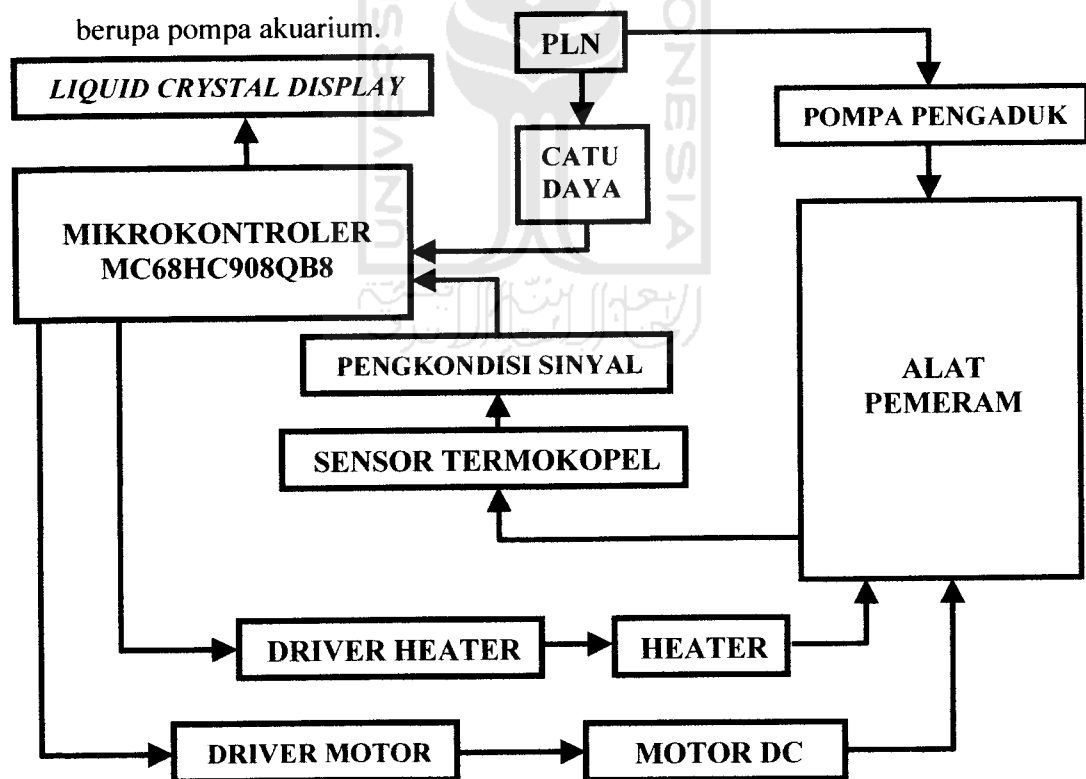


BAB III

**PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI PERANGKAT KERAS SERTA
PERANGKAT LUNAK**

3.1 Perancangan Perangkat Keras

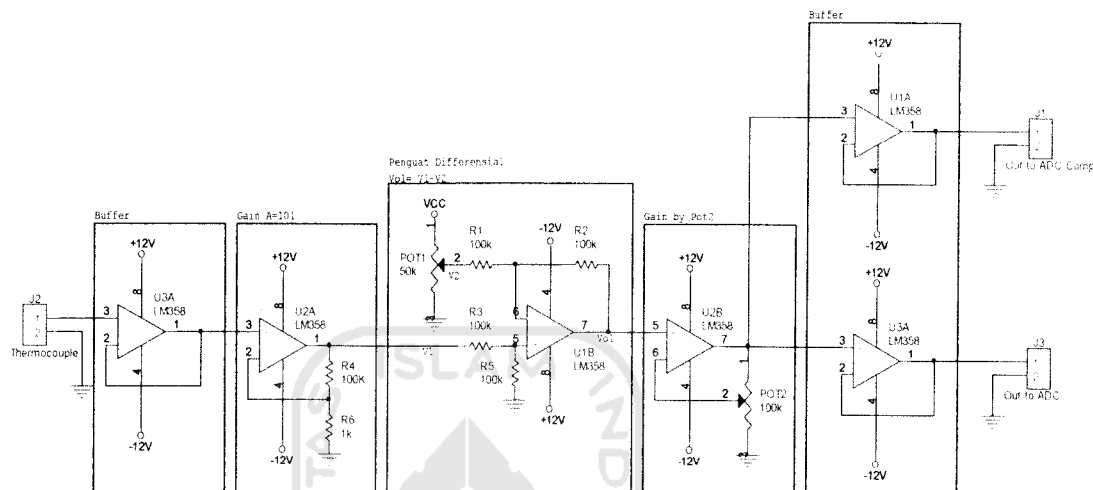
Diagram blok Alat Pemeram Panili Berbasis Mikrokontroler MC68HC908QB8 Dengan Algoritma PID terbagi menjadi beberapa blok diagram yaitu : pengkondisi isyarat, mikrokontroler sebagai pengendali utama dari sistem, penampil *liquid crystal display* sebagai penampil data suhu , *driver motor* sebagai pengendali *motor* dan *driver heater* sebagai pengendali *heater*. Agar didapatkan suhu air yang merata didasar bak pemeram diberikan pompa pengaduk berupa pompa akuarium.



Gambar 3.1 Blok diagram alat pemeram panili

3.1.1 Pengkondisi Isyarat

Unit pengkondisi isyarat ini berfungsi menguatkan sinyal keluaran dari sensor suhu. Sensor suhu berupa termokopel yang mengeluarkan tegangan dalam orde miliovolt, sehingga untuk dapat dibaca ADC perlu dikuatkan lagi.



Gambar 3.2 Rangkaian pengkondisi isyarat

Input untuk pengkondisi isyarat adalah keluaran dari termokopel kemudian masuk ke buffer dulu sebelum diumpangkan ke penguat noninverting op-amp LM 358. Penguat bagian pertama setelah diberikan buffer ini dikuatkan dulu 101 kali kemudian baru diberikan pada penguat kedua yaitu penguat diferensial. Sinyal keluaran penguat pertama dibandingkan dengan keluaran tegangan referensi dari Vcc. Kemudian keluaran dari penguat diferensial ini dipasang rangkaian penguat berikutnya yang memiliki penguatan yang dapat diubah-ubah agar nilai tegangan dapat sesuai dengan lebar pulsa dari data pengkondisi isyarat maka pada output LM 358 sebuah potensiometer. Besarnya penguatan didapat dengan mengubah nilai potensiometer yang diperlukan pada saat kalibrasi output untuk diumpangkan ke input ADC.

pengkondisi isyarat menjadi sinyal digital sehingga dapat diproses oleh mikrokontroler . Dalam perancangan ini memakai ADC internal mikrokontroller yang mempunyai kemampuan konversi dengan pengaturan *output* 8-bit. ADC ini menggunakan salah satu kanal *input*.

