

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode studi literatur dan eksperimen. Studi literatur dilakukan untuk mengetahui karakteristik sistem kontrol yang diperlukan dalam mengontrol air, perhitungan set point dalam sistem kontrol aliran air, dan pemilihan komponen yang mendukung sistem kontrol yang akan dibuat. Metode eksperimen dilakukan untuk mengetahui kestabilan sistem kontrol aliran air dengan variabel temperatur air pada sistem pemanas air bergantung waktu. Penelitian ini dilaksanakan pada Maret 2020 sampai dengan November 2020 dan bertempat di Laboratorium Fisika Instrumentasi Gedung FPMIPA-A dan rumah penulis.

3.2 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian berupa langkah-langkah yang ditempuh dalam melakukan penelitian ini dan ditunjukkan pada gambar 3.1 berupa diagram alir yang dapat dijelaskan dengan rinci sebagai berikut.

1. Studi literatur

Studi literatur merupakan pengkajian dasar teori sistem kontrol, cara kerja *solenoid valve*, cara kerja sensor LM35, dan mempelajari dasar PLC Omron CP1L terkait *wiring* dan bahasa pemrogramannya.

2. Pembuatan Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

Pembuatan perangkat keras (*hardware*) terdiri tahap perencanaan *wiring* sistem antar komponen yang digunakan dan perangkaian perangkat keras sesuai dengan perencanaan *wiring* yang sudah dilakukan.

Pembuatan perangkat lunak (*software*) terdiri dari tahap pembuatan diagram alir program dalam panduan membuat program pada mikrokontroler Arduino dan PLC. Tahap selanjutnya yaitu pembuatan program pada *software* Arduino IDE sehingga dapat melakukan pengukuran suhu dan mengirim sinyal digital menuju PLC Omron CP1L.

3. Pengujian Sistem Kontrol Aliran Air

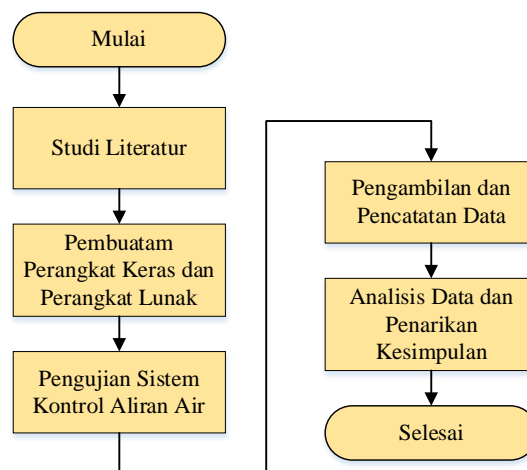
Pengujian sistem kontrol aliran air dilakukan setelah pembuatan alat telah selesai. Pengujian dilakukan dengan menguji respon sistem saat suhu air sudah melebihi *setpoint* yang ditentukan. Pada tahap pengujian juga dilakukan *troubleshooting* apabila sistem tidak bekerja sesuai dengan yang seharusnya.

4. Pengambilan dan Pencatatan Data

Setelah pengujian sistem sudah dilakukan, maka dilakukan pengambilan dan pencatatan data bersesuaian dengan pengujian. Data yang diperoleh berupa hubungan antara suhu dengan waktu dan *timing diagram* untuk I/O pada PLC untuk pengujian sistem keseluruhan.

5. Analisis Data dan Penarikan Kesimpulan

Dari data hasil pengujian kinerja sistem keseluruhan maka akan didapatkan *timing diagram* dan dianalisis sehingga mendapatkan kemampuan respon sistem. Dari hasil analisis dapat ditarik kesimpulan berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan dan hasil akhir dari penelitian ini akan dituliskan dalam sebuah tugas akhir berupa skripsi.



Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian

3.3 Alat dan Bahan

Pada penelitian ini alat dan bahan yang diperlukan untuk merangkai sistem kontrol aliran air dibutuhkan komponen elektronik. Komponen elektronik yang digunakan ditunjukkan pada tabel 3.1

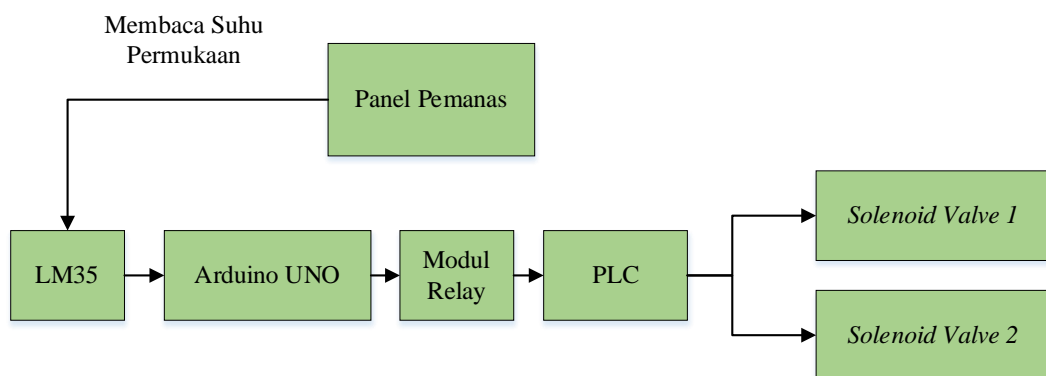
Tabel 3. 1
Komponen elektronika

Komponen Elektronika	Spesifikasi	Jumlah
Arduino UNO	ATMega382p	1 Buah
PLC Omron CP1L		1 Buah
<i>Solenoid Valve</i>	22 VDC	2 Buah
Relay Modul	<i>Single Channel</i>	1 Buah
Sensor LM35		1 Buah
<i>Power Supply</i>	20VDC/20VAC – 5A	1 Buah

Selain komponen elektronika yang dibutuhkan, pada penelitian ini diperlukan bantuan *software* dalam akuisisi data saat pengujian. Akuisisi data dilakukan menggunakan fitur *serial monitor* pada *software* Arduino IDE dan *PLC Time Trace* pada *software* CX-Programmer.

3.4 Diagram Blok Sistem

Keseluruhan sistem dan hubungan antara komponen elektronik yang digunakan ditampilkan pada gambar 3.2



Gambar 3. 2 Diagram blok sistem kontrol aliran air

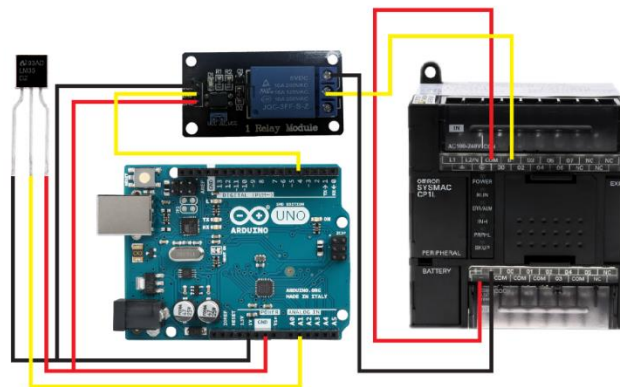
Diagram blok pada gambar 3.2 dapat dibagi menjadi dua bagian. Blok pertama blok proses oleh Arduino UNO dan blok kedua adalah blok proses oleh PLC.

Blok pertama adalah proses konversi data analog menjadi data digital yang terdiri dari LM35, arduino uno, dan modul relay. Sensor LM35 akan mengukur suhu dan dikirimkan menuju mikrokontroler arduino uno dalam bentuk data analog (tegangan) setelahnya akan diproses oleh arduino uno dan dikonversi menjadi nilai suhu, dan arduino uno akan mengatur kondisi relay berdasarkan nilai suhu yang terbaca.

Blok kedua adalah proses kontrol tutup buka *solenoid valve* yang terdiri dari PLC Omron CP1L dan dua solenoid valve. PLC Omron CP1L menerima sinyal masukan dari modul relay, PLC Omron CP1L akan menyalakan kedua *solenoid valve* ketika modul relay menyala.

