

BAB IV

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

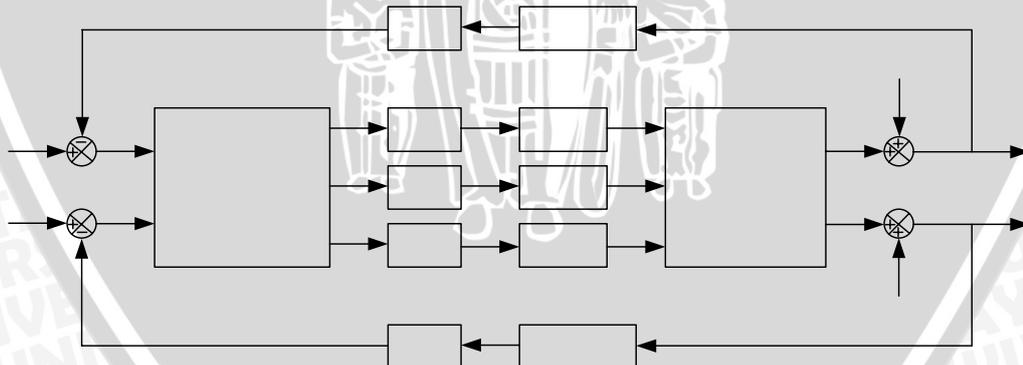
4.1 Gambaran Umum

Alat yang dibuat direncanakan mampu menjaga suhu dan kelembaban dalam ruangan pada 25°C dan 55 %. Sensor suhu dan sensor kelembaban akan membaca keadaan pada lingkungan dan memberikan masukan pada mikrokontroler AT89S52. Sistem kontrol yang digunakan adalah *Fuzzy Logic Control* yang nantinya akan dikonversikan dalam bahasa *assembler* dan diterapkan pada mikrokontroler. Dengan demikian diharapkan mikrokontroler mampu mengatur seberapa cepat kipas berputar dan berapa kalor yang dikeluarkan dari pemanas untuk menjaga suhu pada 25°C dan kelembaban pada 55 %.

Perancangan *hardware* akan dibahas pada sub bab 4.2 dan *software* akan dibahas pada sub bab 4.3.

4.2 Perancangan *Hardware*

Agar perancangan dan perealisasi alat berjalan secara sistematis maka perlu dirancang diagram blok yang menjelaskan sistem yang dibuat secara garis besar.



Gambar 4.1 Blok Diagram Logika Fuzzy yang Dirancang

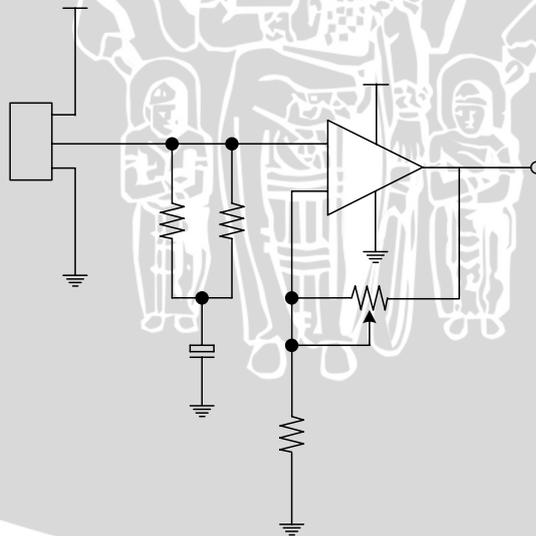
Dari diagram blok diatas dapat dilihat sistem ini memiliki bagian – bagian sebagai berikut :

1. Rangkaian sensor suhu
2. Rangkaian sensor kelembaban
3. ADC
4. Mikrokontroler
5. DAC

4.2.1 Rangkaian Sensor Suhu

Suhu ruang yang diinginkan adalah 25°C . Karena itu sensor yang akan digunakan harus memiliki daerah operasi yang mencakup suhu tersebut diatas, yaitu 25°C . Salah satu sensor suhu yang mudah digunakan adalah sensor suhu tipe IC, dengan demikian sensor suhu LM35 dapat digunakan untuk sistem ini.

Gambar rangkaian sensor suhu yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 4.2. Tegangan operasi yang umum digunakan untuk LM35 adalah 4 hingga 20 volt. Keluaran dari LM35 linier terhadap skala Celcius yaitu sebesar $10\text{mV} / ^{\circ}\text{C}$, maka tegangan keluaran ini perlu dikuatkan terlebih dahulu.



Gambar 4.2 Rangkaian Sensor Suhu

Rangkaian Op-Amp diatas merupakan rangkaian penguat tak membalik. Tegangan keluarannya mempunyai polaritas yang sama dengan masukannya. Persamaan untuk tegangan keluarannya (V_o) adalah [Robert F. Cuoghlin & Frederick F. Driscoll, 1992 : 46]

$$V_o = \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right) E$$

dimana E = tegangan masukan yang berasal dari sensor suhu

R_f = resistor variabel

R_1 = resistor 1k Ω

Dari persamaan diatas, didapatkan persamaan untuk gain tegangannya yaitu :
[Robert F. Cuoghlin & Frederick F. Driscoll, 1992 : 46]

$$A = \frac{V_o}{E} = 1 + \frac{R_f}{R_1}$$

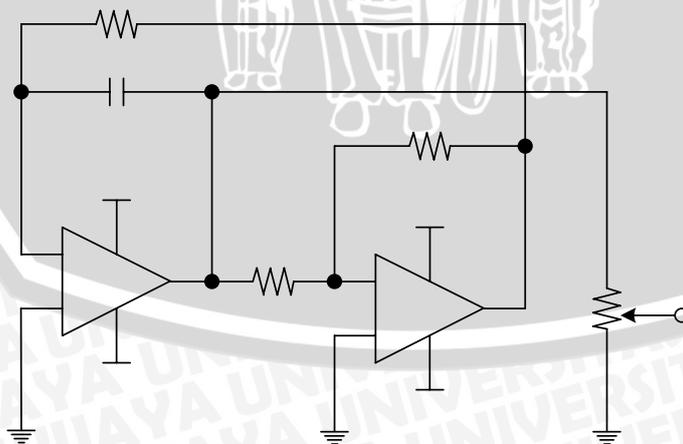
Dari Gambar 4.2, nilai R_f dapat diatur untuk mendapatkan besar penguatan yang sesuai dengan yang diinginkan.

4.2.2 Rangkaian Sensor Kelembaban

Dalam perancangan ini, nilai kelembaban yang diinginkan adalah 55% RH. Sehingga sensor kelembaban yang akan digunakan harus memiliki area operasi yang mencakup nilai tersebut. Sensor HS15P memiliki area operasi pada 20%-100% RH.

4.2.2.1 Rangkaian Pembangkit Oscilator

Untuk mengaktifkan sensor ini, diperlukan tegangan AC 1 Vrms dengan frekuensi 1 kHz. Karena itu, perlu dibuat rangkaian oscilator 1 kHz seperti tampak pada Gambar 4.3 berikut.



Gambar 4.3 Rangkaian Oscilator 1 kHz

Sumber : Robert F. Cuoghlin & Frederick F. Driscoll, 1992

Persamaan frekuensi untuk rangkaian oscilator ini adalah [Robert F. Cuoghlin & Frederick F. Driscoll, 1992 : 125]

$$f = \frac{n}{4R_1C}$$

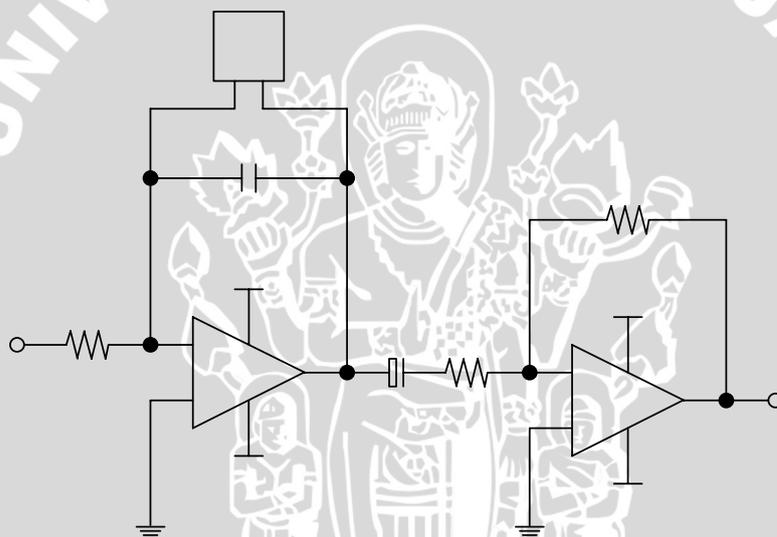
Pada perancangan ditetapkan nilai

$$R_1 = 100 \text{ k}\Omega, C = 4\text{n}7 \text{ F}, R = 47 \text{ k}\Omega, \text{ dan } nR = 100 \text{ k}\Omega.$$

Sehingga diperoleh $n = 2$ dan $f = \frac{2}{4 \cdot 10^5 \cdot 4,7 \cdot 10^{-9}} = 1063,83 \text{ Hz}$

4.2.2.2 Rangkaian Sensor HS15P dan Penguatnya

Berikutnya adalah merancang rangkaian sensor kelembaban dan penguat tegangannya, seperti tampak pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Rangkaian Sensor Kelembaban HS15P dan Penguat Pembalikny
Sumber : Robert F. Cuoghlin & Frederick F. Driscoll, 1992

Besarnya penguatan rangkaian Op-Amp sebagai penguat pembalik ditentukan dengan persamaan [Robert F. Cuoghlin & Frederick F. Driscoll, 1992 : 38]

$$A = -\frac{R_f}{R_i}$$

Tanda minus memperlihatkan bahwa polaritas keluaran terbalik terhadap masukannya. Pada Op-Amp pertama, besar R_f tergantung dari bacaan sensor kelembaban HS15P sedangkan R_i ditentukan sebesar $1,5 \text{ M}\Omega$. Dari rangkaian diatas diinginkan tegangan keluaran sebesar $0,54 \text{ V}$ pada saat masukan $2,89 \times 10^{-3}$, sehingga dapat dihitung besarnya R_i dengan menentukan R_f terlebih dahulu sebesar $1 \text{ M}\Omega$.