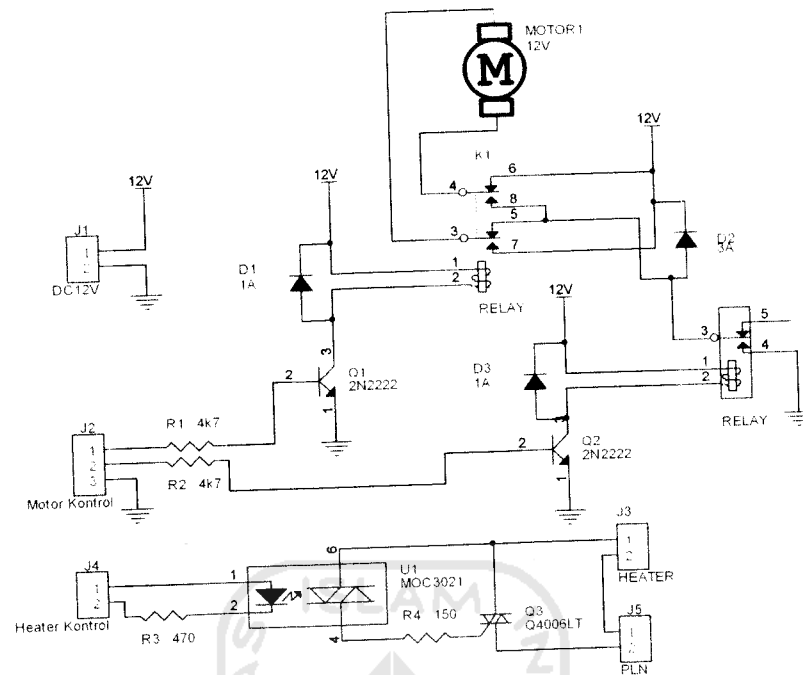
3.1.4 Driver Motor

Driver yang digunakan untuk penggerak motor DC 12 volt adalah rangkaian pembalik fasa yang terdiri dari 1 buah *relay* 12 volt. Prinsip kerja dari rangkaian ini adalah menukarkan fasa pada input *motor* sehingga gerakan *motor* berbalik. Pada Gambar 3.4 dapat dilihat adanya transistor NPN yang berfungsi sebagai saklar. Saat PTB5 diberi logika tinggi maka arus akan melewati R1 dan menuju basis sehingga menjenuhkan *emitor* dan *colector* sehingga arus mengalir menuju ground dan *relay* bekerja menukarkan fasa motor.

Arus yang diinginkan mengalir pada basis besarnya :

$$\begin{aligned}
 I &= (V-0.7)/R && (3.1) \\
 &= (5-0.7) / 4700 \\
 &= 0.91 \text{ mA}
 \end{aligned}$$

Saat PTB4 diberi logika tinggi arus akan mengalir menuju R2 dan menuju transistor yang menyebabkan transistor menjadi jenuh sehingga arus dapat mengalir ke *ground* yang membuat *relay* dan motor bekerja.

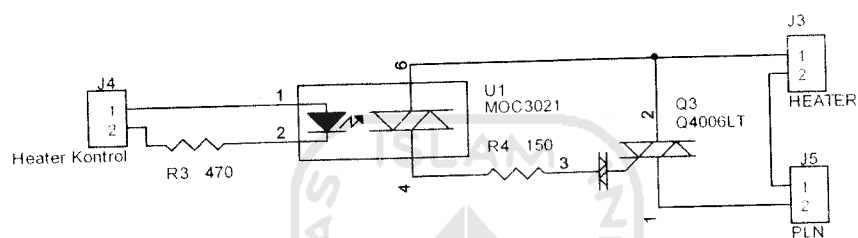


Gambar 3.4 Rangkaian *driver motor*

3.1.5 *Driver Heater*

Pengendali pemanas pada perancangan ini menggunakan TRIAC atau dioda 2 arah yang dihubungkan ke optotriac MOC 3021 atau IC *non zero crossing triac driver* yang berfungsi untuk menyekat antara antara tegangan rendah dari mikrokontroler dan tegangan tinggi dari jala-jala listrik. Pada perancangan ini *heater* yang digunakan 7 buah *heater* air masing-masing dengan daya 300 watt sehingga triac yang digunakan adalah triac dengan seri Q4010LT yang mempunyai kemampuan menyekat daya maksimal sebesar 4000 watt (dalam *data sheet* 400 awal berarti volt dan angka terakhir berarti arus jadi dalam hitungan nilai maksimal adalah $400 \times 10 = 4000$ watt).

Pada rangkaian *driver heater* Gambar 3.5 dapat dilihat bahwa prinsip kerja dari rangkaian ini adalah sebagai pengontrol fasa pada jalur catu daya AC. PTA0 diberi logika rendah maka arus akan mengalir ke *led* yang ada didalam optotriac dan menjenuhkan triac yang ada pada optotriac dan membuat triac membuka sekatan dan menghidupkan *heater*. Dengan mengatur *timing* pada pembukaan sekatan tegangan triac akan diperoleh hasil pengendalian jumlah tegangan yang masuk menuju heater. Sehingga suhu air dapat dikendalikan.

