

BAB IV

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai perancangan dan pembuatan alat secara bertahap yang meliputi spesifikasi alat, pembuatan diagram blok sistem, pembuatan perangkat keras (hardware) dan pembuatan perangkat lunak (software) dari perancangan ini diharapkan alat dapat bekerja seperti yang direncanakan yakni mampu mengendalikan suhu dan kelembaban didalam miniatur rumah kaca untuk pembudidayaan anggrek.

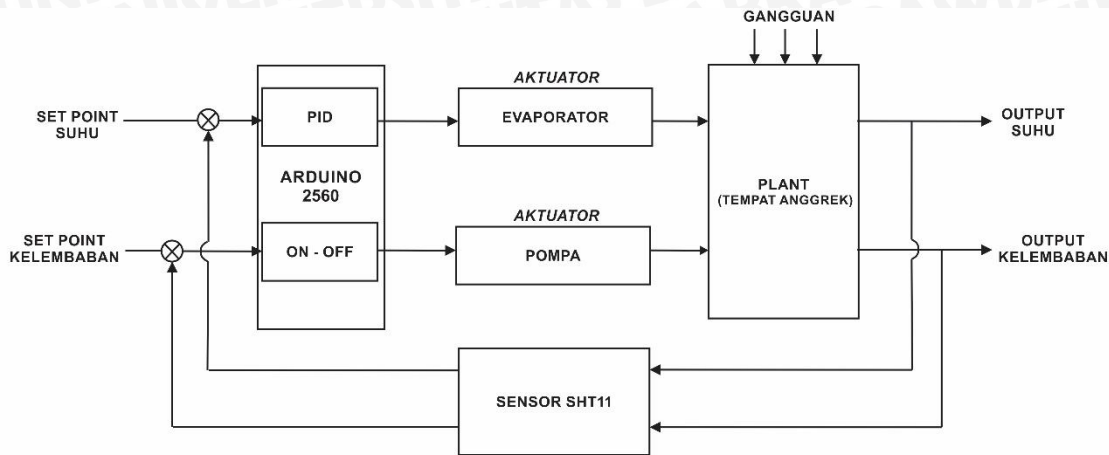
4.1 Spesifikasi Alat

Spesifikasi komponen-komponen pendukung yang digunakan dalam pembuatan alat adalah sebagai berikut:

1. Pemodelan miniatur rumah kaca berupa box berbahan acrylic dengan ukuran panjang 60 cm, lebar 30 cm, tinggi 50 cm.
2. Kendali utama menggunakan Arduino Mega 2560.
3. Menggunakan sensor suhu dan kelembaban SHT-11.
4. Menggunakan kontroler PID pada pengaturan suhu dan menggunakan kontroler ON – OFF pada pengendalian kelembaban.
5. Aktuator suhu yang digunakan adalah evaporator dan aktuator kelembaban yang digunakan adalah motor DC pompa.

4.2 Diagram Blok Sistem

Diagram blok merupakan bagian penting dari perancangan dan pembuatan alat, karena dari diagram blok dapat diketahui cara kerja dari suatu sistem serta memudahkan dalam menganalisa dan merancang sistem yang akan dibuat. Berikut adalah diagram blok dari perancangan sistem. Diagram blok sistem yang dirancang ditunjukkan dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Diagram Blok Sistem

Berdasarkan blok diagram yang ditunjukkan pada gambar 4.1 dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Setpoint pada sistem untuk suhu adalah 23°C dan untuk kelembaban adalah 60 – 70% RH
2. Sensor suhu dan kelembaban yang digunakan adalah SHT 11 yang berfungsi mendeteksi perubahan suhu dan kelembaban didalam miniatur rumah kaca (box anggrek). Perubahan yang terdeteksi oleh sensor nantinya akan menjadi input untuk mikrokontroler (Arduino Mega 2560).
3. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Mega 2560 yang berfungsi memberikan sinyal PWM (Pulse Width Modulation) pada driver motor DC L298N dan motor DC pompa.
4. Aktuator untuk pengendali suhu menggunakan evaporator yang dikendalikan dengan menggunakan kontroler PID. Aktuator untuk pengendali kelembaban menggunakan pompa motor DC yang akan memompa dan menyemprotkan air melalui sprinkle yang dikendalikan secara On-Off.