HS15

C1

10 pF

+ 12 V

Dari data diatas maka diperoleh:

$$V_o = \frac{R_f}{R_i} \cdot V_i$$

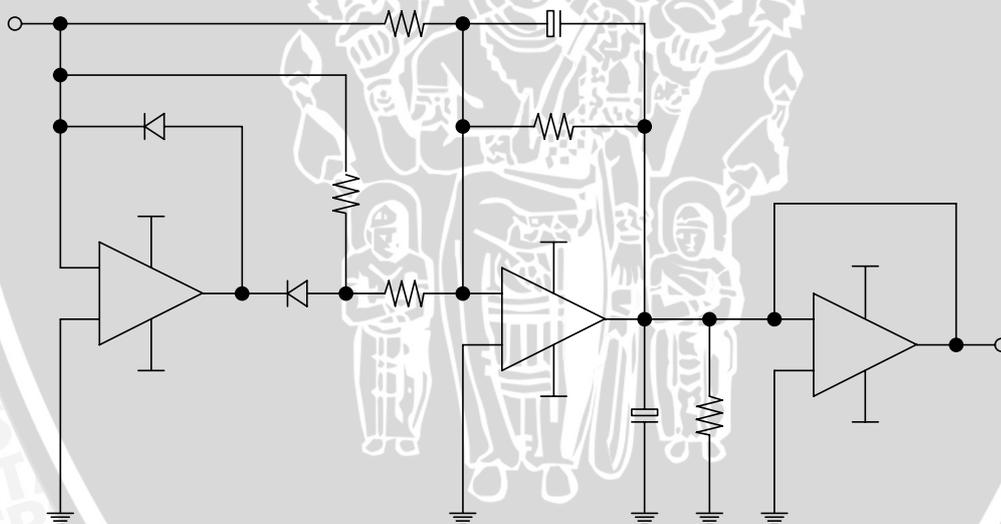
$$0,54 = \frac{1M}{R_i} \cdot 2,89 \times 10^{-3}$$

$$R_i = \frac{2,89 \times 10^3}{0,54} = 5,35k\Omega$$

Diantara kedua Op-Amp dipasang kapasitor dengan tujuan sebagai filter untuk menghalangi lewatnya sinyal DC.

4.2.2.3 Rangkaian Penyearah

Langkah selanjutnya adalah merancang rangkaian penyearah seperti pada Gambar 4.5. Rangkaian penyearah ini terdiri dari dua Op-Amp dan dua dioda yang kemudian diikuti dengan rangkaian pengikut tegangan. Nilai R adalah sebesar 20 k Ω

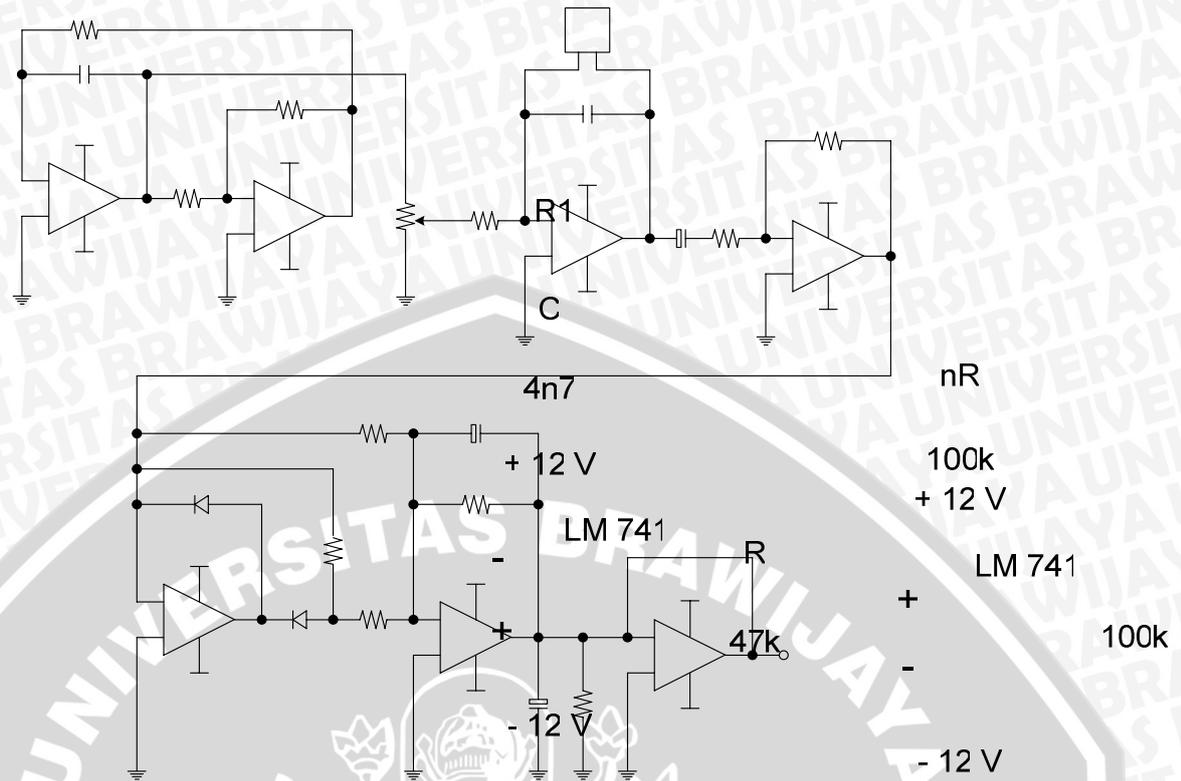


Gambar 4.5 Rangkaian Penyearah dengan Pengikut Tegangan

Sumber : Robert F. Cuoghlin & Frederick F. Driscoll, 1992

IN

R



Gambar 4.6 Rangkaian Sensor Kelembaban Keseluruhan

4.2.3 Rangkaian Pengkondisi Sinyal

Rangkaian pengkondisi sinyal memiliki fungsi sebagai pembanding antara tegangan referensi dengan tegangan *output* dari sensor, yang mana diharapkan tegangan keluaran dari rangkaian sensor dapat dikondisikan sesuai dengan range yang dirancang pada ADC0809, pada skripsi ini rangkaian ADC0809 menggunakan range (tegangan masukan) antara 0V - 5V.

Pada perancangan alat ini, rangkaian pengkondisi sinyalnya menggunakan rangkaian penguat selisih tegangan (penguat *differensial*), di mana penguat ini merupakan penguat yang cukup presisi untuk menguatkan sinyal-sinyal kecil, dan juga rangkaian pengkondisi sinyal ini nantinya akan menghubungkan antara sensor dengan ADC. Rangkaian pengkondisi sinyal yang dirancang pada skripsi ini merupakan gabungan dari rangkaian *voltage follower (buffer)*, yang mana rangkaian *buffer* di sini berfungsi hanya sebagai penyangga tegangan *output*, agar supaya *output* tidak mempengaruhi tegangan pada input dan rangkaian penguat selisih tegangan, di mana tegangan keluaran dari masing-masing rangkaian *buffer* langsung dihubungkan pada masing-masing masukan (input) dari rangkaian penguat *differensial*.

