

BAB IV

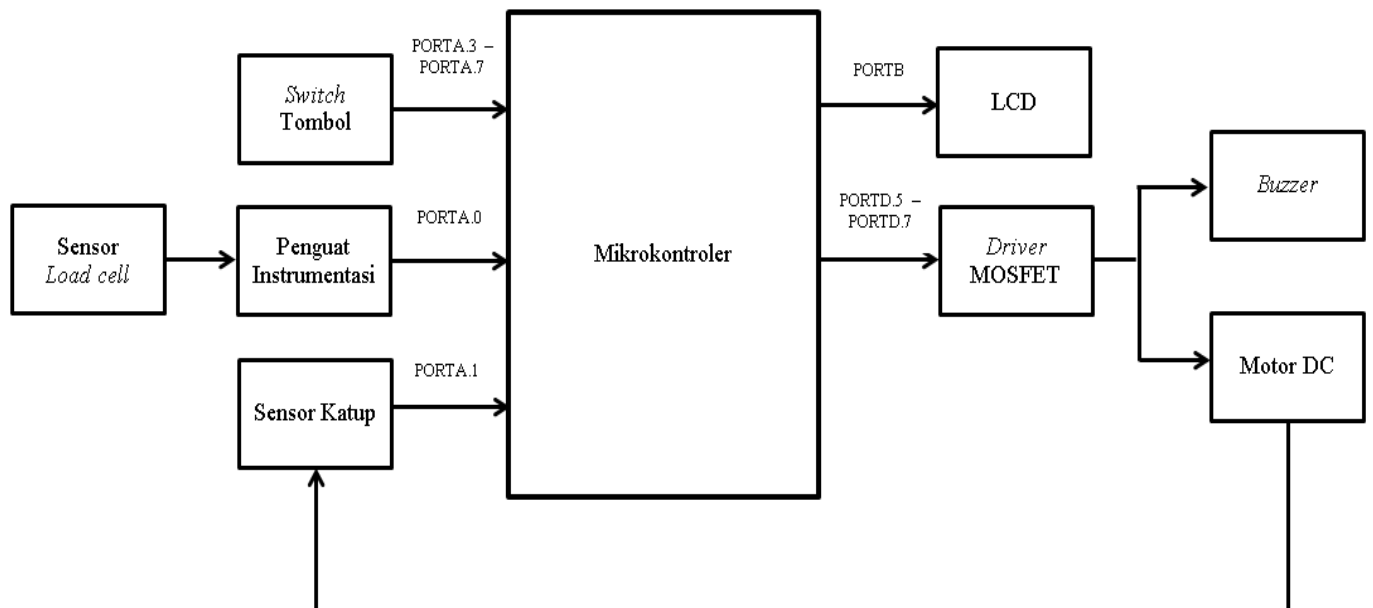
PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Dalam bab ini akan dibahas cara perancangan dan pembuatan alat. Perancangan alat meliputi perancangan mekanik alat, perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak.

Perancangan mekanik alat terdiri dari pembuatan desain mekanik. Perancangan perangkat keras terdiri dari perancangan rangkaian penguat instrumentasi INA125, perancangan rangkaian mikrokontroler ATmega16, perancangan antarmuka sensor katup dan *switch* tombol, perancangan rangkaian antarmuka LCD dan perancangan *driver* MOSFET. Sedangkan untuk perancangan perangkat lunak meliputi diagram alir pada program utama dan diagram alir pada sub program ketika salah satu tombol ditekan.

4.1. Diagram Blok Sistem

Secara garis besar, Diagram blok sistem secara keseluruhan ditunjukkan dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Diagram Blok Sistem Secara Keseluruhan

Penjelasan dari diagram blok diatas adalah sebagai berikut:

