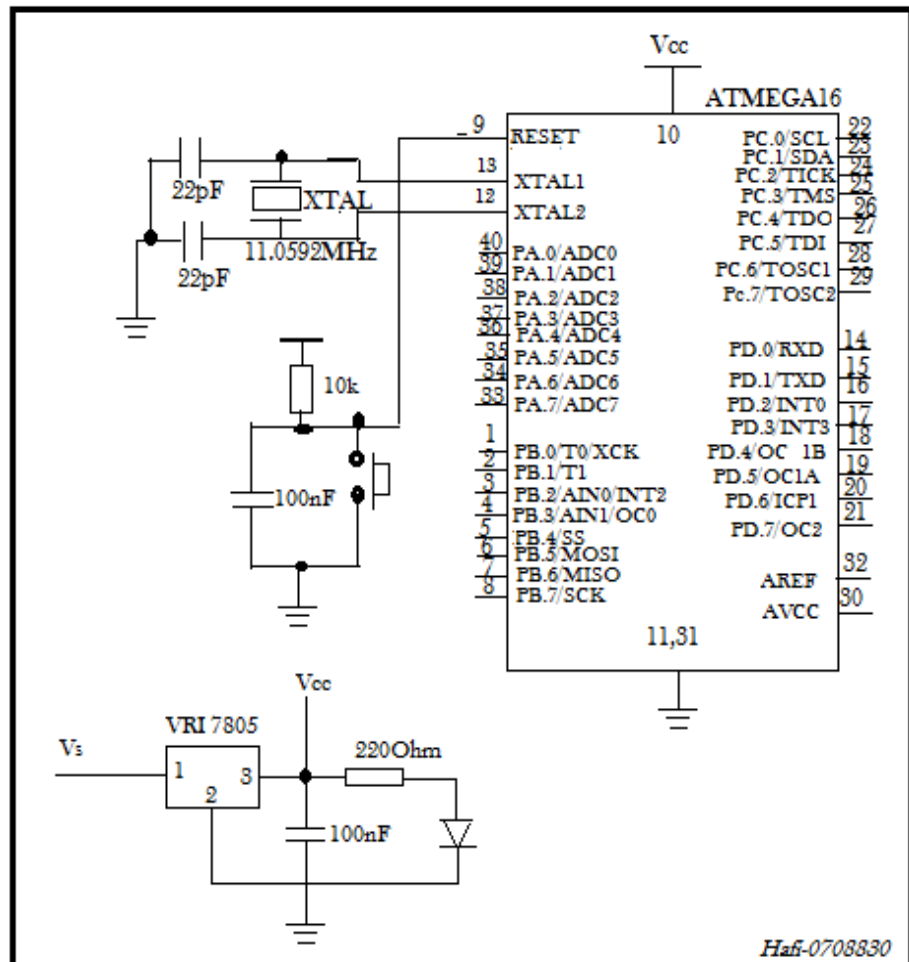
membutuhkan koneksi dengan menggunakan USB ISP (*In-System Programmer*) Programmer.

Berikut adalah konfigurasi pin Atmega16 yang digunakan pada perancangan alat.



Gambar 3.9 Konfigurasi pin mikrokontroler ATmega16

Sistem minimum mikrokontroler ATmega16 dapat ditunjukkan pada gambar 3.10.

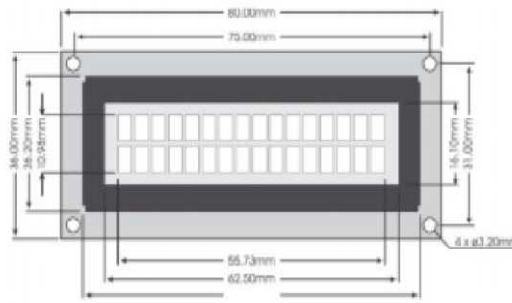


Gambar 3.10 Skematik sistem minimum ATMega16

- Display LCD

LCD merupakan singkatan dari *Liquid Crystal Display*. Devais ini merupakan devais yang dapat menampilkan karakter yang didapat dari pengontrolan refleksi dari cahaya. LCD Karakter adalah LCD yang tampilannya terbatas pada tampilan karakter, khususnya karakter ASCII (seperti karakter-karakter yang tercetak pada keyboard komputer). Jenis LCD karakter