4.2.3.1 Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor Suhu

Perencanaan yang diinginkan pada rangkaian pengkondisi sinyal sensor suhu adalah, dengan range tegangan masukan antara 0.15 volt – 0.35 volt yang berasal dari rangkaian sensor suhu LM35, rangkaian pengkondisi sinyal (RPS) akan menghasilkan tegangan keluaran sebesar 0 – 5 Volt. Rangkaian pengkondisi sinyal ini menggunakan IC op-amp 741 yang dirancang menjadi rangkaian penguat *differensial* atau rangkaian pembanding, berikut ini adalah perancangannya:



Gambar 4.7 Blok Diagram RPS untuk Rangkaian Sensor Suhu

$$\text{Suhu (min)} = 15^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Suhu (max)} = 35^{\circ}\text{C}$$

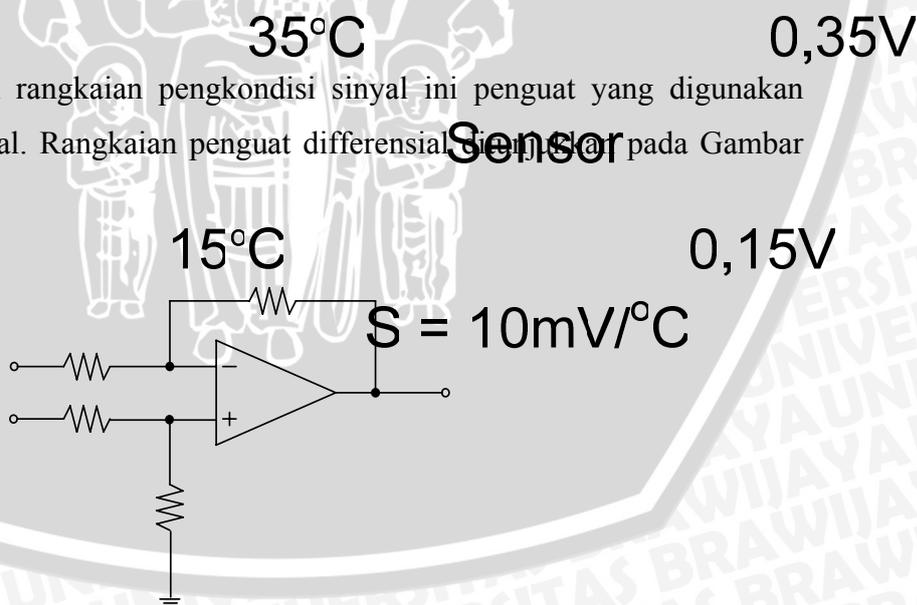
$$V_i (\text{max}) = 35^{\circ}\text{C} \times 10\text{mV}/^{\circ}\text{C} = 0,35\text{V}$$

$$V_i (\text{min}) = 15^{\circ}\text{C} \times 10\text{mV}/^{\circ}\text{C} = 0,15\text{V}$$

$$V_o (\text{max}) = 5\text{V}$$

$$V_o (\text{min}) = 0\text{V}$$

Pada perancangan rangkaian pengkondisi sinyal ini penguat yang digunakan adalah penguat differensial. Rangkaian penguat differensial pada Gambar 4.8 dibawah ini:



Gambar 4.8 Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor Suhu

Dari rangkaian diatas maka dapat dihitung besarnya R_f dengan menggunakan rumus seperti dibawah ini:

$$V_o = \frac{R_f}{R_i} (V_2 - V_1)$$

- Untuk $V_o = 0V$, maka:

$$0 V = \frac{R_f}{R_i} (0,15 - V_1)$$

Agar dihasilkan tegangan keluaran sebesar $0V$ maka V_1 harus $0,15V$

$$\begin{aligned} 0 V &= \frac{R_f}{R_i} (0,15 - 0,15) \\ &= 0 V \end{aligned}$$

- Untuk $V_o = 5 V$, maka:

$$\begin{aligned} 5 V &= \frac{R_f}{R_i} (0,35 - 0,15) \\ &= \frac{R_f}{R_i} 0,20 \end{aligned}$$

Misal $R_i = 1k\Omega$, maka:

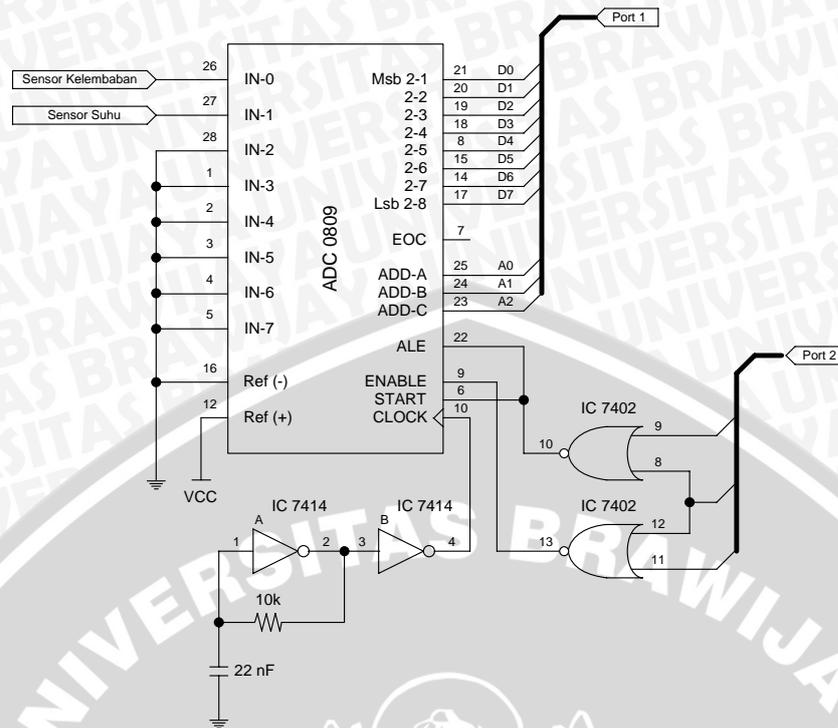
$$5 V = \frac{R_f}{1k\Omega} 0,20$$

$$5 \times 1k\Omega = R_f \times 0,20$$

$$\begin{aligned} R_f &= \frac{5 \cdot 1k\Omega}{0,20} \\ &= 25 k\Omega \end{aligned}$$

4.2.4 ADC 0809

ADC0809 merupakan komponen yang digunakan untuk mengkonversi sinyal analog dari sensor suhu dan kelembaban menjadi data digital. Lebar data keluaran ADC 0809 adalah 8-bit yang nantinya digunakan sebagai masukan untuk mikrokontroler AT89S52 yang membutuhkan masukan berupa sinyal digital yang juga lebar datanya 8-bit. Waktu konversi ADC 0809 adalah $100\mu s$ yang sangat cepat untuk pengkonversian tegangan dengan perubahan lambat.



Gambar 4.9 Rangkaian ADC & Pembangkit Clock

4.2.4.1 Konfigurasi Penyamat Pada IC ADC 0809

ADC0809 merupakan pengubah analog ke digital dengan masukan-masukan analog yaitu $V_{in} (+)$ dan $V_{in} (-)$ dan mempunyai 8 bit keluaran yaitu DB0 sampai DB7. Dalam perancangan ini ADC mengkonversi antara 0 volt sampai dengan 5 volt, sehingga penyemat 12 diberikan tegangan sebesar:

$$V_{out} = V_{ref} \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \dots + \frac{1}{256} \right)$$

$$5V = V_{ref}(0,996)$$

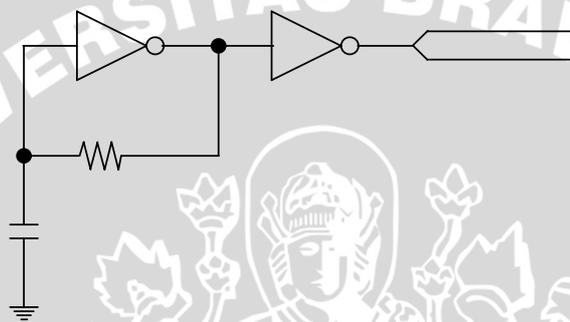
$$V_{ref} = \frac{5}{0,996} = 5,0196 \text{ Volt} \cong 5 \text{ Volt}$$

Sesuai dengan karakteristik ADC0809, tegangan maksimal akan sama dengan 5 volt. Sedangkan tegangan catu 5 volt, keluaran biner ADC akan berada pada range antara 00H (0000 0000B) pada saat tegangan 0 Volt sampai FFH (1111 1111B) pada saat tegangan input mencapai 5 volt. Apabila tegangan maksimalnya 5 volt, maka kenaikan tegangan setiap step adalah:

$$\text{Besarnya tegangan setiap step} = \frac{V_{ref}}{2^n - 1} = \frac{5V}{2^8 - 1} = 0,196 \text{ Volt}$$

Resolusi ADC adalah perubahan terkecil yang terjadi pada keluaran analog sebagai suatu hasil dari perubahan masukan digital. Dengan n adalah jumlah bit keluaran biner IC ADC. Untuk $V_{maksimal} = 5$ volt dan $n = 8$ -bit, besar tegangan tiap step adalah $5/255 = 19,6$ mV.