- 1) Mikrokontroler berfungsi sebagai pengolah data dan pusat kendali utama pada sistem prototipe penimbang gula otomatis.
- 2) Modul *switch* Tombol berfungsi sebagai pemilih berat gula yang akan ditimbang. Tombol terdiri dari 4 *switch* diantaranya untuk memilih berat gula sebesar 0,25kg, 0,5kg, 1kg, dan 3kg.
- 3) Sensor *load cell* berfungsi untuk mengkonversi berat yang terukur menjadi sinyal listrik.
- 4) Penguat Instrumentasi berfungsi untuk menguatkan sinyal dari sensor *load cell*.
- 5) Sensor katup berfungsi sebagai pendeteksi putaran motor DC untuk mendeteksi lebar katup yang telah terbuka pada pipa saluran.
- 6) *Driver* MOSFET berfungsi untuk mencatu motor DC dan *buzzer* berdasarkan logika yang dikirimkan oleh Mikrokontroler ATmega16.
- 7) LCD berfungsi sebagai penampil berat beban yang terukur oleh sensor *load cell*.
- 8) Motor DC berfungsi untuk membuka dan menutup katup saluran gula dari penampungan menuju ke tempat penimbangan gula.
- 9) *Buzzer* digunakan sebagai *alarm* ketika alat telah selesai bekerja.

4.2. Prinsip Kerja Alat

Prinsip kerja alat berdasarkan blok diagram pada Gambar 4.1 yaitu ketika alat pertama kali dihidupkan, pengguna memilih menu tombol pilihan berat pada *switch* tombol. Jika salah satu tombol ditekan, maka alat akan bekerja untuk melakukan penimbangan dengan berat yang telah ditentukan.

Proses penimbangan dimulai ketika mikrokontroler memberikan logika menuju *driver* MOSFET sehingga motor DC membuka katup saluran. Pada kondisi ini gula dapat mengalir dari tempat penampungan menuju ketempat penimbangan. Putaran pada motor DC akan dipantau oleh sensor katup sehingga besar katup yang telah terbuka dapat diketahui.

Ketika gula sudah mencapai tempat penimbangan maka sensor *load cell* akan bekerja dengan mendeteksi beban dan mengkonversi menjadi sinyal elektrik. Keluaran sensor berupa tegangan dalam orde milivolt sehingga perlu dimasukkan

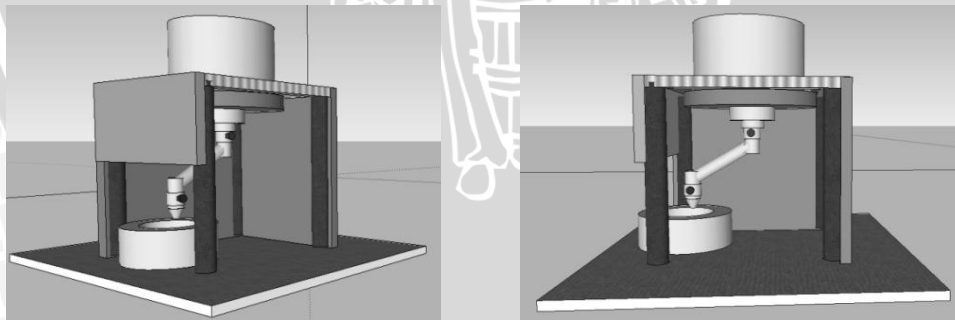
kedalam rangkaian penguat instrumentasi agar dapat dikuatkan. Keluaran penguat instrumentasi kemudian dimasukkan menuju pin ADC mikrokontroler agar datanya dapat diolah.

Beban yang telah terukur akan ditampilkan melalui LCD sehingga proses penimbangan dapat dipantau. Ketika beban yang telah terukur mencapai nilai tertentu maka mikrokontroler akan memberikan logika menuju *driver* MOSFET agar motor DC menutup pipa saluran sehingga gula berhenti mengalir menuju tempat penimbangan.

Proses terakhir yaitu mikrokontroler akan menampilkan pesan pada LCD bahwa berat telah tercapai dan proses penimbangan telah selesai dilakukan. Setelah itu mikrokontroler mengirimkan logika lagi menuju *driver* MOSFET agar menyalakan *buzzer* sebagai alarm bahwa proses penimbangan telah selesai dilakukan.

4.3. Perancangan Mekanik Alat

Perancangan mekanik ditujukan agar dalam realisasinya dapat diperkirakan dimensi dan ukuran dari mekanik yang akan dibuat. Perencanaan dimensi mekanik awalnya dibuat dengan ukuran panjang = 35cm, lebar = 35cm dan tinggi = 60cm. Sedangkan diameter pipa awalnya menggunakan ukuran 1/2 inchi. Gambar 4.2 menunjukkan desain mekanik alat.