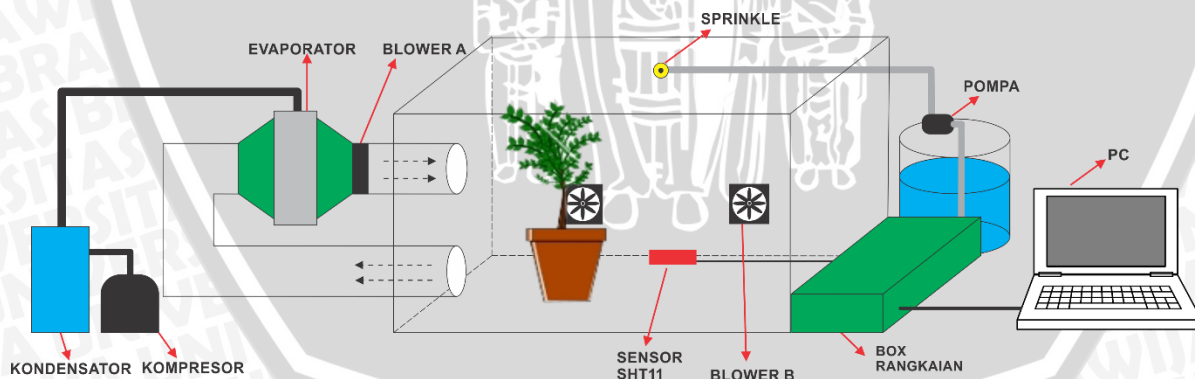
4.3 Pembuatan Perangkat Keras (*Hardware*)

Berdasarkan diagram blok yang telah dirancang perencanaan dan pembuatan perangkat keras dilakukan sebagai langkah awal sebelum terbentuknya suatu sistem beserta pemrogramannya, hal ini dimaksudkan agar sistem dapat berjalan sesuai deskripsi awal yang telah direncanakan.

4.3.1 Prinsip Kerja Sistem

Prinsip dari cara kerja sistem adalah sebagai berikut:

1. Catu daya yang digunakan ada 6 macam yaitu sebesar power supply 12 volt AC, 5 volt DC untuk mencatu Arduino Mega 2560, 12 volt DC untuk mencatu motor fan, 10 volt pompa motor DC, 5 volt untuk mencatu driver motor L298N, dan 220 volt AC untuk mencatu unit kondensator (evaporator).
2. Sensor SHT-11 membaca suhu dan kelembaban di dalam plant (box anggrek) kemudian masukan dari sensor suhu akan diproses oleh Arduino Mega 2560 dengan algoritma PID. Kemudian Arduino mengirim output PWM yang dapat mengontrol blower / fan yang terdapat di dalam unit evaporator.
3. Pendingin yang digunakan adalah evaporator yang cara kerjanya sama seperti sistem pendingin di kulkas, dengan memanfaatkan udara dingin dari evaporator dan dihisap ke dalam plant (box anggrek) dengan menggunakan blower / fan yang dikontrol dengan kontroler PID.
4. Pompa DC sebagai aktuator pengendali kelembaban dengan memompa air dan mengeluarkannya melalui sprinkle akan bekerja secara On-Off.
5. Komputer digunakan sebagai monitor proses yang terjadi di dalam plant (box anggrek). Monitor tersebut mencakup informasi suhu dan tingkat kelembaban miniatur box anggrek.