Sistem ini bekerja dengan cara membaca suhu permukaan panel pemanas menggunakan LM35, pembacaan suhu LM35 berupa tegangan dengan konversi $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$. Sinyal keluaran dari LM35 kemudian diterima arduino uno yang kemudian dikonversi menjadi besaran suhu dengan satuan $^{\circ}\text{C}$. Nilai yang terukur oleh LM35 kemudian dibandingkan dengan nilai *setpoint* 40°C , apabila nilai terukur lebih besar dari nilai *setpoint* arduino akan mengirim sinyal ke modul *relay* agar menyala. Ketika modul *relay* menyala maka PLC akan menerima sinyal ON dari terminal *input* yang terhubung dengan *relay*. PLC akan memproses sinyal tersebut untuk menyalakan kedua *solenoid valve* yang terdapat pada terminal *output* PLC.

3.5 Perancangan Sistem Konversi Data



Gambar 3. 3 Skematik rangkaian pengukuran suhu

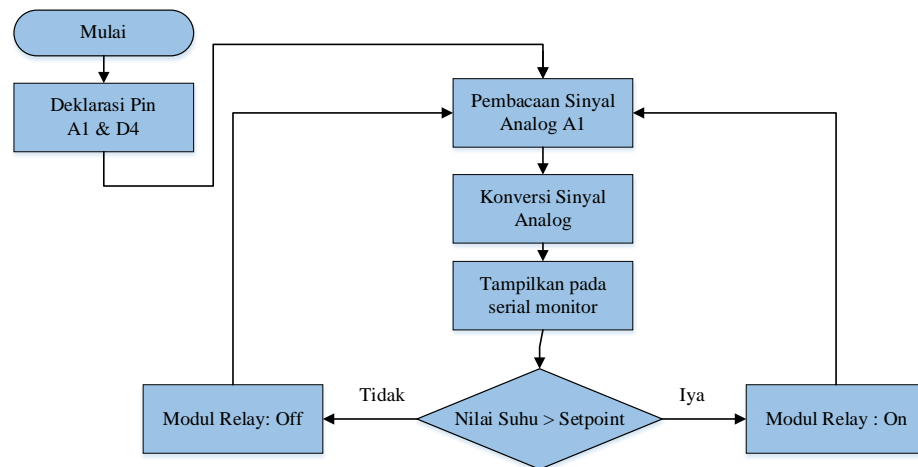
Sistem konversi data terdiri dari arduino uno yang berfungsi sebagai pemroses program konversi sinyal analog menjadi sinyal digital yang dirancang pada *software* Arduino IDE. Sistem bekerja dengan mekanisme sinyal analog berupa tegangan yang sebanding dengan suhu yang terukur akan dikirimkan oleh sensor LM35 menuju arduino. Arduino UNO akan mengonversi sinyal analog yang terbaca menjadi nilai suhu berdasarkan program yang sudah dituliskan dan akan ditampilkan di *serial monitor* pada *software* Arduino IDE. Ketika nilai suhu yang terbaca melebihi nilai *setpoint* yang ditentukan arduino uno akan menyalakan / mengatur modul relay menjadi menyala. Modul relay kemudian dihubungkan dengan PLC yang berfungsi sebagai sinyal input.

Tabel 3. 2

Konfigurasi pin komponen dengan arduino uno

Komponen Elektronika	Pin komponen	Pin Arduino Uno
LM35	1	5V
	2	A1
	3	GND
Relay Modul	VCC	5V
	IN	D4
	GND	GND

Konfigurasi pin setiap komponen elektronika pada gambar 3.3 dan ditunjukkan oleh tabel 3.2. Perancangan program pada *software* dilakukan setelah perancangan *hardware* telah selesai dilakukan. Perancangan program diawali dengan pembuatan diagram alir. Diagram alir ditunjukkan pada gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Diagram alir pemograman Arduino Uno