Gambar 4.2. Desain Mekanik alat

Ketika bentuk mekanik telah selesai dibuat, dimensi yang direncanakan ternyata terlalu besar dan terlalu banyak ruang kosong pada bagian mekanik sehingga dimensi akhirnya diperkecil menjadi ukuran panjang = 25,5cm, lebar = 25,5cm dan tinggi = 50,5cm. Pada bagian tempat penampungan gula, bahan yang

digunakan yaitu menggunakan galon air minum yang berukuran kecil, hal ini dikarenakan penggunaan galon lebih efektif karena pada bagian atas galon sudah terdapat corong untuk tempat keluarnya gula.

Proses kedua yang dilakukan yaitu pembuatan bentuk pipa seperti bentuk yang ada didalam Gambar 4.2. Pipa yang digunakan yaitu pipa saluran AC (*air conditioner*) yang menggunakan bahan tembaga. Penggunaan pipa ini dikarenakan bahan tembaga lebih mudah dibengkokkan dan dibentuk, dalam realisasinya pipa berbahan tembaga ternyata mudah penyok dan bahan tembaganya lebih tipis sehingga ketika dibentuk pipa mudah bocor dan berlubang. Untuk mengatasi permasalahan ini maka proses pembentukan pipa dikerjakan oleh tukang las agar bentuknya sesuai seperti yang direncanakan.

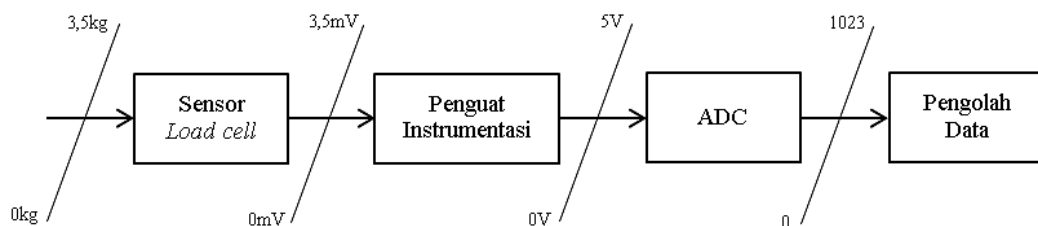
Pada proses pembuatan selanjutnya terdapat permasalahan baru yaitu pipa saluran tidak bisa langsung dihubungkan menuju corong galon karena perbedaan diameter antara pipa dan corong galon. Dari permasalahan ini akhirnya ditambahkan bahan baru berupa cetakan tumpeng berukuran sedang. Cetakan ini dipotong dan disesuaikan ukurannya sehingga bisa mengatasi perbedaan diameter antara pipa dan corong galon.

Proses terakhir yaitu pembuatan tempat penimbangan gula. Bahan yang digunakan yaitu *acrylic* dan cetakan tumpeng berukuran besar yang dipotong dan disesuaikan ukurannya. Kedua bahan tersebut ditempelkan menggunakan lem besi sehingga bentuknya sesuai dengan yang direncanakan.

4.4. Perancangan Perangkat Keras

4.4.1. Perancangan Rangkaian Penguat Instrumentasi

Untuk mempermudah perhitungan matematis pada perancangan rangkaian penguat instrumentasi, dibuatlah ilustrasi dalam Gambar 4.3.



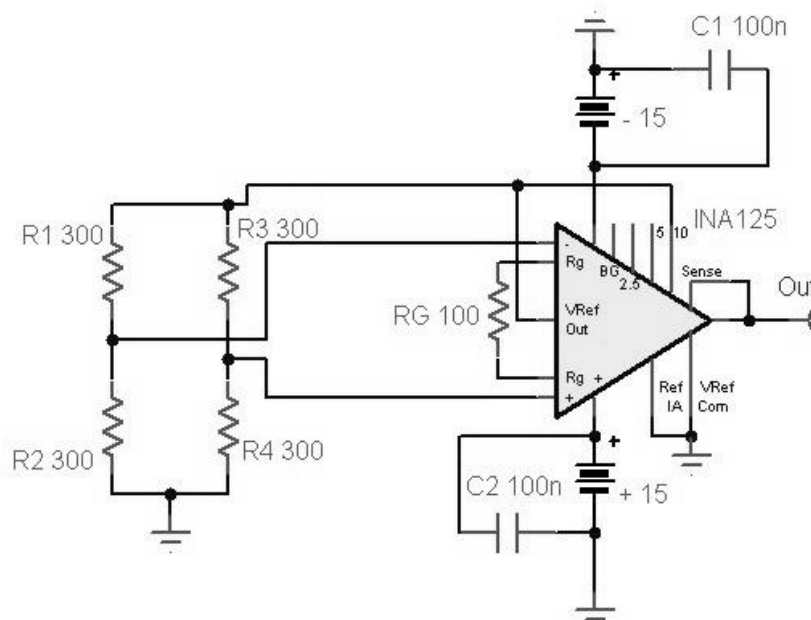
Gambar 4.3. Spesifikasi Input dan Output Perancangan Penguat Instrumentasi