Gambar 4.2 Skema Rancang Bangun Alat

4.3.2 Pemodelan Sensor SHT-11

Jenis sensor yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban dalam penelitian ini adalah SHT11. Range pengukuran yang mampu dilakukan adalah Sensor SHT11 Dapat Mengukur suhu dari -40C hingga +123,8C, atau dari -40F hingga +4,9F dan kelembaban relatif dari 0%RH hingga 100%RH. Sensor SHT 11 Membutuhkan catu daya +5V DC dengan konsumsi daya rendah 30 μ W

Nilai gain dari sensor dapat dihitung dengan (persamaan 4.1) : (Seborg dkk, 2004:214).

$$K_{SHT} = \frac{\text{range of instrument output}}{\text{range of instrument input}} \quad (4.1)$$

Jadi nilai *gain* dari Sensor SHT suhu adalah:

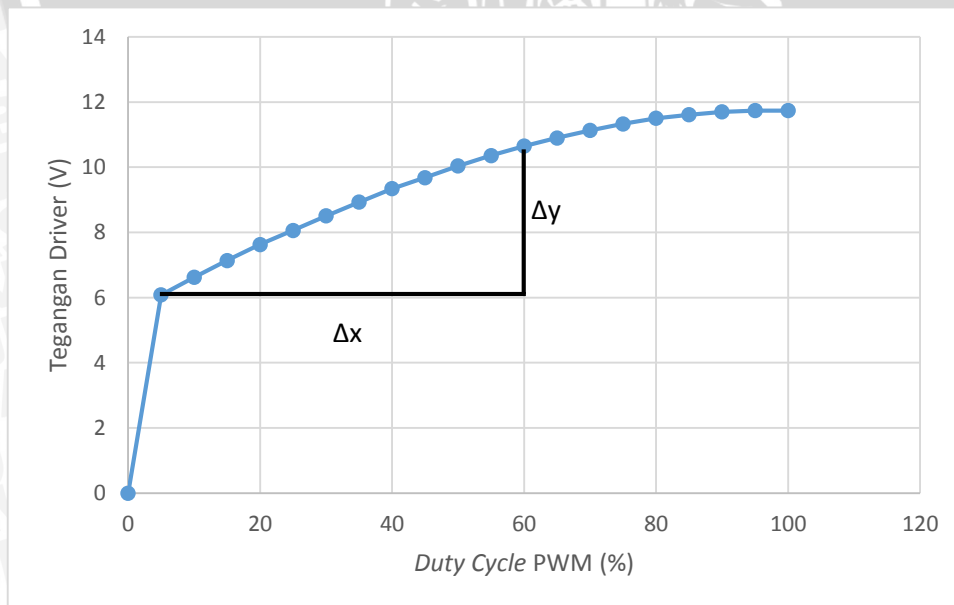
$$K_{SHT} = \frac{5 - 0}{123,8 - (-40)} = \frac{5}{163,8} = 0,04 \text{ V}/^{\circ}\text{C}$$

Sedangkan nilai *gain* dari sensor SHT kelembaban adalah:

$$K_{SHT} = \frac{5 - 0}{100 - 0} = \frac{5}{100} = 0,05 \text{ V}/\% \text{RH}$$

4.3.3 Pemodelan Driver L298N

Driver yang digunakan dalam penelitian adalah driver motor tipe L298N.