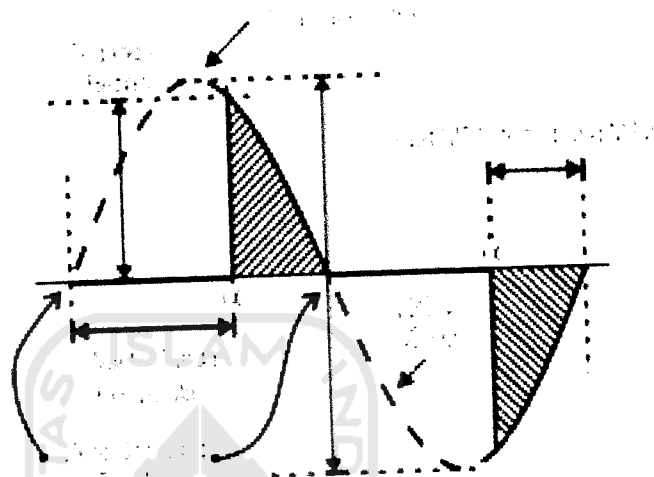


Gambar 3.5 Driver Heater

3.1.6 Pengaturan Daya

Untuk menjaga suhu air pada bak perendam tetap pada *set point* digunakan algoritma PID pada perangkat lunak. Algoritma PID menentukan jumlah daya yang dikirimkan ke pemanas. Pengaturan ini dilakukan dengan memberikan arus *gate* sesaat pada triac agar MT1 dan MT2 terhubung (lihat Gambar 2.17 simbol triac). MT1 terhubung terus ke MT2 selama arus beban yang mengalir lebih besar dari arus minimum (*holding current*). Mengingat sumber daya yang dipakai berasal dari tegangan bolak-balik, pada daerah *titik nol* (*zero crossing*) dari tegangan bolak balik (lihat Gambar 3.6), arus beban yang mengalir akan mengecil sampai kurang dari arus minimum yang diperlukan, akibatnya hubungan antara

MT1 dan MT2 akan terputus dengan sendirinya. Daya yang disalurkan ke beban tergantung pada lamanya MT1 terhubung ke MT2 setiap setengah periode tegangan sinus dari jala-jala listrik, yakni bagian yang di-arsir dalam Gambar 3.6, pada saat-saat itulah beban menerima daya.

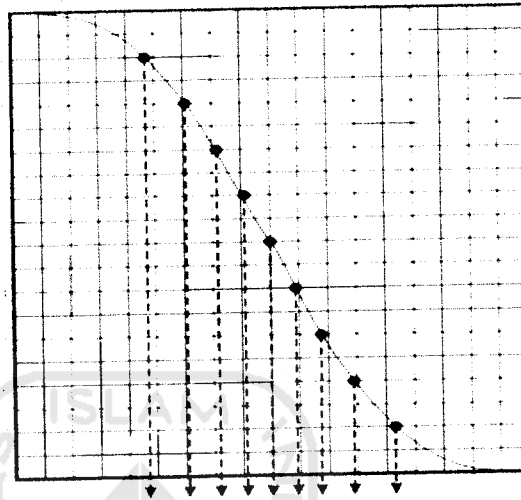


Gambar 3.6 Waktu tunda dan saat MT1 dan MT2 terhubung.

Dengan demikian, daya yang disalurkan ke beban bisa diatur dengan mengatur waktu tunda saat penyulutan TRIAC, terhitung mulai saat tegangan sinus jala-jala listrik mencapai titik nol. Teknik pengaturan daya semacam ini dikatakan sebagai teknik *phase control*.

Grafik pada Gambar 3.7 menggambarkan hubungan antara waktu tunda penyulutan dengan daya yang disalurkan (P) dibagi dengan daya maksimum (P_{max}). Dengan waktu tunda 0 mili-detik, P/P_{max} mencapai 1.0 artinya semua daya disalurkan ke beban. Untuk frekuensi jala-jala listrik 50 Hz, waktu tunda maksimum adalah 10 mili-detik, saat itu P/P_{max} bernilai 0 artinya tidak ada daya yang disalurkan.