Pada penelitian ini sensor *load cell* digunakan untuk mengukur beban dari 0 kg – 3,5 kg. Keluaran sensor *load cell* berkisar antara 0mV – 3,5mV, sedangkan tegangan masukan ADC harus berkisar antara 0V – 5V agar keluaran sensor dapat diproses dan diolah datanya. Berdasarkan hal inilah keluaran sensor harus dikuatkan oleh penguat instrumentasi dengan gain sebesar 604 kali agar data sensor bisa dikonversi oleh ADC.

Rangkaian penguat instrumentasi ditunjukkan dalam Gambar 4.4. resistor R_1 , R_2 , R_3 dan R_4 merupakan resistor yang ada pada sensor *load cell*. Untuk mendapatkan penguatan sebesar 604 kali, perancangan penguat instrumentasi berdasarkan persamaan 2-9 sehingga:

$$R_G = \frac{60 \text{ k}\Omega}{604-4} = 100\Omega$$

maka besar R_G yang akan dipasang bernilai 100 Ω . Pemasangan kapasitor sebesar 0,1 μF pada kedua sumber tegangan bertujuan untuk menyaring *noise* dari rangkaian regulator.



Gambar 4.4. Rangkaian Penguat Instrumentasi INA125

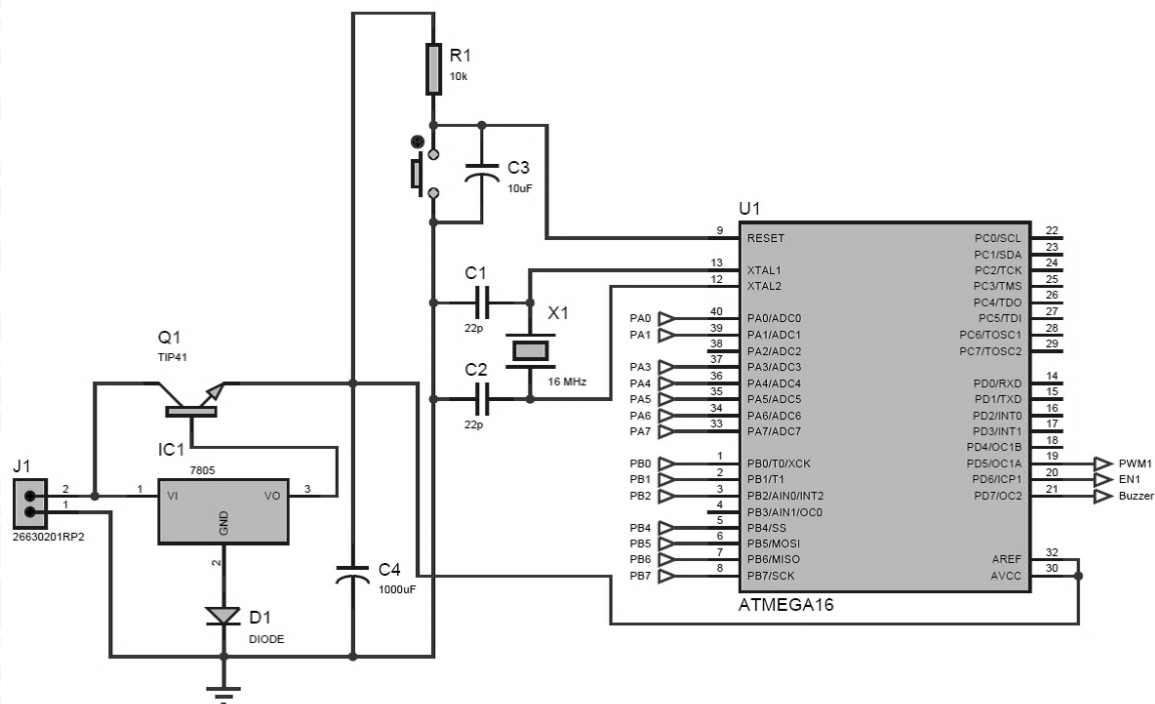
Sumber: Texas Instrument (1997)