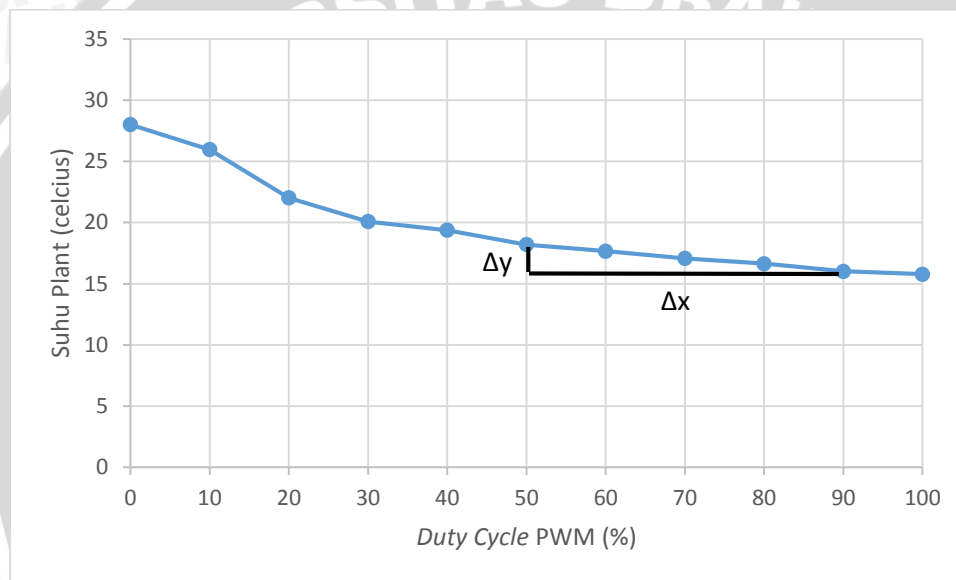
Gambar 4.3 Grafik Hubungan Antara Duty Cycle PWM dengan Tegangan Driver L298N

Didapatkan nilai gain (k) driver L298N dengan menggunakan (persamaan 4.2) , range kerja driver L2986 didaerah yang linier yakni pada Duty Cycle PWM 5– 60 % adalah

$$k = \frac{\Delta y}{\Delta x} \quad (4.2)$$

$$= \frac{10,6 - 6,08}{60 - 5} = \frac{4,52}{55} = 0.082$$

4.3.4 Pemodelan Plant (Box Anggrek)



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Antara Duty Cycle PWM dengan Suhu Plant (Open Loop)

Didapatkan nilai gain (k) dari plant (box anggrek) dengan menggunakan (persamaan 4.3) , range kerja dari plant didaerah yang linier yakni pada Duty Cycle PWM 50–90 % adalah:

$$k = \frac{\Delta y}{\Delta x} \quad (4.3)$$

$$= \frac{18,2 - 16,02}{90 - 50} = \frac{2,18}{40} = 0,055$$

4.3.5 Konfigurasi I/O Arduino Mega 2560

Pada alat ini digunakan Arduino Mega 2560 sebagai pusat kendali utama dalam melakukan proses pengendalian. Konfigurasi I/O dari Arduino Mega 2560 adalah sebagai berikut:



Gambar 4.5 Arduino Mega 2560 (m.forochoches.com)

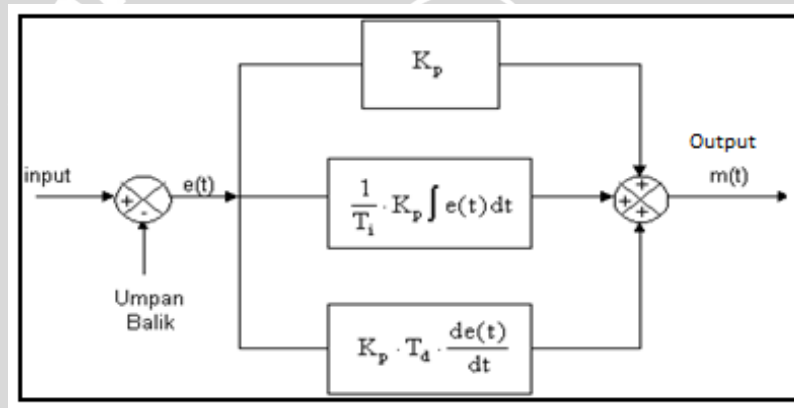
No.	Pin	Fungsi
1	2	fan cooler
2	3	pompa DC
3	20	Antar muka data dari Sensor SHT11
4	21	Antar muka clock dari Sensor SHT11
5	22	Antar muka driver motor 1
6	23	Antar muka driver motor 1
7	24	Antar muka driver motor 2
8	25	Antar muka driver motor 2
9	GND	Ground
10	52	Ground SHT11
11	5V	Sebagai catu tegangan sensor SHT11