Hubungan waktu tunda dengan nilai P/P_{max} tidak linear, skala bagian bawah dari grafik Gambar 3.7 memperlihatkan nilai waktu tunda untuk memperoleh berbagai nilai P/P_{max} .



Gambar 3.7 Grafik waktu tunda vs P/P_{max}

Agar bisa menentukan waktu tunda dengan tepat untuk mendapatkan hasil pengaturan daya yang akurat, mikrokontroler harus mengetahui saat titik nol (*zero crossing*) dari tegangan jala-jala listrik. Dengan rangkaian pemantau titik nol tegangan jala-jala listrik yang dibentuk dengan transistor NPN sebagai interup. Pada tegangan yang sudah disearahkan ketika melewati transistor NPN akan dikuatkan sehingga menjadi gelombang kotak yang diumpankan ke kaki PTA3/IRQ mikrokontroler MC68HC908QB8. Setiap kali tegangan jala-jala listrik mulai meninggalkan titik nol, gelombang kotak akan berubah dari '1' menjadi '0' yang merupakan sinyal permintaan interupsi bagi mikrokontroler MC68HC908QB8.

3.2 Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

3.2.1 Gambaran Umum Program

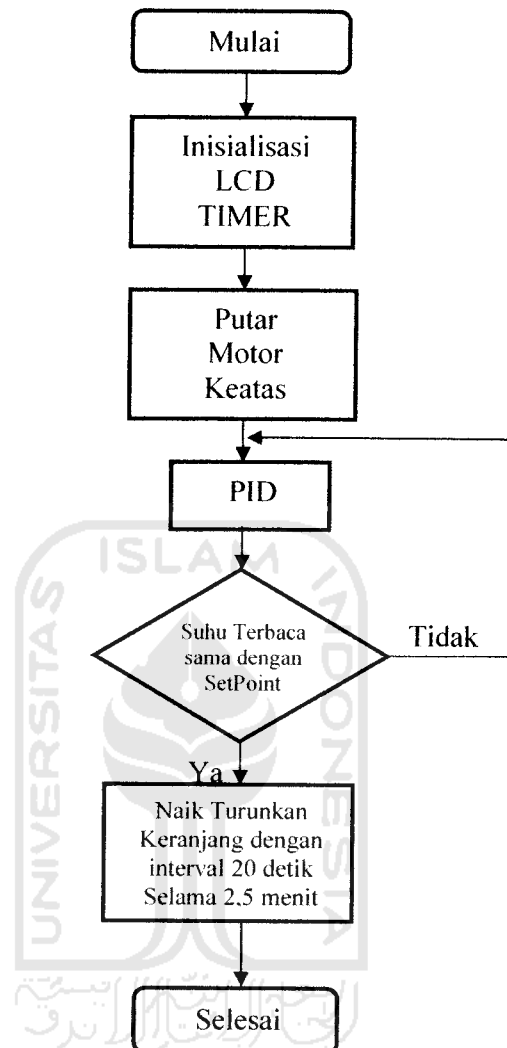
Perangkat lunak pada Alat Pemeram Panili Berbasis Mikrokontroler MC68HC908QB8 Dengan Algoritma PID ini berfungsi untuk mengendalikan keseluruhan kerja dari alat ini. Dalam diagram alir utama perangkat lunak dapat dilihat aliran kerja dari perangkat lunak yang dimulai dari langkah inialisasi sampai dengan program berakhir.

Program dimulai dengan inialisasi LCD dan Timer kemudian dengan mengecek posisi keranjang agar keranjang ketika proses dimulai posisi keranjang berada diatas untuk pengisian beban yaitu panili. Kemudian langkah berikutnya adalah memanaskan air sehingga tercapai suhu setpoint dan menggerakkan keranjang turun naik dengan interval 20 detik selama 2.5 menit.

Walapun siklus pemeraman berakhir pengendali suhu tetap bekerja mempertahankan suhu air tetap pada setpoint untuk melakukan proses pemeraman berikutnya. Hal ini agar ketika melakukan pemeraman berikutnya dengan suhu yang tetap terjaga, pemeraman dapat dilakukan berulang-ulang.