4.4.2. Perancangan Minimum Sistem Mikrokontroler

Mikrokontroler yang digunakan pada rangkaian adalah ATmega16 yang termasuk dalam seri AVR. Agar sebuah mikrokontroler dapat bekerja, maka

diperlukan rangkaian pembangkit *clock* dan rangkaian *reset*. Rangkaian pembangkit *clock* terdiri dari komponen utama yang berupa kristal dan kapasitor.

Pada mikrokontroler, nilai kristal yang diperbolehkan berkisar antara 0,4 MHz sampai 16 MHz. Dalam perancangan digunakan kristal sebesar 16 MHz. Sedangkan besarnya nilai kapasitor disesuaikan dengan yang tertera dalam *datasheet* antara 12 pF sampai 22 pF. Dalam perancangan digunakan kapasitor sebesar 22 pF. Rancangan minimum sistem mikrokontroler ditunjukkan dalam Gambar 4.5.



Gambar 4.5. Rancangan Minimum Sistem Mikrokontroler

Dalam rangkaian mikrokontroler juga diperlukan rangkaian *reset*. Rangkaian ini berfungsi untuk me-*restart* program jika terjadi *error* ketika mikrokontroler sedang bekerja. Berdasarkan *datasheet*, pin *RESET* harus diberi logika rendah minimal selama $1,5\mu\text{s}$ sehingga dalam penentuan komponen perhitungan waktu untuk *time reset* harus berada di atas waktu minimalnya. Komponen yang digunakan dalam perancangan yaitu kapasitor $10\mu\text{F}$ dan resistor $10\text{k}\Omega$. Perhitungan waktu untuk *time reset* jika diketahui tegangan minimal kapasitor berdasarkan *datasheet* ATmega16 agar bisa mereset adalah $0,1 \times V_{CC}$, jika $V_{CC} = 5\text{V}$ maka *time reset*-nya adalah:

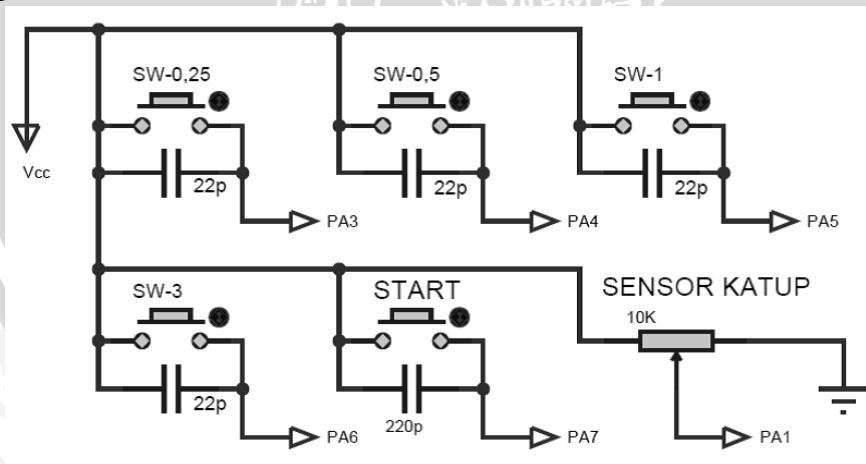
$$V_{C(\min)} = 0,1 \times V_{CC} \quad (4-1)$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.1 \times 5 \text{ V} = 0.5 \text{ V} \\
 V_C &= V_s \cdot e^{-t/R.C(t)} \\
 0.5 &= 5 \cdot e^{-t/10\text{k}\Omega \cdot 10\mu\text{F}} \\
 \frac{0.5 \text{ V}}{5 \text{ V}} &= e^{-t/0,1} \\
 \ln 0,1 &= -t/0,1 \\
 -2,3 &= -t/0,1 \\
 t &= 0,23 \text{ s}
 \end{aligned}
 \tag{4-2}$$

Jadi nilai t yang didapat sebesar 0,23s, sehingga pemilihan komponen kapasitor $10\mu\text{F}$ dan resistor $10\text{k}\Omega$ memiliki *time reset* melebihi batasan minimal yang ditentukan oleh *datasheet*.