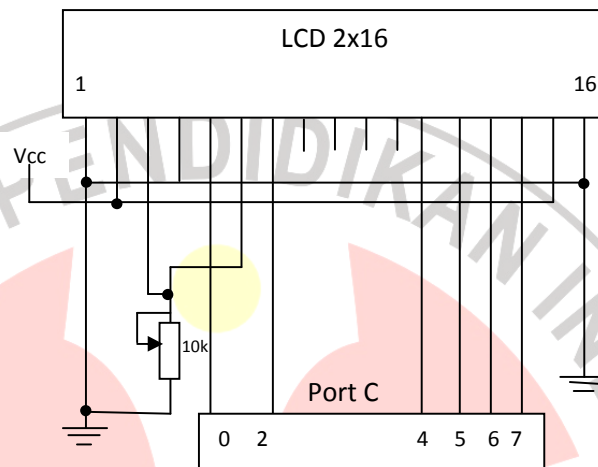
biasa dituliskan dengan bilangan matriks dari jumlah karakter yang dapat dituliskan pada LCD tersebut, yaitu jumlah kolom karakter dikali jumlah baris karakter. LCD 16X2, artinya terdapat 16 kolom dalam 2 baris ruang karakter, yang berarti total karakter yang dapat dituliskan adalah 32 karakter.



Gambar 3.11 Dimensi LCD karakter 2 X 16 (sumber: NetMedia. Inc)

Untuk dapat mengendalikan LCD karakter dengan baik diperlukan koneksi yang benar. Dan koneksi yang benar dapat diwujudkan dengan cara mengetahui pin-pin antarmuka yang dimiliki oleh LCD karakter tersebut. LCD karakter yang beredar di pasaran memiliki 16 pin antarmuka. [Depok Instruments]. 16 pin antarmuka (*interface*) dihubungkan dengan masing-masing fungsi yang bersesuaian dengan fungsi-fungsi pin yang telah diprogramkan. Setiap tipe LCD akan berbeda fungsi pin-pinnya. Koneksi pin-pin mikrokontroler dengan LCD disesuaikan

dengan *compiler* yang digunakan yaitu BASCOM (*Basic Compiler*), dapat dilihat pada gambar 3.12.



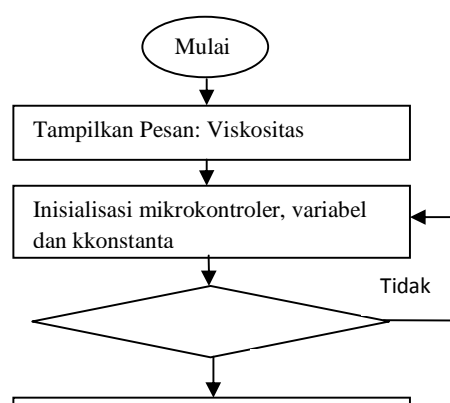
Gambar 3.12 Skematik koneksi LCD dengan mikrokontroler

3.2.1.2. Software

Adapun untuk perangkat lunak yang akan dirancang ialah berkaitan dengan pemrograman untuk menghitung viskositas oli dengan menggunakan fasilitas pada mikrokontroler. Fasilitas yang digunakan dalam perhitungan waktu tempuh bola adalah *timer0* dengan memanfaatkan logika masukan 0 dan 1 pada salah satu port input-output pada mikrokontroler. Port yang dipilih ialah port A. *Compiler* yang digunakan untuk membuat sintak pemrogramannya ialah BASCOM (*Basic Compiler*) yang menggunakan bahasa pemrograman Basic yang mudah dipahami.

Variabel yang dihitung terlebih dahulu adalah waktu tempuh yang dibutuhkan bola untuk melintasi minyak pelumas dari sensor pertama ke sensor kedua, dimana konstanta-konstanta lainnya ditentukan terlebih dahulu. Setelah mendapatkan nilai waktu tempuh, kemudian dihitung dengan mengalikan konstanta tersebut dengan waktu, diperoleh nilai viskositas. Waktu yang dihitung oleh *timer* adalah dalam satuan sekon (detik) dengan ketelitian tiga angka di belakang koma. Perhitungan waktu ditentukan oleh programmer.

Alur pemrograman mikrokontroler pada pengukuran viskositas adalah sebagai berikut:





Gambar 3.13 Diagram alir pemrograman mikrokontroler

Langkah-langkah sintak pemrograman mikrokontroler dapat dijabarkan menjadi beberapa bagian, dijelaskan sebagai berikut.