Tabel 4.1 Penggunaan Pin Arduino Mega 2560

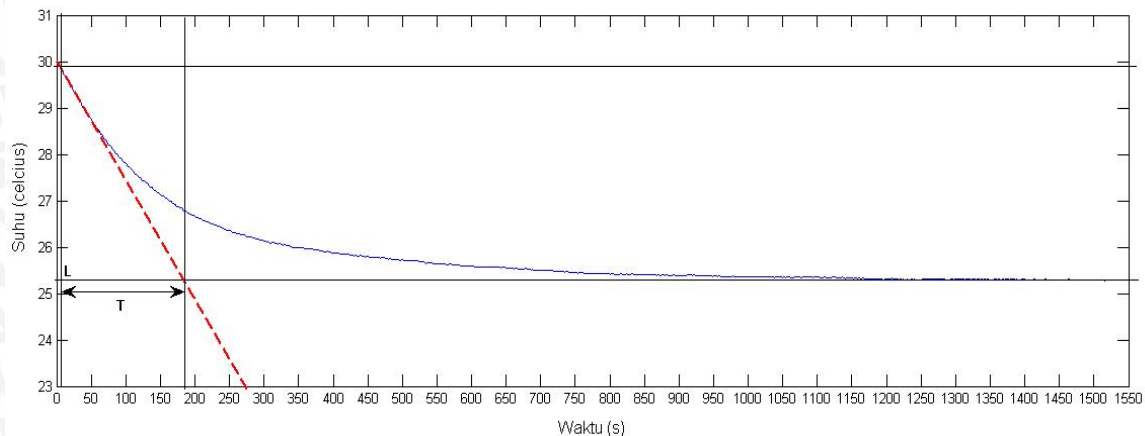
4.3.6 Perancangan Kontroler PID

Untuk memenuhi tujuan performansi *loop* dan berdasarkan karakteristik *plant* maka diperlukan adanya kontroler pada sistem tersebut. Maka digunakan kontroler Personal Integral Derivatif (PID) yang memiliki karakteristik kontrol yang cepat serta meminimalkan *overshoot* untuk menghasilkan suhu yang sesuai dengan *setpoint* yang diinginkan.

Pada pengerjaan skripsi ini digunakanlah metode *Ziegler Nichols* yang pertama sehingga mendapatkan sinyal kurve S dan dalam menentukan parameter kontroler PID yakni nilai dari gain proporsional K_p , waktu integral T_i , dan waktu derivative T_d ditentukan berdasarkan karakteristik respon transien dari *plant* yang diberikan. Berikut adalah gambar diagram blok kontrol PID yang ditunjukkan pada Gambar 4.6 serta kurva hasil perancangan kontroler menggunakan metode *Ziegler Nichols* yang ditunjukkan dalam Gambar 4.7.



Gambar 4.6 Diagram Blok Kontroler PID (Ogata K, 1997)



Gambar 4.7 Grafik Respon Sistem dengan Open Loop

Kurva berbentuk S tersebut dapat dikarakteristikan menjadi dua konstanta yaitu waktu tunda L dan konstanta waktu T . Waktu tunda dan konstanta waktu ditentukan dengan menggambar sebuah garis tangen pada titik pembelokan dari kurva S, dan menentukan perpotongan antara garis tangen dengan sumbu waktu t dan sumbu $c(t) = K$.

Dari grafik karakteristik *plant*, maka didapatkan nilai $L = 5$ s dan $T = 190$ s. Setelah mendapatkan parameter yang dibutuhkan maka bisa didapatkan fungsi alih *plant* seperti yang ditunjukkan dalam (persamaan 4.4)

$$G(s) = \frac{Ke^{-Ls}}{Ts + 1} \quad (4.4)$$

- Fungsi alih plant

$$G(s) = \frac{K_{plant}e^{-Ls}}{Ts + 1} = \frac{0.055e^{5s}}{5s + 1}$$

Dan diperoleh nilai K_p , T_i , T_d melalui (persamaan 4.5), (persamaan 4.6) dan (persamaan 4.7):