ADC 0809 mengubah sinyal masukan analog menggunakan metode pendekatan beruntun. Untuk menjalankan proses konversi diperlukan sebuah masukan *clock*. Masukan *clock* diambil dari rangkaian pembangkit *clock* yang terdiri dari resistor, kapasitor dan inverter. Rangkaian pembangkit *clock* ditunjukkan seperti Gambar 4.10 dibawah ini:



Gambar 4.10 Rangkaian Pembangkit Pulsa *Clock*

Perhitungan dari rangkaian *clock* di atas adalah

$$f = \frac{1}{1,2.R.C}$$

$$f = \frac{1}{(1,2 \times 1000 \times 2,2 \times 10^{-9})}$$

$$f = 378,78 \text{ KHz}$$

frekuensi tersebut dianggap mampu membuat ADC bekerja secara normal. **A**

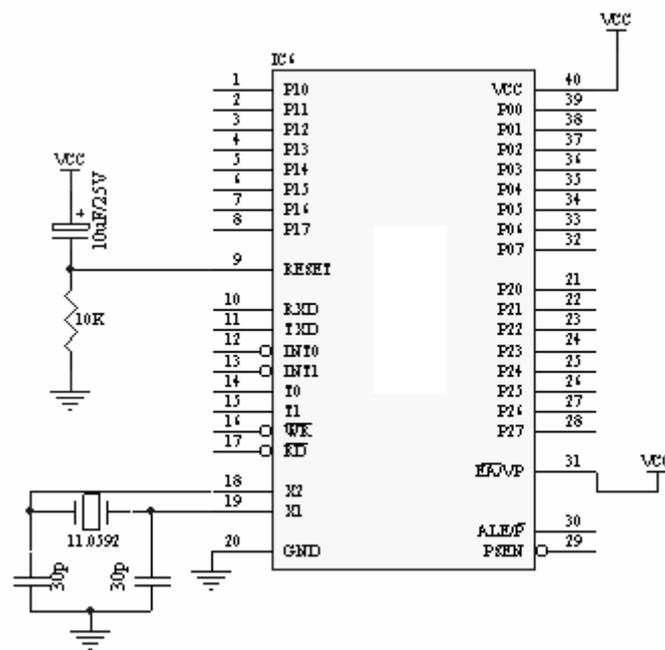
Hubungan pin-pin ADC0809 dengan komponen lain ditunjukkan dalam Gambar 4.9. Jalur data 8-bit ADC0809 dihubungkan dengan bus data dari hardware mikrokontroler. Jalur alamat 3-bit, ADD-A, ADD-B, ADD-C dikendalikan oleh mikrokontroler masing – masing melalui jalur alamat A0, A1, A2. Sinyal **10k** *Enable* dihubungkan ke keluaran dua rangkaian pengendali ADC. Sinyal EOC dihubungkan ke start ADC dan ALE. Tegangan referensi ADC adalah 0 V untuk V_{ref-} dan 5 V untuk V_{ref+} . Karena tegangan kerja rangkaian adalah 5 V, maka tegangan referensi ini dihubungkan dengan catu daya 5Volt yang mencatu rangkaian. Masukan ALE dihubungkan dengan masukan Start sehingga pensinyalan menjadi lebih sederhana.

IC 7414

2 3

22nF

4.2.5 Mikrokontroler AT89S52



Gambar 4.11 Mikrokontroler AT89S52 dengan rangkaian pendukungnya

Mikrokontroler AT89S52 memerlukan rangkaian-rangkaian tambahan untuk dapat bekerja. Gambar 4.11 menunjukkan rangkaian-rangkaian tambahan yang diperlukan tersebut. Untuk menggunakan osilator internal digunakan sebuah kristal antara pin XTAL1 dan XTAL2 dan dua buah kapasitor yang dihubungkan dengan *ground*. Frekuensi kristal yang digunakan adalah 11,0592 MHz dan kapasitor yang digunakan adalah 30 pF. Pemilihan frekuensi kristal sebesar 11,0592 MHz dilakukan agar pada port serial dapat diperoleh *baud rate* sebesar 19200 bps. *Baud rate* dapat diperoleh dengan persamaan [Sencer Yeralan dan Ashutosh Ahluwalia, 1995:12]

$$\text{Baud rate} = \frac{2^{\text{SMOD}} \times (\text{Frekuensi osilator})}{384 \times (256 - \text{TH1})}$$

Frekuensi osilator = Frekuensi kristal osilator yang digunakan

SMOD = Isi bit SMOD pada register *power control* (PCON)

TH1 = Nilai yang diisikan pada register TH1

Untuk memperoleh *baud rate* sebesar 19200 bps dengan frekuensi osilator 11,0592 MHz maka SMOD di-*set* dan TH1 diberi nilai 253. Penggunaan kapasitor 30 pF telah ditentukan dalam *datasheet* AT89S52.

Rangkaian *power on reset* diperlukan untuk mikrokontroler agar pada saat mikrokontroler diaktifkan *program counter* di-*reset* sehingga perintah program yang

dieksekusi dimulai dari alamat 0. Jika pin RST diberi logika *high* selama dua siklus mesin, maka mikrokontroler akan direset. AT89S52 menggunakan 12 siklus osilator per siklus mesin. Dengan demikian untuk *me-reset* mikrokontroler diperlukan 12×2 siklus osilator. Satu siklus osilator memerlukan waktu $1/11059200$ detik atau $9,042 \times 10^{-8}$ detik, sehingga untuk *me-reset* mikrokontroler diperlukan logika *high* pada pin RST selama $2,17 \times 10^{-6}$ detik. Logika *high* pada pin RST didapat dengan tegangan minimal $0,7 V_{CC}$ atau 3,5 V. Rangkaian *power on reset* yang dibentuk dengan rangkaian RC dalam Gambar 4.11. Jika dianggap terdapat energi awal yang tersimpan dalam kapasitor, maka respons rangkaian adalah [William H. Hayt, Jr, 1988:132]

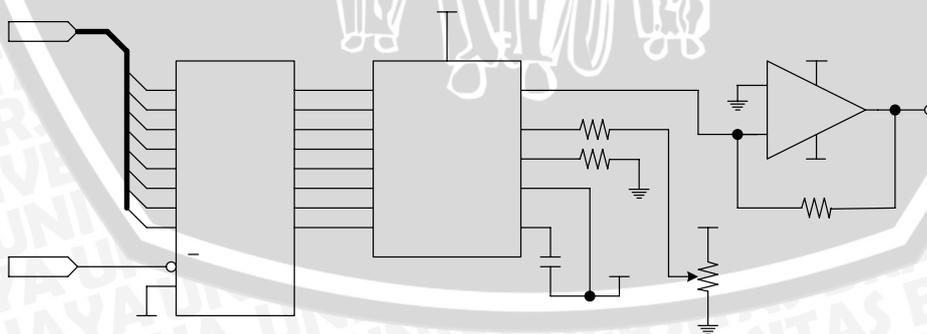
$$v(t) = v(0)e^{-t/RC} = V_0 e^{-t/RC}$$

Persamaan ini dapat diturunkan untuk mendapatkan menjadi berikut ini

$$t = R.C \ln \frac{V_0}{v(t)}$$

Dengan V_0 sama dengan V_{CC} sebesar 5 V dan $v(t)$ sama dengan $0,7 V_{CC}$ atau 3,5 V, ditentukan C sebesar 10 μF dan t sebesar 0,03 detik. Nilai t lebih besar daripada $2,17 \times 10^{-6}$ detik sehingga rangkaian tersebut dapat digunakan untuk *me-reset* mikrokontroler. Dengan menggunakan persamaan $t = R.C \ln \frac{V_0}{v(t)}$ didapatkan nilai R sebesar $8,411 \times 10^3$, sehingga dipilih resistor dengan resistansi 10 k Ω .

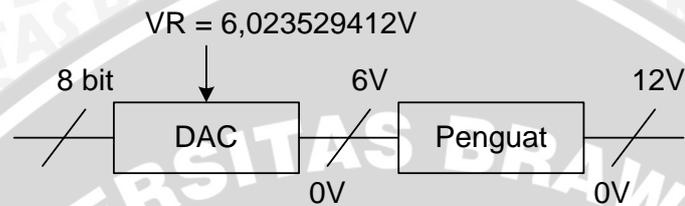
4.2.6 DAC 0808



Gambar 4.12 DAC0808 untuk kipas dan pemanas DC dengan rangkaian pendukungnya

Rangkaian DAC menggunakan IC DAC0808 sebagai bagian yang berfungsi untuk mengkonversi data digital dari mikrokontroler menjadi sinyal analog. Hubungan

pin-pin DAC0808 dengan komponen lain ditunjukkan dalam Gambar 4.12. Jalur data 8-bit DAC0808 dihubungkan dengan Port 0 dari mikrokontroler melalui IC 74ALS573. Pin Vee dan COMP dihubungkan dengan tegangan DC sebesar -15 volt. Pin Vrf(+) dihubungkan dengan rangkaian pembagi tegangan yang dapat diatur besar tegangannya menggunakan resistor variabel sedangkan pin Vrf(-) di *ground*. Pin Iout dihubungkan dengan rangkaian kipas atau pemanas DC.



Gambar 4.13 Blok Diagram DAC Untuk Kipas

$$V_{out} = V_R \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \dots + \frac{1}{256} \right)$$

$$6 = V_R \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \dots + \frac{1}{256} \right)$$

$$V_R = \frac{6}{0,99609375}$$

$$= 6,023529412V$$

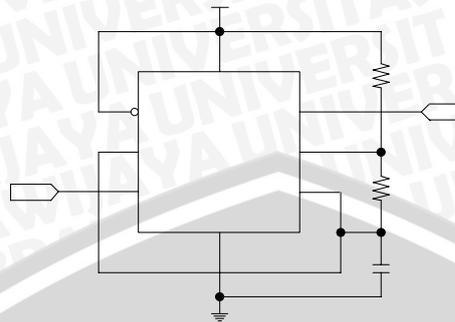
4.2.7 Driver Pemanas

Driver pemanas digunakan untuk mengubah tegangan dari $0 - 5$ V DC menjadi beban AC. Driver pemanas ini terdiri dari rangkaian *pulse position modulation* dan rangkaian driver heater.