4.4.3. Perancangan Rangkaian Antarmuka Sensor Katup dan Switch Tombol

Pada rangkaian antarmuka sensor katup, port yang digunakan sebagai masukan menuju mikrokontroler adalah PORTA.1, sedangkan untuk switch tombol, port yang digunakan adalah PORTA.3 – PORTA.7. pada tiap switch tombol dipasang kapasitor bernilai 22 pF yang bertujuan untuk menghilangkan *bouncing* ketika switch ditekan. Rangkaian antarmuka switch tombol ditunjukkan dalam gambar 4.6.

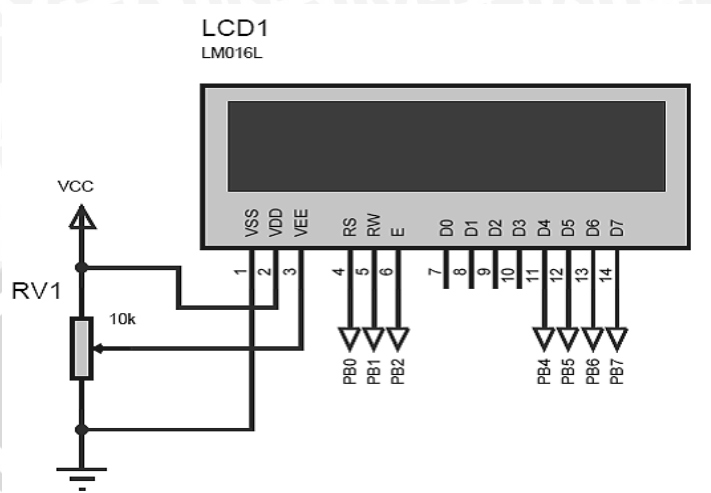


Gambar 4.6. Rangkaian Antarmuka Sensor Katup dan Switch Tombol

4.4.4. Perancangan Rangkaian Antarmuka LCD

Pada rangkaian antarmuka LCD, port yang digunakan pada mikrokontroler adalah PORTB. Terdapat 3 pin yang digunakan sebagai pin

kontrol yaitu pin 4 sebagai RS (*register select*), pin 5 sebagai R/W (*read/write*) dan pin 6 sebagai E (*enable*). Sedangkan jalur data terdapat pada pin 11-14 pada LCD. Rangkaian antarmuka LCD ditunjukkan dalam Gambar 4.7.