Sketch pemograman Arduino ditampilkan gambar 3.5. Pada *sketch* terdiri dari dua bagian, yaitu bagian inisialisasi dan *setup* dan bagian *loop*. Pada bagian awal terdiri dari deklarasi pin A1 sebagai pin masukan dari LM35 dan deklarasi variabel *val* (nilai analog). Bagian *setup* () diawali dengan mengatur fungsi kecepatan pada port *serial* menjadi 9600 bit/s setelah itu mendeklarasi pin D4 sebagai pin keluaran. Bagian *loop* () merupakan program kondisi awal dari arduino uno dan selanjutnya mengeksekusi program yang telah dibuat untuk mengatur arduino uno. Program pada bagian *loop* () akan berjalan secara berulang dalam mengatur kerja arduino uno. Program pertama bagian *loop* () terdiri dari pembacaan nilai analog dari LM35 yang kemudian dikonversi menjadi nilai suhu. Keluaran LM35 berupa nilai dengan besaran volt, keluaran LM35 dikalikan 1000 untuk merubah besaran dari V menjadi mV, dikalikan 5 karena sumber voltase untuk mengoperasikan LM35, dibagi 1024 karena itu nilai resolusi digital analog Arduino, nilai tersebut kemudian dibagi 10 karena setiap perubahan 10mV ekuivalen dengan perubahan 1 °C. Program selanjutnya adalah penulisan nilai suhu pada *serial monitor* yang terdapat pada *software* Arduino IDE. Bagian terakhir program terdiri berfungsi untuk menyalakan modul relay berdasarkan nilai suhu yang terbaca, apabila suhu yang terbaca lebih besar dari 40 °C maka modul relay akan menyala dan ketika tidak memenuhi kondisi tersebut modul relay akan diset mati.

```

int val;
int tempPin = 1;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(4, OUTPUT);
}
void loop()
{
  val = analogRead(tempPin);
  float mv = ( val/1024.0)*5000;
  float cel = mv/10;

  Serial.print("TEMPERATURE = ");
  Serial.print(cel);
  Serial.print(" *C");
  Serial.println();
  delay(1000);
  if (cel>40)
  {
    digitalWrite(4,HIGH);
  }
  else |
  {
    digitalWrite(4,LOW);
  }
}

```

Gambar 3. 5 Program konversi data pada Arduino

3.6 Perancangan Sistem Kontrol



Gambar 3. 6 Skematik rangkaian sistem kontrol PLC

Sistem kontrol terdiri dari PLC Omron CP1L sebagai pemroses program kontrol yang dirancang pada *software* CX-Programmer. Sistem ini bekerja dengan menerima sinyal masukan dari modul relay yang diatur oleh arduino uno. Ketika modul relay menyala maka PLC akan memroses masukan itu sebagai sinyal untuk menyalakan sistem. Ketika sistem sudah menyala maka kedua *solenoid valve* akan menyala dalam artian terbuka dan mengalirkan air.

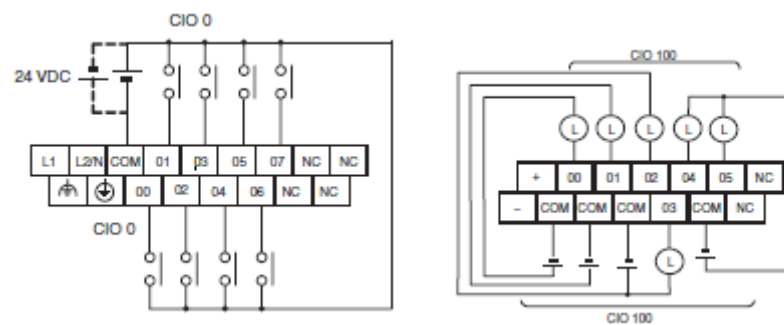
Tabel 3. 3

Konfigurasi pin komponen dengan PLC Omron CP1L

Komponen Elektronika	Pin komponen	Port PLC
<i>Solenoid Valve 1</i>	+	<i>Output 00</i>
	-	+

<i>Solenoid Valve 2</i>	+	<i>Output 01</i>
	-	+
Modul Relay	COM	<i>Input 01</i>
	NO	+24V
PLC Omron CP1L	-24V	COM (<i>Input Block</i>)
Power Supply	-	COM (<i>Output 00</i>)
	-	COM (<i>Output 01</i>)

Konfigurasi pin setiap komponen elektornika pada gambar 3.6 ditunjukkan oleh tabel 3.3. Adapula antarmuka I/O pada PLC Omron CP1L ditampilkan pada gambar 3.7