Program utama juga memiliki sub rutin kendali yang merupakan bagian dari program utama yaitu sub rutin kendali motor yang berfungsi sebagai pengendali gerak motor untuk menaikkan dan menurunkan keranjang kedalam bak perendam dan sub rutin kendali suhu yaitu sub rutin untuk mengendalikan suhu air pemeraman berupa algoritma PID yang akan mengendalikan jumlah daya yang diberikan ke *heater* melalui *driver heater*.

Bagan alir program utama dapat dilihat sebagai berikut:

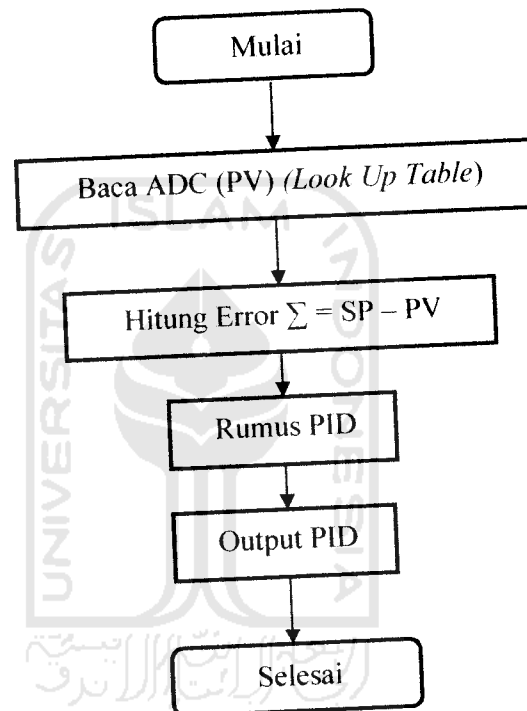


Gambar 3.8 Bagan Alir Program Utama

3.2.2 Sub Rutin Kontrol Heater

Heater yang digunakan untuk menaikkan suhu air dikendalikan oleh sistem kontrol PID dengan memanfaatkan sudut picu pada triac. Untuk memicu triac digunakan referensi frekuensi dari PLN yaitu 50Hz sehingga titik picu dapat

ditentukan sehingga daya diumpankan ke heater dapat dikendalikan. Ketika pembacaan ADC yang bekerja dalam kondisi *free running* diperoleh nilai yang dieksekusi oleh kontrol algoritma PID pada start awal kurang dari nilai SP (*Set Point*) maka sudut picu akan dilakukan pada sudut 0° . PID terus akan mempertahankan suhu pada set point dengan mengatur sudut picu sesuai dengan jumlah *error* dan *feedback*.



Gambar 3.9 Bagan alir sub rutin kontrol *heater*

3.2.3 Perancangan Pengendali PID

Perancangan sistem yang digunakan sebagai pengendali ini menggunakan rumus PID Digital sebagai berikut.

$$V_o = V' + K_p (e_0) + K_i (\text{Sumerror}) + K_d (e_0 - e_1)$$

Dimana : V_o	= Output PID
V'	= Output PID sebelumnya
K_p	= Konstanta Proporsional
K_i	= Konstanta Integral
K_d	= Konstanta derivatif
e_o	= Error sekarang
e_i	= Error sebelumnya

Output PID berupa sudut picu yaitu sinyal yang dikirimkan ke *driver heater*. Sinyal ini menentukan *timing* dari teknik *phase control* untuk mengirimkan daya ke beban. Penentuan jumlah daya ke beban diperoleh dari perhitungan rumus PID dengan masukan sinyal *feedback* yang didapatkan dari selisih nilai *Setting Point* (SP) dan *Present Value* (PV). Untuk mendapatkan nilai K_p , K_i , K_d dilakukan *tuning PID* dengan metode *trials and errors* yang selanjutnya nilai tersebut dimasukkan dalam rumus PID digital. Hasil pembacaan ADC yang merupakan level digital di sesuaikan dengan tabel suhu yang telah dikalibrasi terlebih dahulu. Selisih antara hasil pembacaan dan nilai SP yaitu *error*(e_o) merupakan input rumus PID. Kendali Proporsional memberikan kontribusi sebagai kelipatan error sebesar ketetapan P. Kendali Integral merupakan jumlah error dikalikan dengan ketetapan I, dan Kendali Diferensial merupakan selisih antara error saat ini dan error sebelumnya dikalikan dengan ketetapan D. Semakin kecil error, maka nilai PID akan semakin kecil dan jika terjadi terus maka akan semakin stabil, atau error akan 0, dan suhu yang terbaca