4.2.7.1 Pulse Position Modulation

Rangkaian *pulse position modulation* ini berfungsi sebagai penghasil pulsa, pulsa tersebut akan men-*switching* rangkaian *opto triac* untuk menggerakkan pemanas. Adapun cara pengaturan daya pemanas dengan rangkaian *pulse position modulation* ini adalah dengan mengatur *duty cycle* pulsa yang dihasilkan. Cara mengatur *duty cycle* pulsa tersebut yaitu dengan mengubah tegangan *input* pada pin 5. Tegangan *input* maksimumnya adalah sebesar 5 volt dan tegangan *input* minimumnya sebesar 0 volt. Apabila tegangan *input* rangkaian *pulse position modulation* ini dinaikkan maka daya

yang dihasilkan oleh pemanas akan naik dan daya tersebut akan maksimal apabila tegangan *input* rangkaian *pulse position modulation* mencapai 5 volt.



Gambar 4.14 Rangkaian *Pulse Position Modulation*

4.2.7.2 Rangkaian *Driver Heater*

Untuk mengendalikan daya beban pemanas digunakan *triac* Q4008LTH sebagai drivernya. Sedangkan sebagai driver *triac* digunakan *optotriac* MOC3021 yang berfungsi sebagai peng-isolasi antara rangkaian mikrokontroler dengan beban AC (pemanas). Rangkaian *optotriac* dan *triac* ini dapat dilihat pada Gambar 4.15

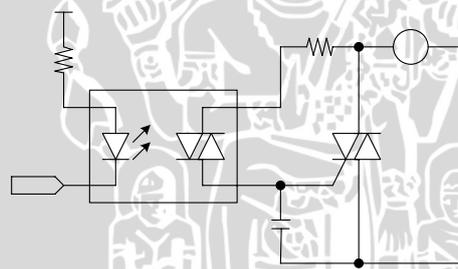
IC 555

4 R

2 TRIG

5

CVolt



Gambar 4.15 Rangkaian *Driver Heater*

4.2.8 Rangkaian *Driver kipas*

Rangkaian *driver* kipas DC diperlukan untuk menggerakkan kipas DC sesuai dengan perencanaan. Rangkaian driver ini menggunakan rangkaian darlington, yang terdiri dari dua transistor yang dihubungkan secara seri. Rangkaian darlington ini berfungsi untuk menguatkan arus yang dihasilkan oleh rangkaian DAC.

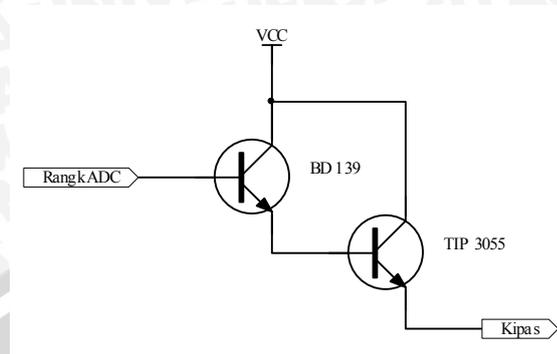
Besarnya penguatan ini tergantung dari hfe transistor yang digunakan, semakin besar hfe dari transistor maka penguatan arusnya juga semakin besar. Dalam perancangan ini transistor yang digunakan adalah BD 139 dan TIP 3055.

Keluaran dari rangkaian DAC dihubungkan dengan kaki basis dari transistor BD 139 sedangkan kaki emitor dihubungkan dengan kaki basis dari transistor TIP 3055.

Vcc



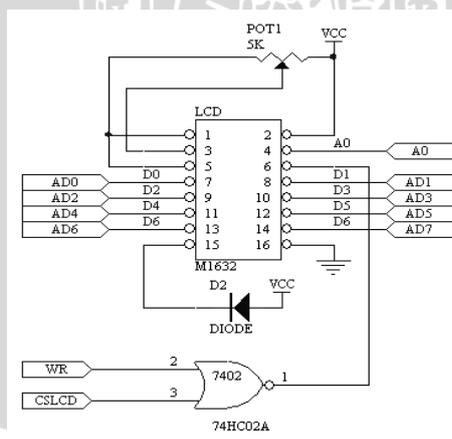
Kaki emitor dari TIP 3055 dihubungkan dengan kipas DC sedangkan kaki kolektor dari transistor BD 139 dan TIP 3055 dihubungkan dengan Vcc. Rangkaian darlington ini dapat dilihat seperti rangkaian dibawah ini:



Gambar 4.16 Rangkaian Driver Kipas

4.2.9 Unit Penampil (LCD)

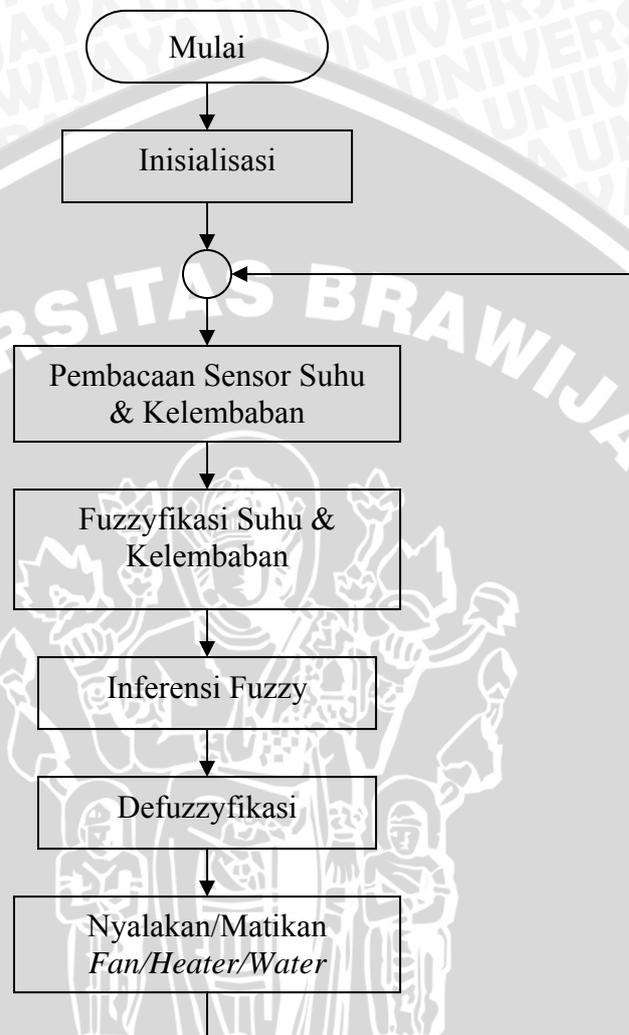
Dalam perancangan sistem ini menggunakan sebuah layar penampil yang berupa *Liquid Crystal Display* (LCD). Piranti yang digunakan untuk mendukung pengoperasian sistem agar dapat dioperasikan secara interaktif adalah penampil kristal cair. Tipe penampil kristal cair yang digunakan adalah TM1632 yang mempunyai 2 baris tampilan dan masing-masing terdiri atas 16 karakter tiap barisnya. Penampil kristal cair tipe TM1632 ini dilengkapi pula dengan *back light* berwarna hijau. Rangkaian penampil kristal cair ditunjukkan dalam Gambar 4.17.



Gambar 4.17 Rangkaian Penampil (LCD)

4.3 Perancangan Software

Software untuk mikrokontroler AT89S52 dibuat dengan Ride 51 Copyright © 1995-2004 Raisonance SA. Diagram alir perancangan software secara garis besar dapat dilihat pada Gambar 4.18.



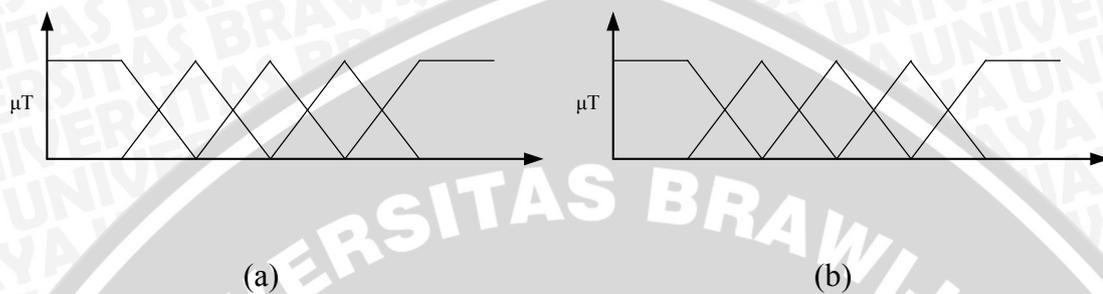
Gambar 4.18 Diagram Alir Pemrograman Fuzzy Secara Umum

Program ini dirancang agar mikrokontroler mampu membaca *input* (masukan) dari sensor suhu dan sensor kelembaban yang kemudian akan dibentuk himpunan keanggotaan dari kedua masukan tersebut atau yang sering disebut sebagai *fuzzyfikasi* untuk data dari sensor suhu dan sensor kelembaban ini. Setelah proses *fuzzyfikasi* terlaksana, mikrokontroler akan melakukan *inferensi rules*. Aturan – aturan yang digunakan disimpan sebagai *data base*. Hasil dari *inferensi rules* akan di-*defuzzyfikasi* sebelum dikeluarkan sebagai keputusan.