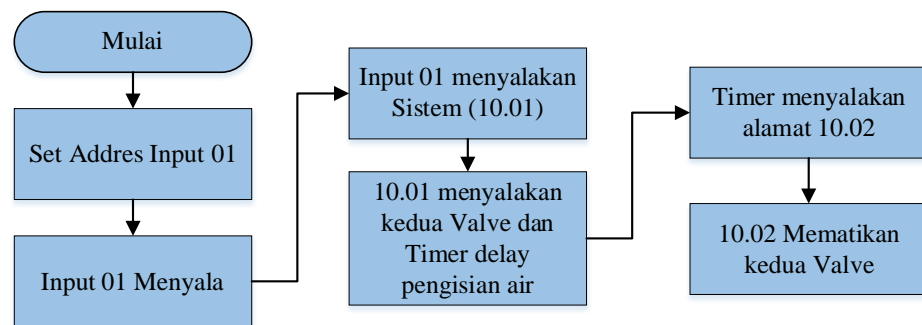


(a) Input Terminal

(b) Output Terminal

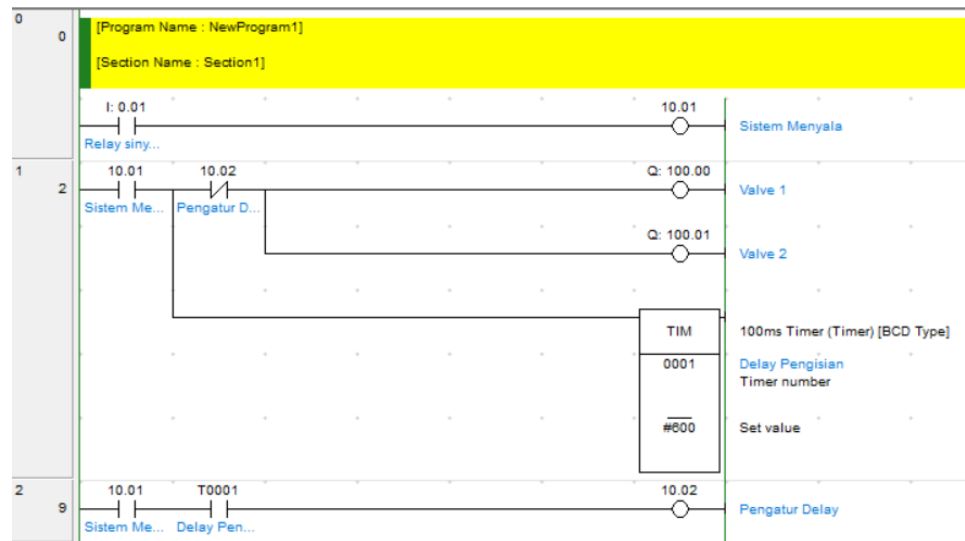
Gambar 3. 7 Antarmuka I/O PLC Omron CP1L

Pada rancangan ini, modul *relay* terhubung pada slot 01 di terminal *input* sehingga pada PLC akan terbaca pada *address* 0.01. Modul *relay* ditenagai oleh *power supply* internal PLC yang kutub positif dan negatifnya terletak pada terminal *output*, untuk kutub negatif *power supply* internal terhubung ke slot COM pada terminal *input*. Lalu untuk kedua *solenoid valve* terhubung pada slot 00 dan 01 di terminal *output*, *solenoid valve* lalu dihubungkan menuju kutub positif dari *power supply* dan kutub negatif terhubung pada slot COM di terminal *output*, informasi keadaan *solenoid valve* tersimpan pada *address* 100.00 dan 100.01. Perancangan program pada software dilakukan setelah perancangan hardware telah selesai dilakukan. Perancangan program diawali dengan pembuatan diagram alir. Diagram alir ditunjukkan pada gambar 3.8.