$$\begin{aligned} K_p &= 1,2 \times \frac{T}{L} \\ &= 1,2 \times \frac{190}{5} = 45,6 \end{aligned} \quad (4.5)$$

$$T_i = 2L = 2 \times 5 = 10 \quad (4.6)$$

$$T_d = 0,5L = 0,5 \times 5 = 2,5 \quad (4.7)$$

Nilai-nilai K_i dan K_d dapat dicari dengan :

$$K_i = \frac{K_p}{T_i} \quad (4.8)$$

$$= \frac{45,6}{2 \times L} = \frac{45,6}{2 \times 5} = 4,56$$

$$K_d = K_p \times T_d \quad (4.9)$$

$$= 45,6 \times (0,5 \times 5) = 45,6 \times 2,5 = 11,4$$

Dari perolehan nilai K_p , K_i , K_d maka diperoleh persamaan transformasi Laplace kontroler PID yang ditunjukkan pada (persamaan 4.10) sebagai berikut :

$$A(s) = \left(K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s \right) e(s) \quad (4.10)$$

Persamaan diatas belum bisa dimasukkan kedalam program pada Arduino maka dari itu persamaan kontinyu diatas harus diubah kedalam bentuk diskrit melalui Transformasi Z. Dalam Transformasi Z dibutuhkan waktu sampling (T_s). Digunakan metode *Backward Difference* dikarenakan metode ini memiliki sensitifitas yang lebih rendah dari metode lainnya sehingga sistem tidak mudah mengalami suatu perubahan atau osilasi saat diberi gangguan dan tetap mempertahankan performansinya. Metode *Backward Difference* mengganti nilai notasi s pada Laplace setara dengan (Asro, 2009):

$$s = \frac{1 - z^{-1}}{T_s} \quad (4.11)$$

Maka (persamaan 4.11) disubstitusikan ke dalam (persamaan 4.10) menjadi:

$$\begin{aligned} C(z) &= \left[K_p + \frac{K_i}{\frac{1 - z^{-1}}{T_s}} + K_d \frac{1 - z^{-1}}{T_s} \right] E(z) \\ &= \left[K_p + \frac{K_i \times T_s}{1 - z^{-1}} + \frac{K_d}{T_s} (1 - z^{-1}) \right] E(z) \end{aligned} \quad (4.12)$$

Lalu didapatkan

- Kontroler Proporsional : $C_p(z) = K_p E(z)$ (4.13)

- Kontroler Integral : $C_i(z) = \frac{K_i T_s}{1 - z^{-1}} \times E(z)$ (4.14)

$$C_i(z) = C_i(z)z^{-1} + K_i T_s$$

- Kontroler Diferensial : $C_d(z) = \frac{K_d}{T_s} (1 - z^{-1}) \times E(z)$ (4.15)

$$= \frac{K_d}{T_s} [E(z) - E(z)z^{-1}]$$

Dari persamaan di atas kemudian diubah kedalam persamaan beda sehingga didapatkan persamaan berikut:

- Kontroler Proporsional : $Cp(k) = Kp \times E(k)$ (4.16)

- Kontroler Integral : $Ci(k) = Ci(k-1) + Ki T_s \times E(k)$ (4.17)

- Kontroler Differensial : $\frac{Kd}{T_s} [E(k) - E(k-1)]$ (4.18)