akan sama dengan *setpoint*. Jika terjadi perubahan suhu, maka sistem akan kembali memberi tanggapan untuk membuat suhu kembali stabil.

Misalnya diberikan contoh operasi aksi kendali suhu pada suhu 47° dengan *set point* 50°. Pada suhu 47° diambil sebagai nilai awal untuk memasukkan ke rumus PID digital. Dengan metode *trials and errors* dimisalkan nilai konstanta $K_p=10$, $K_i=1/100$ dan $K_d=10$ maka perhitungannya adalah :

$$\begin{aligned} V_o &= V' + K_p (e_o) + K_i (\text{Sumerror}) + K_d (e_o - e_1) \\ &= 0 + 10 (3) + 3/100 + 10 (3 - 3) \\ &= 30 + 0.03 + 0 \\ &= 30.03 \end{aligned}$$

Dengan nilai perhitungan diatas diperoleh nilai PID 30.03 kemudian dilanjutkan dengan menentukan timing waktu tunda untuk *driver heater*. Dengan frekuensi bus mikrokontroler 3.2MHz sebagai perhitungan clock untuk timer. Perhitungan setengah siklus sinus adalah selama 3.2MHz tetapi pada percobaan efektifitas penyulutan penuh diperoleh pada nilai 2.5MHz. Dari perolehan nilai PID dimasukkan ke rumus perhitungan waktu tunda, yaitu :

$$\begin{aligned} t &= (250 - \text{PID}) * 100 \\ t &= (250 - 30.03) * 100 \\ t &= 21997 \end{aligned}$$

Dengan referensi interupsi PLN 50Hz sebagai *starting point* maka timer akan mulai menghitung sejumlah 21997 detak dan mengirim sinyal ke *driver heater*. Sinyal ini yang akan mengaktifkan optokopler yang akan mengaktifkan triac agar membuka sekatan sehingga arus mengalir menuju *heater*. Pada clock

dengan nilai 25000 maka sama dengan sudut penyulutan 180° , sehingga nilai masing-masing nilai sudut penyulutan dapat diperoleh dengan perhitungan :

$$\alpha = \frac{180 * t}{25000}$$

$$\alpha = \frac{180 * 21997}{25000}$$

$$\alpha = 158.58^\circ$$

Dengan menggunakan perhitungan yang sama pada suhu 48° nilai *timing* penyulutan juga dapat dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_o &= V' + Kp (e_0) + Ki (\text{Sumerror}) + Kd (e_0 - e_1) \\ &= 30.03 + 10 (2) + 5/100 + 10 (2 - 3) \\ &= 30.03 + 20 + 0.05 - 10 \\ &= 40.08 \end{aligned}$$

Kemudian mencari *timing* penyulutan.

$$t = (250 - PID) * 100$$

$$t = (250 - 40.08) * 100$$

$$t = 20992$$

Sudut penyulutannya dapat diperoleh dengan perhitungan berikut,

$$\alpha = \frac{180 * t}{25000}$$

$$\alpha = \frac{180 * 20992}{25000}$$

$$\alpha = 151.14^\circ$$

Begitu juga dengan nilai suhu 49° dapat dilakukan perhitungan berikut,

$$\begin{aligned} V_o &= V' + K_p (e_o) + K_i (\text{Sumerror}) + K_d (e_o - e_1) \\ &= 40.08 + 10(1) + 6/100 + 10(1 - 2) \\ &= 40.08 + 10 + 0.06 - 10 \\ &= 40.14 \end{aligned}$$

Kemudian mencari timing penyulutan.