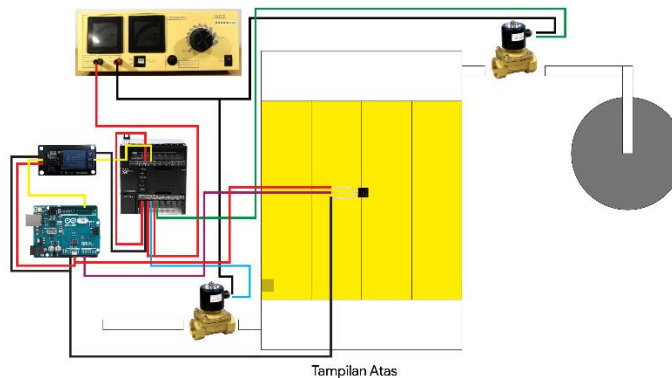
Gambar 3. 8 Diagram Alir Pemrograman PLC

Program PLC Omron CP1L ditampilkan pada gambar 3.9. Program PLC berupa program dengan tipe *Ladder Program* yang bekerja dengan memanfaatkan logika AND, OR, dan NOR. Pada baris pertama berisi *input* pada alamat 0.01 dan *output* 10.01, alamat 0.01 merupakan alamat modul relay yang terhubung dengan PLC Omron CP1L, sehingga ketika modul relay menyala maka akan menyalakan alamat *output* 10.01. Baris kedua berisi *output* 10.01 sebagai *input* dan disusun logika AND dengan alamat 10.02 yang diberi keterangan sebagai pengatur delay, alamat 10.02 diatur sebagai *input* yang bersifat berkebalikan dengan kondisinya, lalu terdapat alamat *output* 100.00 dan 100.01 sebagai pengatur kondisi *solenoid valve* satu dan dua, dan juga terdapat blok *timer* yang berfungsi menghitung mundur selama 60 detik, alamat 100.00 dan 100.01 akan menyala dan blok *timer* akan memulai hitung mundur ketika *input* 10.01 menyala. Pada baris ketiga terdiri dari alamat 10.01 sebagai *input* dan alamat T0001 sebagai *input* yang disusun dengan logika AND, ketika *timer* selesai menghitung mundur, alamat T0001 akan menyala dan menyalakan alamat *output* 10.02, ketika alamat 10.02 menyala, maka kondisi alamat 10.02 akan menyala dan memutus sinyal *input* 10.01 sehingga kedua *solenoid valve* akan mati atau memutus aliran air.