Perubahan sinyal dari komparator masih dalam bentuk analog dan tidak dapat menjadi masukan interupsi langsung ke mikrokontroler, oleh karena itu sinyal dari komparator direpresentasikan dalam bentuk logika nol atau satu pada input mikrokontroler, perubahan sinyal pada salah satu pin portA

mengaktifkan *timer0* untuk mulai menghitung dan akan sama halnya untuk menghentikan *timer0*, yaitu dengan memanfaatkan perubahan logika juga. Pada program, logika tersebut direpresentasikan pada sintak:

```
Ddra = &B111110000
```

```
Porta = &HFF
```

- Sintak pemrograman utama

```
Do
  Porta = &B00010000
  If Pina.0 = 1 Then
    Start Timer0
  End If
  If Pina.1 = 1 Then
    Stop Timer0
    Gosub Waktu_timer
  End If
Loop
```

Pada pemrograman utama, mikrokontroler melakukan perintah mengaktifkan *timer0* jika ada masukan logika satu pada pin portA.0 dan menghentikan *timer0* jika ada masukan logika satu pada pin portA.1. Ketika portA.1 mendapat masukan satu, *timer0* akan stop kemudian program akan melakukan lompatan ke label waktu *timer0*. Label waktu *timer0* dijelaskan selanjutnya.

- Label *Clock*

Pada awal program `ovf0` (*overflow 0*) di buat on. Label “`clock`” merupakan sintak lompatan dari interupsi *overflow timer0*, dengan aktifnya label, maka *timer0* mulai menghitung waktu *realtime*.

Clock:

```
Incr P
B = P * 2
If P > 0 And P < 10 Then
  Locate 1 , 11
  Lcd B
Elseif P >= 10 And P < 100 Then
  Locate 1 , 10
  Lcd B
End If

If B = 100 Then
  B = 0
  P = 0
  Incr A
  If A > 0 And A < 10 Then
    Locate 1 , 8
    Lcd A
  Elseif A >= 10 And A < 100 Then
    'Locate 1 , 7
    'Lcd A ; " s"
    Locate 1 , 7
    Lcd A ; "." ; P ; " s"
  End If
End If
Return
```

Untuk membuat suatu penghitung waktu *realtime*, mode *timer* yang digunakan adalah mode normal. Pada mode normal, *register* yang digunakan untuk menyimpan nilai *timer* yang diinginkan atau disebut dengan TCNT dapat ditentukan terlebih dahulu oleh programmer. Pada Atmega16, *timer0* merupakan *timer* 8 bit, sehingga register yaitu TCNT0 akan menghitung naik sampai dengan 0xFFFF (dalam heksa) atau 255 kemudian kembali lagi ke

0x0000 dan membangkitkan interupsi *overflow*. Setiap interupsi *overflow* digunakan sebagai penghitung waktu *realtime* dengan meng-*increment*-nya dan menyimpannya dengan suatu variabel. Sebagai contoh, kristal yang digunakan pada mikrokontroler adalah 11059200 Hz, maka untuk berdetak sekali, 1 *clock* (1 detak) membutuhkan periode sebesar $1/11059200$ atau 0,0904 mikrosekon, sehingga waktu yang dibutuhkan untuk 1 kali *overflow* adalah sebesar 0,0904 dikalikan dengan 255 yaitu 23,058 mikrosekon. Pada fasilitas *timer* juga terdapat fasilitas *prescaler* untuk memperlambat frekuensi *clock*, nilai *prescaler* adalah 1, 8, 64, 256 dan 1024. Untuk preancangan alat, perhitungan waktu dapat dijabarkan sebagai berikut:

Frekuensi kristal = 11059200

Prescaler = 1024

Maka, frekuensi 1 *clock* = $11059200/1024 = 10800$ Hz, sehingga periode satu *clock*nya adalah 0,000093 sekon.