4.3.1 Fuzzyfikasi

Inisialisasi merupakan bagian awal program yang berisi pendeklarasian semua variabel yang akan digunakan.

Pada proses fuzzyfikasi, suhu dan kelembaban masing-masing dibagi menjadi lima fungsi anggota segitiga simetris yaitu *negative big* (NB), *negative small* (NS), *zero* (Z), *positive small* (PS), dan *positive big* (PB) seperti tampak pada Gambar 4.19.



Gambar 4.19 (a) Fuzzyfikasi Suhu dan (b) Fuzzyfikasi Kelembaban

Langkah pertama yang dilakukan adalah penentuan batas-batas tiap anggota himpunan untuk suhu, seperti berikut ini :

- | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------|--|--|--|--|
| • suhu $\leq 20^{\circ}\text{C}$ | masuk dalam himpunan NB | | | | |
| • $15^{\circ}\text{C} < \text{suhu} \leq 25^{\circ}\text{C}$ | masuk dalam himpunan NS | | | | |
| • $20^{\circ}\text{C} < \text{suhu} \leq 30^{\circ}\text{C}$ | masuk dalam himpunan Z | | | | |
| • $25^{\circ}\text{C} < \text{suhu} \leq 35^{\circ}\text{C}$ | masuk dalam himpunan PS | | | | |
| • suhu $> 30^{\circ}\text{C}$ | masuk dalam himpunan PB | | | | |

Set point yang diinginkan adalah 25°C , karena itu nilai 25°C diletakkan persis ditengah himpunan Z.

Sedangkan batas-batas anggota himpunan untuk kelembaban adalah :

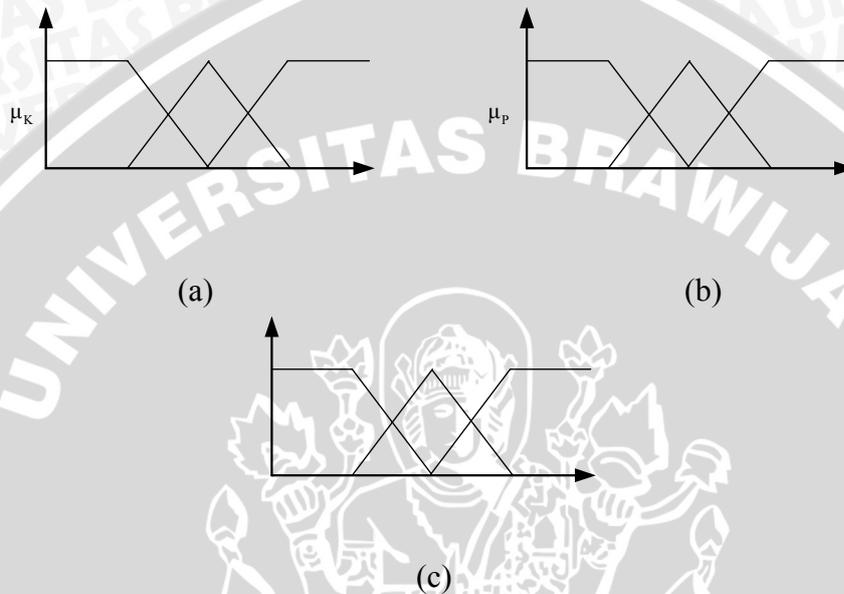
- | | |
|------------------------------------------------|-------------------------|
| • kelembaban $\leq 47,5\%RH$ | masuk dalam himpunan NB |
| • $40\%RH < \text{kelembaban} \leq 55\%RH$ | masuk dalam himpunan NS |
| • $47,5\%RH < \text{kelembaban} \leq 62,5\%RH$ | masuk dalam himpunan Z |
| • $55\%RH < \text{kelembaban} \leq 70\%RH$ | masuk dalam himpunan PS |
| • kelembaban $> 62,5\%RH$ | masuk dalam himpunan PB |

Set point untuk kelembaban adalah $55\%RH$.

Sistem dirancang memiliki tiga macam keluaran yang dikontrol yaitu :

1. kipas dengan 3 kondisi : *off*, sedang, dan cepat.
2. pemanas dengan 3 kondisi : *off*, hangat, dan panas.
3. air dengan 3 kondisi : *off*, sedang dan banyak.

Karena itu, kipas dibagi menjadi 3 fungsi anggota yaitu *zero (Z)*, *positive small (PS)*, dan *positive big (PB)*. Pemanas juga dibagi menjadi 3 fungsi anggota yaitu *zero (Z)*, *positive small (PS)*, dan *positive big (PB)*. Air dibagi menjadi 3 fungsi anggota yaitu *zero (Z)*, *positive small (PS)*, dan *positive big (PB)*.



Gambar 4.20 (a) Fuzzyfikasi Kipas, (b) Fuzzyfikasi Pemanas, dan (c) Fuzzyfikasi Air

Setiap kali terdapat masukan dari suhu dan kelembaban, akan diperiksa terletak pada himpunan manakah masukan tersebut berapa derajat keanggotaannya (μ). Diagram alir jalannya program untuk proses *fuzzyfikasi* suhu dapat dilihat pada Gambar 4.22 dan *fuzzyfikasi* kelembaban dapat dilihat pada Gambar 4.23.

4.3.2 Inferensi Fuzzy

Setelah proses *fuzzyfikasi* selesai maka dilakukan proses *inferensi fuzzy*. Karena masing-masing masukan dibagi menjadi lima keanggotaan maka *rules* disusun sebanyak 25 *rule* seperti berikut ini :

0 6 12
 Kipas

Z

Tabel 4.1 Tabel Rules

		SUHU				
		NB	NS	Z	NS	NB
K E L E M B A N	NB	PEMANAS = PB KIPAS = Z SPRAY = Z	PEMANAS = PS KIPAS = Z SPRAY = Z	PEMANAS = Z KIPAS = Z SPRAY = Z	PEMANAS = Z KIPAS = Z SPRAY = Z	PEMANAS = Z KIPAS = Z SPRAY = Z
	NS	PEMANAS = PB KIPAS = Z SPRAY = Z	PEMANAS = PS KIPAS = Z SPRAY = Z	PEMANAS = Z KIPAS = Z SPRAY = Z	PEMANAS = Z KIPAS = Z SPRAY = Z	PEMANAS = Z KIPAS = PS SPRAY = Z
	Z	PEMANAS = PB KIPAS = Z SPRAY = Z	PEMANAS = PS KIPAS = Z SPRAY = Z	PEMANAS = Z KIPAS = Z SPRAY = Z	PEMANAS = Z KIPAS = PS SPRAY = Z	PEMANAS = Z KIPAS = PS SPRAY = Z
	PS	PEMANAS = PB KIPAS = Z SPRAY = Z	PEMANAS = PS KIPAS = Z SPRAY = Z	PEMANAS = Z KIPAS = PS SPRAY = PS	PEMANAS = Z KIPAS = PS SPRAY = PS	PEMANAS = Z KIPAS = PB SPRAY = PS
	NB	PEMANAS = PB KIPAS = Z SPRAY = Z	PEMANAS = PS KIPAS = Z SPRAY = PS	PEMANAS = Z KIPAS = PS SPRAY = PS	PEMANAS = Z KIPAS = PB SPRAY = PB	PEMANAS = Z KIPAS = PB SPRAY = PB

if suhu is NB and kelembaban is NB then pemanas is PB (rule 1)

if suhu is NB and kelembaban is NS then pemanas is PB (rule 2)

if suhu is NB and kelembaban is Z then pemanas is PB (rule 3)

if suhu is NB and kelembaban is PS then pemanas is PB (rule 4)

if suhu is NB and kelembaban is PB then pemanas is PB (rule 5)

if suhu is NS and kelembaban is NB then pemanas is PS (rule 6)

if suhu is NS and kelembaban is NS then pemanas is PS (rule 7)

if suhu is NS and kelembaban is Z then pemanas is PS (rule 8)

if suhu is NS and kelembaban is PS then pemanas is PS (rule 9)

if suhu is NS and kelembaban is PB then pemanas is PS (rule 10)

if suhu is Z and kelembaban is NB then air is P (rule 11)

if suhu is Z and kelembaban is NS then air is P (rule 12)

if suhu is Z and kelembaban is Z then kipas is Z
pemanas is Z (rule 13)
air is Z

if suhu is Z and kelembaban is PS then kipas is PS (rule 14)

if suhu is Z and kelembaban is PB then kipas is PB (rule 15)

if suhu is PS and kelembaban is NB then air is P (rule 16)

if suhu is PS and kelembaban is NS then air is P (rule 17)

if suhu is PS and kelembaban is Z then kipas is PS (rule 18)

if suhu is PS and kelembaban is PS then kipas is PS (rule 19)

if suhu is PS and kelembaban is PB then kipas is PB (rule 20)

if suhu is PB and kelembaban is NB then air is P (rule 21)

if suhu is PB and kelembaban is NS then air is P (rule 22)

if suhu is PB and kelembaban is Z then kipas is PB (rule 23)

if suhu is PB and kelembaban is PS then kipas is PB (rule 24)

if suhu is PB and kelembaban is PB then kipas is PB (rule 25)

Rule 1 sampai dengan rule 5 dapat disederhanakan menjadi 1 rule saja karena kelima rule tersebut memiliki aksi yang sama, demikian juga dengan rule 6 sampai dengan rule 10, sehingga jumlah seluruh rules menjadi 17 saja. Rules ini digunakan sebagai dasar untuk mengambil keputusan atau melakukan salah satu aksi dari empat macam pilihan yaitu kipas, pemanas, air atau off.