Gambar 3. 9 Program kontrol PLC Omron CP1L

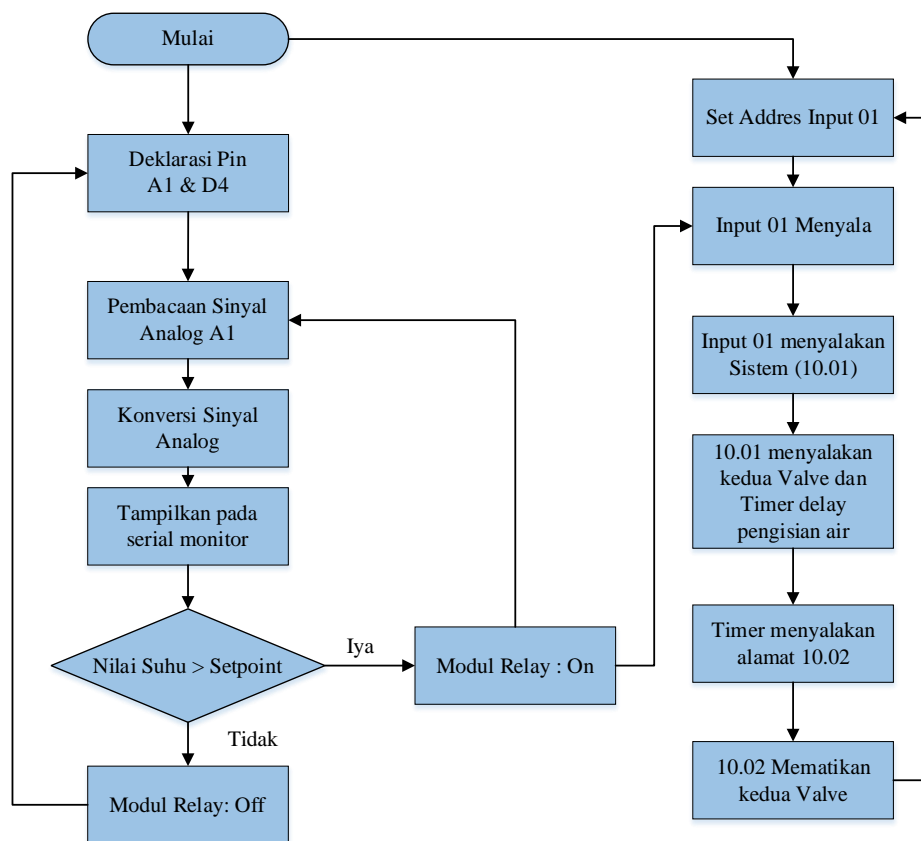
3.8 Implementasi Sistem Kontrol



Gambar 3. 10 Perencanaan sistem kontrol keseluruhan.

Pengimplementasian sistem kontrol secara keseluruhan terdiri dari koneksi antara komponen (*Analog to Digital Converter*) ADC dengan komponen sistem kontrol integrasi sistem tersebut pada panel pemanas air. *Solenoid valve* diletakkan pada masukan dan keluaran dari panel pemanas, pada masukan *solenoid valve* terhubung langsung menuju sumber air dan pada keluaran *solenoid valve* terhubung ke pipa menuju penampung air. Sensor LM35 diletakkan pada posisi tengah dari panel pemanas air dengan harapan dapat mewakili suhu keseluruhan panel pemanas air. Penentuan pemasangan *solenoid valve* yang dilakukan memanfaatkan prinsip Bernoullie, bahwa terdapat konservasi energi pada aliran air berdasarkan tekanan, elevasi, dan

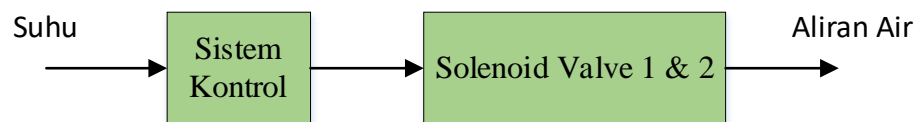
volume sehingga volume aliran air yang masuk dan keluar akan tetap sama saat proses pengisian air dingin dan pengeluaran air panas. Penggunaan konektor *drat* yang memiliki diameter berbeda antara kedua ujung antara *solenoid valve* dengan panel pemanas air dapat diatasi dengan penerapan prinsip kontinuitas yang menyatakan hubungan kecepatan aliran dari fluida ideal pada dua titik yang berbeda dengan perubahan luasan/diameter pipa, fluida akan dipercepat ketika melewati pipa yang diameternya mengecil tapi nilainya akan tetap konstan. Adapula diagram alir untuk pemrograman sistem keseluruhan ditampilkan pada gambar 3.11.



Gambar 3. 11 Diagram Alir Sistem Keseluruhan

Saat sistem menyala, sistem ADC akan mendeklarasi pin A1 sebagai *input* dari LM35 dan pin D4 sebagai pin *output* untuk modul relay, sistem kontrol akan menset dan memonitor *address input* 0.01 yang nilainya bergantung dengan kondisi *relay* yang diatur oleh sistem ADC. Saat nilai suhu masih berada di bawah nilai *setpoint* maka akan terus dilakukan pembacaan

sinyal dari LM35 pada pin A1, ketika nilai suhu sudah melebihi nilai *setpoint* maka modul relay akan menyala, saat modul relay menyala maka *address input* 0.01 akan menyala dan menyebabkan *address* 10.01 hidup dan kedua *solenoid valve* dan *timer delay* pengisian air menyala. Pada proses ini, sistem ADC terus membaca suhu yang terbaca dan kondisi *solenoid valve* akan terus terbuka hingga *timer delay* menyentuh angka 0 dan proses diulangi ke proses awal. Proses tersebut akan berulang sesuai dengan nilai suhu yang terbaca. Sistem yang dirancang merupakan sistem kontrol loop terbuka karena kondisi output yaitu aliran air tidak mempengaruhi kinerja sistem kontrol ataupun kondisi input suhu, adapula diagram loop sistem seperti gambar 3.12.



Gambar 3. 12 Diagram Loop Sistem