$$C(k) = Cp(k) + Ci(k) + Cd(k) \quad (4.19)$$

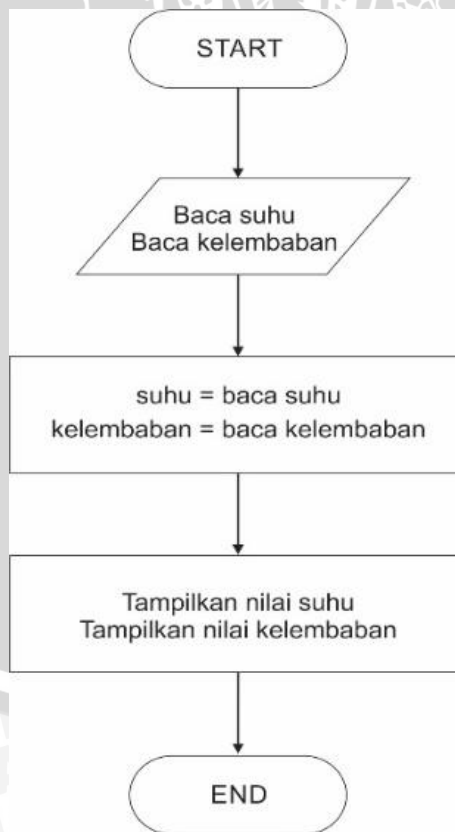
$$C(k) = [Kp \times E(k)] + [Ci(k-1) + Ki T_s \times E(k)] + \left[\frac{Kd}{T_s} [E(k) - E(k-1)] \right] \quad (4.20)$$

Dimana (k) adalah kondisi saat ini, (k-1) adalah kondisi sebelum (k). Persamaan diatas lalu dimasukkan kedalam program pada Arduino.

4.4 Perancangan Perangkat Lunak (Software)

4.4.1 Flowchart Pembacaan Sensor SHT-11

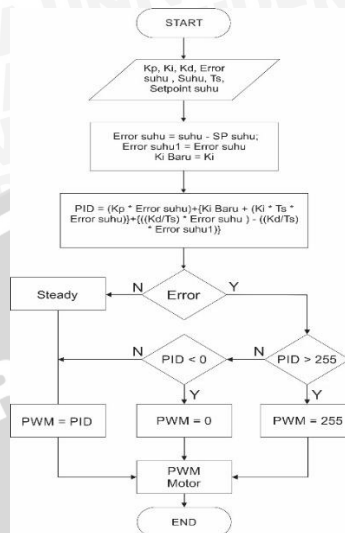
Flowchart pembacaan sensor SHT 11 ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.8 Flowchart pembacaan sensor SHT-11

4.4.2 Flowchart Perhitungan Parameter PID

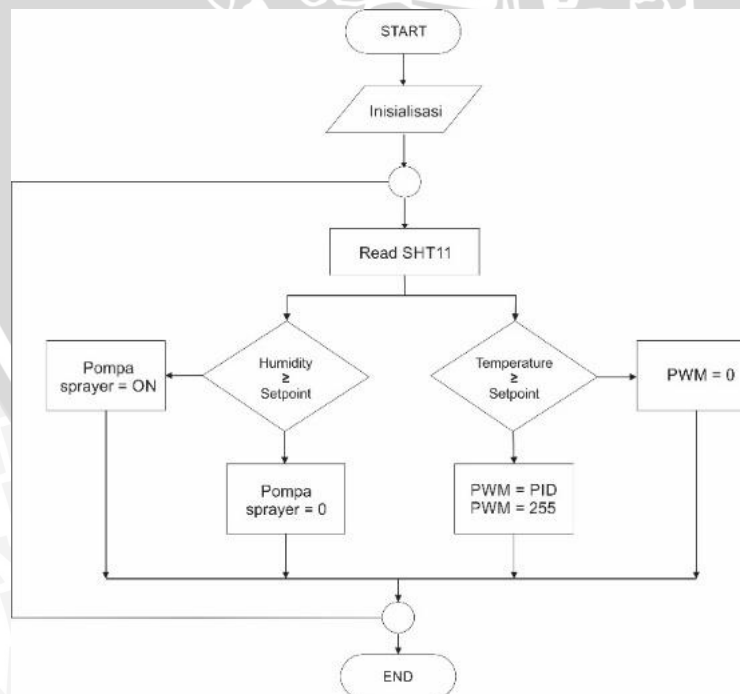
Flowchart perhitungan parameter PID ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.9 Flowchart perhitungan parameter PID

4.4.3 Flowchart Sistem Keseluruhan

Flowchart sistem keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.10 Flowchart sistem keseluruhan