Aksi yang telah diputuskan akan disimpan dalam variabel “aksi” dan sekaligus menentukan aksi tersebut PB, PS, atau Z. Satu kali proses inferensi fuzzy ini menghasilkan empat keputusan aksi dan empat nilai derajat keanggotaan.

Pada proses *reasoning*, nilai – nilai derajat keanggotaan (μ) yang diperoleh akan dibandingkan satu dengan lainnya. Karena proses ini menggunakan metode *max-min* jadi nilai derajat keanggotaan (μ) untuk aksi yang dipilih adalah nilai μ yang paling kecil. *Flow chart* dari *inferensi fuzzy* ini dapat dilihat pada Gambar 4.24.

4.3.3 Defuzzifikasi

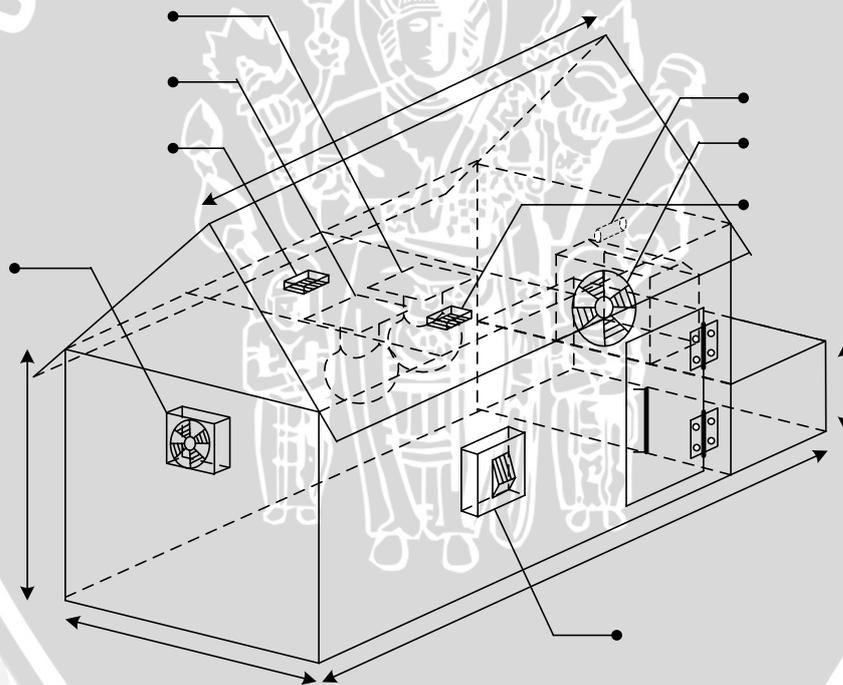
Defuzzifikasi adalah proses untuk merubah *output fuzzy* menjadi *crisp output*. Proses ini berfungsi untuk menentukan suatu nilai *crisp output*. *Crisp output* adalah suatu nilai analog yang akan kita butuhkan untuk mengolah data pada sistem yang telah dirancang. Prosesnya adalah untuk nilai fuzzy output yang berasal dari *rule evaluation* diambil kemudian dimasukkan ke dalam suatu *membership function output*. Bentuk bangun yang digunakan dalam membership function adalah *triangular* yaitu berbentuk segitiga, untuk besar nilai *fuzzy output* dinyatakan sebagai *degree of membership*

function output, nilai-nilai tersebut kemudian dimasukkan ke dalam suatu rumus COG (*Center Of Gravity*) untuk mendapatkan hasil akhir yang disebut *crisp output*.

Hasil *defuzzifikasi* inilah yang digunakan untuk mengatur nilai *duty cycle*. Metode *defuzzifikasi* yang digunakan adalah COG (*Center Of Gravity*) karena kesederhanaan implementasinya pada komputasi mikrokontroler. Keluaran *defuzzifikasi* yang juga merupakan hasil akhir prosedur *fuzzy* merupakan nilai *duty cycle* PWM antara 0 sampai dengan 100% yang diperlukan untuk mengendalikan pemanas dan *spray*. Nilai ini akan diolah lebih lanjut oleh algoritma pembangkit PWM. Flow chart untuk proses *defuzzyfikasi* dapat dilihat pada Gambar 4.26.

4.4 Perancangan Mekanik

Rangkaian mekanik yang akan dibuat terdiri dari susunan komponen yang membentuk sebuah *prototype* ruangan. Seperti terlihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 4-21 Sketsa *Prototype* Ruangan