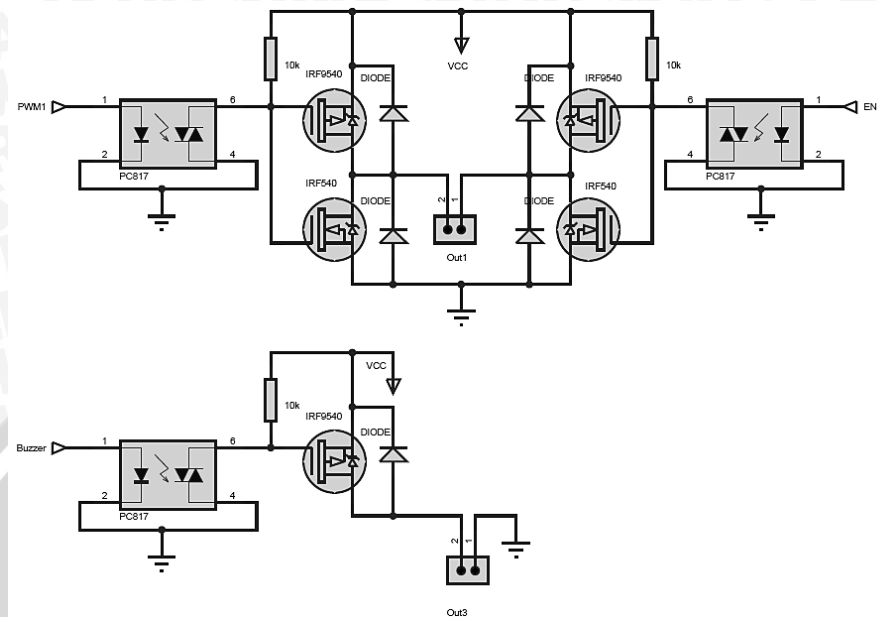
Gambar 4.7. Rangkaian Antarmuka LCD

4.4.5. Perancangan Rangkaian *Driver* MOSFET

Driver MOSFET digunakan sebagai pengendali putaran motor DC dan pencatu *buzzer*. Komponen utama pada *driver* ini yaitu MOSFET *channel* P bertipe IRF9540, MOSFET *channel* N bertipe IRF540 dan *Optocoupler* PC817. Pada dasarnya motor DC mendapat sinyal PWM dari mikrokontroler berupa tegangan dari 0V – 5V. Tetapi karena pin keluaran mikrokontroler menghasilkan arus yang kecil, sehingga rangkaian *driver* ini digunakan karena mampu mencatu dan mengendalikan putaran pada motor DC agar mendapat tegangan sebesar 9V dan menyediakan arus yang lebih besar.

Prinsip kerja dari rangkaian ini yaitu MOSFET *channel* P dan MOSFET *channel* N digunakan sebagai saklar elektronik pada rangkaian. Terdapat 2 pasang MOSFET *channel* P dan *channel* N yang bekerja secara berpasangan sehingga membentuk *H-Bridge* pada rangkaian. Ketika sinyal PWM dan sinyal *enable* masuk kedalam rangkaian, sinyal akan diterima oleh *optocoupler* dan keluaran komponen ini akan memicu *gate* pada MOSFET. Jika sinyal *enable* berlogika *high* dan sinyal PWM berlogika *low*, maka pasangan pertama pada MOSFET akan bekerja dan memutar motor kearah kiri, dan sebaliknya jika sinyal *enable* berlogika *low* dan sinyal PWM berlogika *high* maka pasangan kedua pada

MOSFET yang bekerja dan memutar motor kearah kanan. Rangkaian *driver* MOSFET ditunjukkan dalam Gambar 4.8.



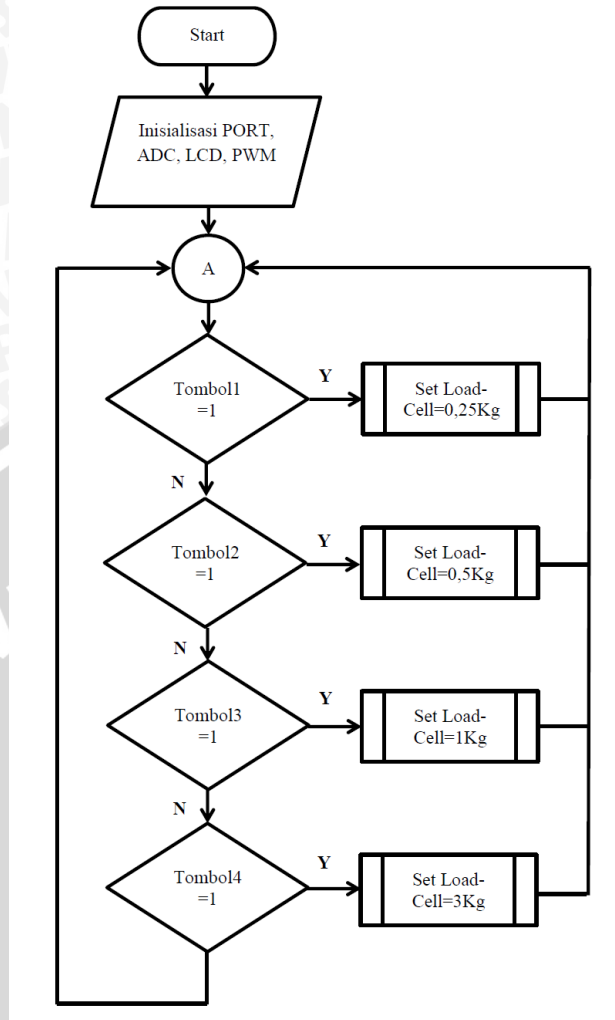
Gambar 4.8. Rangkaian Driver MOSFET

4.4.6. Perancangan Keseluruhan Sistem

Perancangan ini dilakukan dengan menggabungkan semua perancangan yang telah dilakukan dari masing – masing diagram blok yang telah ditentukan. Perancangan sistem keseluruhan dari alat ini ditunjukkan dalam lampiran perancangan keseluruhan sistem.