$$t = (250 - \text{PID}) * 100$$

$$t = (250 - 40.14) * 100$$

$$t = 20986$$

Sudut penyulutannya dapat diperoleh dengan perhitungan berikut,

$$\alpha = \frac{180 * t}{25000}$$

$$\alpha = \frac{180 * 20986}{25000}$$

$$\alpha = 151.09^\circ$$

Kemudian pada suhu 50° dapat dilakukan perhitungan berikut,

$$\begin{aligned} V_o &= V' + K_p (e_o) + K_i (\text{Sumerror}) + K_d (e_o - e_1) \\ &= 40.14 + 10(0) + 6/100 + 10(0 - 1) \\ &= 40.14 + 10 + 0.06 - 10 \\ &= 30.08 \end{aligned}$$

Kemudian mencari timing penyulutan.

$$t = (250 - \text{PID}) * 100$$

$$t = (250 - 30.08) * 100$$

$$t = 21992$$

Sudut penyulutannya dapat diperoleh dengan perhitungan berikut,

$$\alpha = \frac{180 * t}{25000}$$

$$\alpha = \frac{180 * 21992}{25000}$$

$$\alpha = 158.34^\circ$$

Output dari perhitungan rumus PID yang dieksekusi dalam mikrokontroler mempengaruhi tingkat daya yang diperoleh oleh *heater*. Perubahan-perubahan ini mempunyai pengaruh pada output tegangan sehingga tegangan yang dihasilkan oleh *driver heater* berubah-ubah.

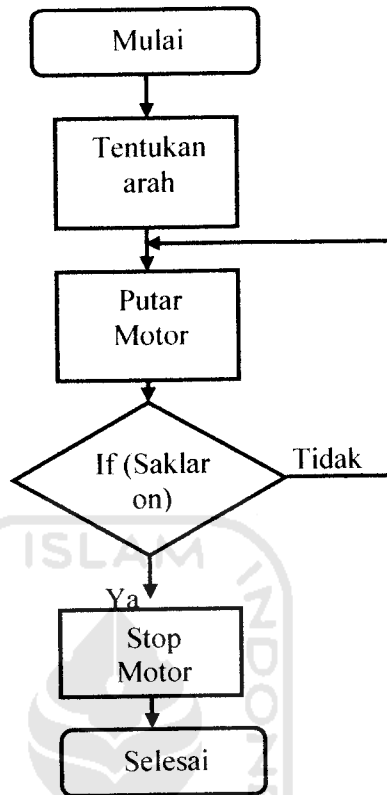
3.2.3 Sub Rutin Menaikkan dan Menurunkan Keranjang

Sub rutin ini adalah sub rutin terakhir dalam sistem elektronis ini. Sub rutin ini bekerja setelah syaratnya terpenuhi yaitu setelah suhu mencapai *set point*. Sub rutin ini bekerja mengendalikan lamanya waktu naik dan turun untuk keranjang. Waktu tempuh dari kondisi normal ke bagian bawah tungku dididih adalah 1 (satu) detik.

Karena waktu pemeraman hanya 2,5 menit atau 150 detik maka terjadi 7 kali siklus. Dalam Tabel 3.1 dapat dilihat bahwa terjadi 14 kali kejadian naik turun dari motor penggerak. Dalam *software* perintah-perintah untuk mengendalikan motor ini dalam sub rutin ini ditujukan untuk membangkitkan pewaktu dan menge-*set* kapan memberikan logika rendah (0) atau logika tinggi (1) pada *pin* PTB4 dan *pin* PTB5.

Tabel 3.1 Waktu dan kondisi motor

Langkah	Waktu (detik ke)	Kondisi Motor
1.	0	Turun
2.	20	Naik
3.	21	Turun
4.	41	Naik
5.	42	Turun
6.	62	Naik
7.	63	Turun
8.	83	Naik
9.	84	Turun
10.	104	Naik
11.	105	Turun
12.	125	Naik
13.	126	Turun
14.	146	Naik



Gambar 3.10 Bagan alir Sub Rutin Motor Naik Turun