Nilai $T_{cnt0} = 156$

Hal ini berarti bahwa T_{cnt} mulai menghitung pada 156, dengan demikian, ia menghitung sebanyak: $255-156 = 99$ kali. Dapat dikatakan bahwa setiap 99 kali menghitung, *timer0* menjadi *overflow*. Sehingga untuk 1 kali menghitung, *timer0* membutuhkan waktu 0,000093 dikalikan 99 menjadi 0,0092 sekon

atau dibulatkan menjadi 0,01 sekon. *Increment* terjadi setiap 0,01 sekon dan disimpan dengan nama variabel P. Jadi nilai P akan terus meningkat, namun nilai P dibuat *increment* sampai dengan 100, sehingga setiap menghitung sampai 100 kali, P menjadi 0 kembali, nilai kemudian disimpan lagi dalam bentuk variabel A. variabel A akan *increment* setiap kali P sampai pada 100, sehingga nilai A adalah 0,01 dikalikan dengan 100 yaitu 1 detik. Untuk nilai detik terkecil, digunakan nilai P, jadi dapat diperoleh nilai waktu dengan skala terkecil tiga angka di belakang koma.

- Perhitungan Viskositas

Sintak pemrograman untuk perhitungan viskositas adalah:

```
H = Dia * C1
Viskositas = H * Waktu
Vis_lcd = Str(viskositas)
Locate 2 , 8
Lcd Vis_lcd ; " P"
Return
```

“dia” dan C1 adalah konstanta perhitungan yang sebelumnya telah didefinisikan pada awal pemrograman. Nilai “C1” ialah hasil perkalian dari $2r^2 \cdot g$, yaitu sebesar 1308.867 dan nilai “dia” adalah

nilai selisih massa jenis bola dan fluida dibagi dengan nilai lintasan bola, besarnya ialah 0.002692

Ketika program menghentikan proses perhitungan waktu, waktu yang diperoleh yang sebelumnya masih dalam bentuk data *byte* dikonversi ke dalam bentuk *string* dan ditampilkan ke LCD, agar dapat dikalikan dengan konstanta yang lain, nilai waktu ini dikonversi lagi ke bentuk angka, kemudian viskositas dihitung melalui persamaan, kemudian ditampilkan ke LCD. konversi tersebut dinyatakan dalam sintak sebagai berikut:

```
Waktu_timer:  
    Koma = Str(b)  
    Satuan = Str(a)  
    Waktu_s = Satuan + Koma  
    Waktu = Val(waktu_s)  
    Waktu = Waktu / 100
```

3.2.2 Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan untuk mendapatkan hasil pengukuran untuk menverifikasi apakah alat yang telah dirancang dapat berfungsi dengan baik ataukah belum. Pengujian alat dilakukan dengan menguji setiap blok rangkaian. Adapun pengujian yang akan dilakukan antara lain sebagai berikut:

- Pengujian sensor dilakukan dengan menggunakan rangkaian pada gambar 3.4, yaitu dengan adanya penghalang atau tidak ada penghalang setelah rangkaian di-on-kan. Penghalang diletakkan di antara Led infra merah dan fotodiode, kemudian diukur perbedaan tegangan yang terukur pada titik V_{out} .
- Untuk pengujian komparator dilakukan sama dengan pengujian pada sensor, yaitu dengan menggunakan pengukuran tegangan keluaran dengan tegangan referensi tertentu.
- Mikrokontroler dan LCD diuji dengan langsung mengunduh suatu program pada mikrokontroler kemudian menampilkannya pada LCD.

Setelah dilakukan pengujian alat secara keseluruhan, alat kemudian dicobakan untuk mengukur viskositas oli, kemudian di analisis hasilnya. Analisis hasil pengukuran viskositas dengan variasi suhu adalah dengan membandingkan dengan literatur yang berkaitan dengan spesifikasi oli yang digunakan sebagai sampel yaitu oli Enduro 4T SAE 20w-50.

3.2.3 Penentuan Akurasi dan Presisi Alat

Penentuan keakurasian alat yang telah dirancang dapat dilakukan dengan membandingkan hasil pengukurannya dengan alat yang beredar di pasaran saat ini antara lain *BII Viscometer* atau *Rion Viscotester VT-04*. Namun, alat pengukur viskositas yang dimaksud memiliki harga yang sangat tinggi sehingga tidak dapat dijangkau dan kurang beredar luas di pasaran. Dengan demikian, untuk menentukan tingkat keakurasian alat, hasil pengukuran dibandingkan dengan nilai yang telah ditentukan oleh produsen oli, serta membandingkannya dengan nilai viskositas jika dihitung secara manual, namun dengan menggunakan waktu yang sama. Pada suhu standar SAE yaitu 40°C dan 100°C, produsen oli telah menyertakan nilai viskositasnya.