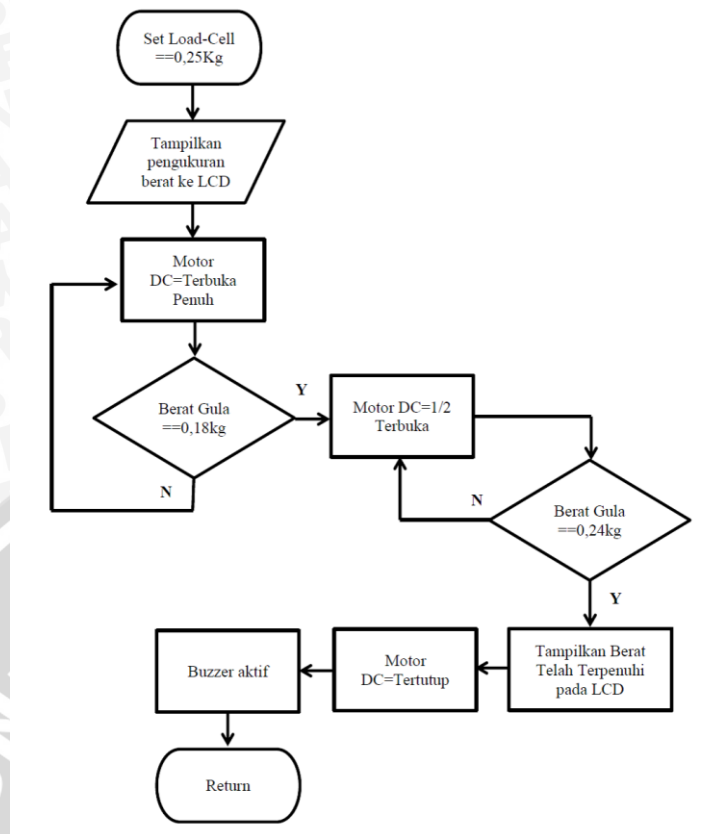
4.5. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak pada sistem meliputi pembuatan diagram alir pada program utama dan pada sub program, kemudian pembuatan program utama pada alat. Pembuatan diagram alir berfungsi agar mempermudah dalam melakukan pembuatan program secara keseluruhan. Selain itu diagram alir juga berfungsi sebagai alur kerja dari rangkaian perangkat keras yang telah dirancang. Bahasa yang digunakan untuk membuat program pada alat adalah bahasa C. Sedangkan *compiler* yang digunakan yaitu *codevisionAVR*. Diagram alir program utama pada sistem ditunjukkan dalam Gambar 4.9.



Gambar 4.9. Diagram Alir Program Utama pada Sistem

Alur kerja diagram alir program utama pada sistem yaitu pertama mikrokontroler melakukan inisialisasi pada PORT, ADC, LCD dan PWM. Kemudian mikrokontroler melakukan pengecekan pada 4 tombol pemilih berat gula, proses ini akan terus berputar sampai salah satu tombol ditekan. Jika tombol 1 yang ditekan, maka program utama akan masuk pada diagram alir sub program seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.10.



Gambar 4.10. Diagram Alir Sub Program pada Sistem

Proses berlanjut pada sub program untuk melakukan penimbangan dengan berat sebesar 0,25 kg. Proses pertama yaitu mikrokontroler menampilkan berat yang telah terukur menuju LCD, kemudian proses penimbangan dimulai dan mikrokontroler memberi pulsa PWM menuju motor DC agar katup terbuka penuh. Setelah itu, mikrokontroler mulai membaca nilai ADC yang diterima dari sensor *load cell* dan melakukan pengecekan apakah berat gula telah mencapai 0,18 kg, jika belum tercapai maka proses pengecekan akan terus berputar sampai berat yang terukur telah mencapai 0,18 kg. Jika berat telah tercapai maka mikrokontroler memberi pulsa PWM pada motor DC agar katup menjadi setengah terbuka dan melakukan pengecekan kembali pada berat gula yang ditimbang apakah telah mencapai 0,24 kg. Jika berat belum tercapai maka proses pengecekan akan terus berulang hingga berat telah mencapai 0,24 kg. Jika berat telah tercapai maka mikrokontroler menampilkan pada LCD bahwa berat gula telah terpenuhi dan memberikan pulsa PWM pada motor DC agar katup tertutup penuh. Kemudian mikrokontroler akan mengaktifkan *buzzer* sebagai tanda penimbangan telah selesai dan program akan kembali menuju diagram alir program utama pada sistem.