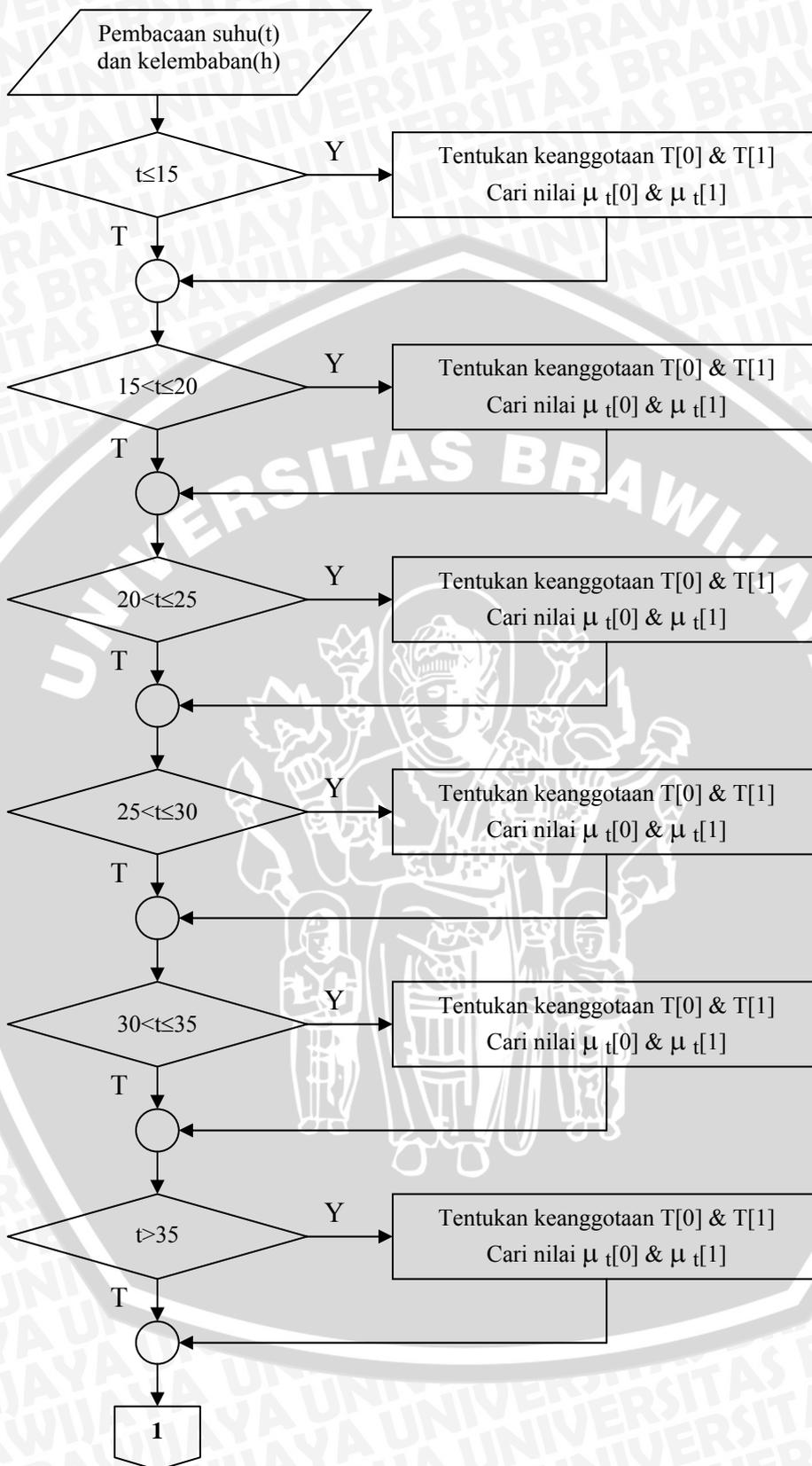
4.5 Gambar Flow Chart

Lampu

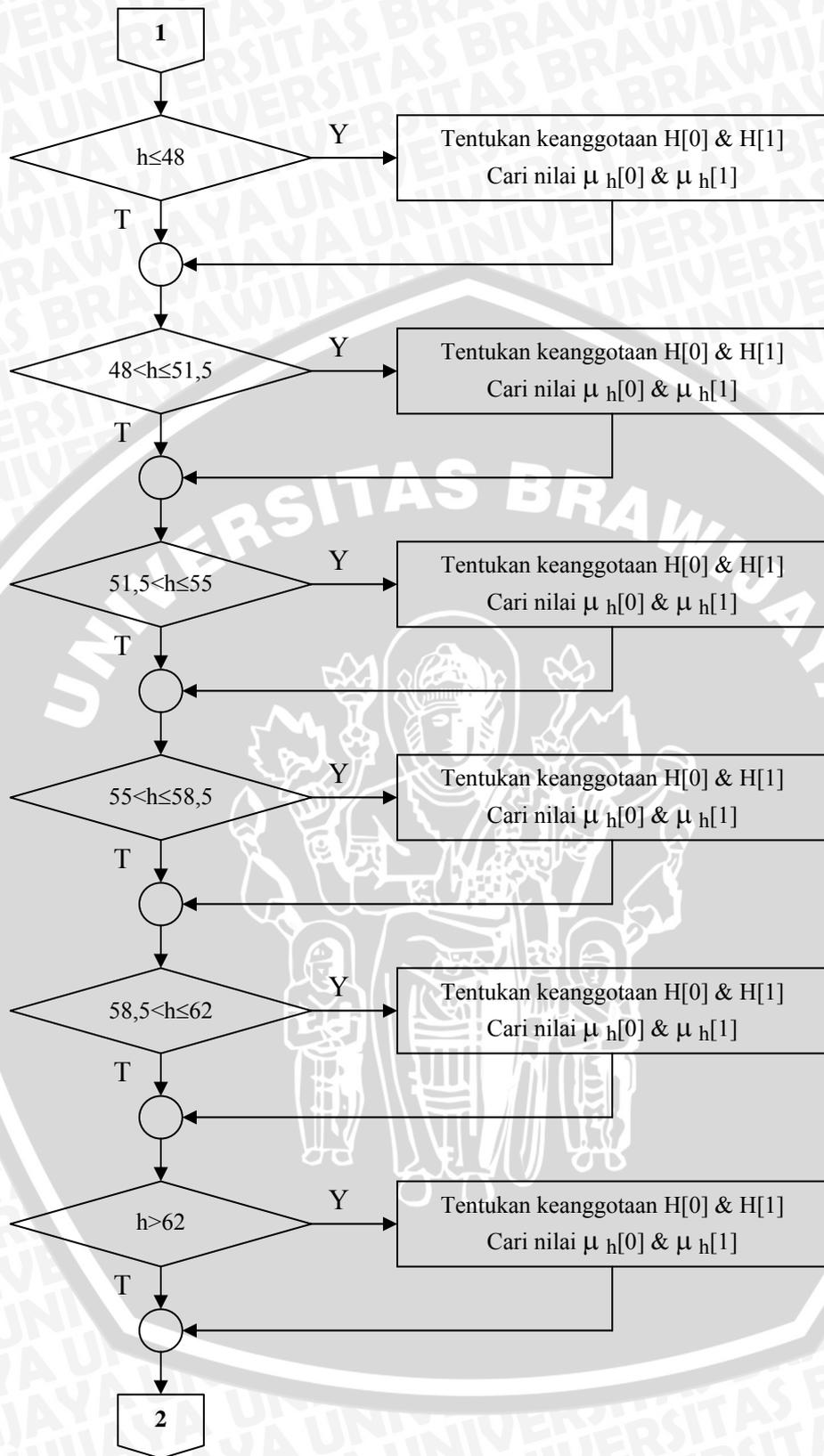
Pemanas

Sensor

Subu

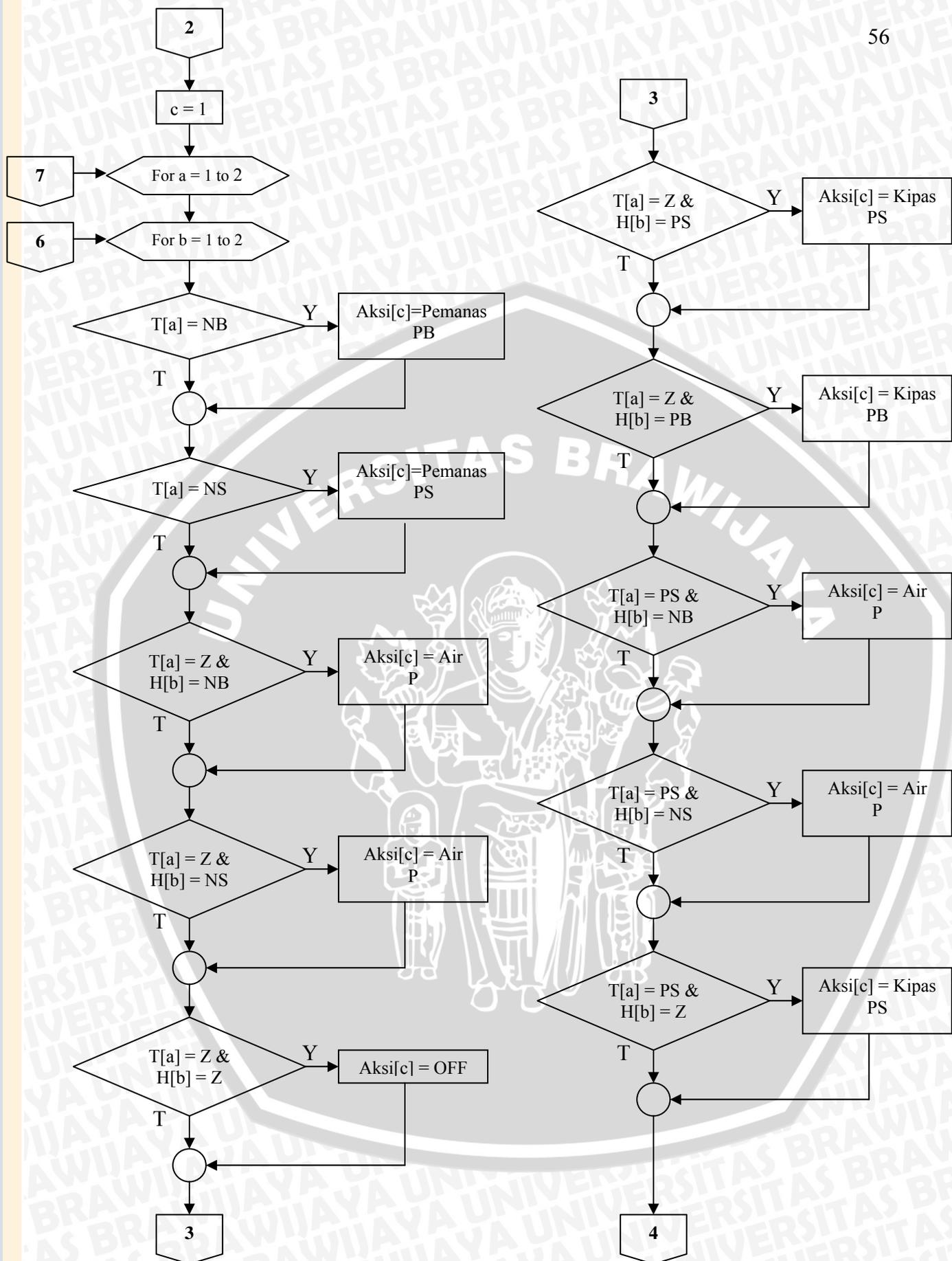


Gambar 4.22 Flow Chart Proses Fuzzyfikasi Suhu

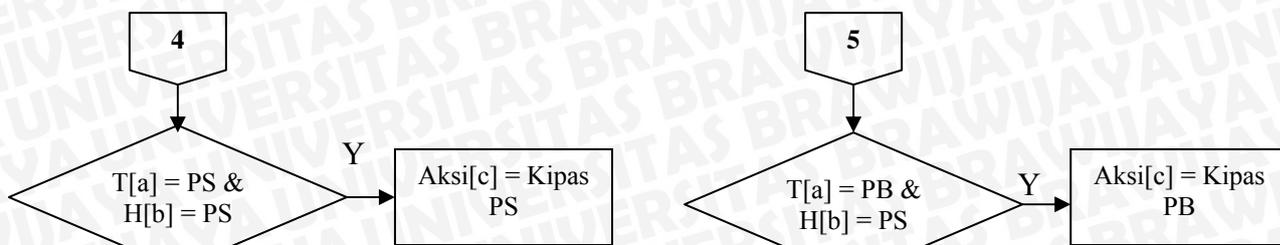


Gambar 4.23 Flow Chart Proses Fuzzyfikasi Kelembaban





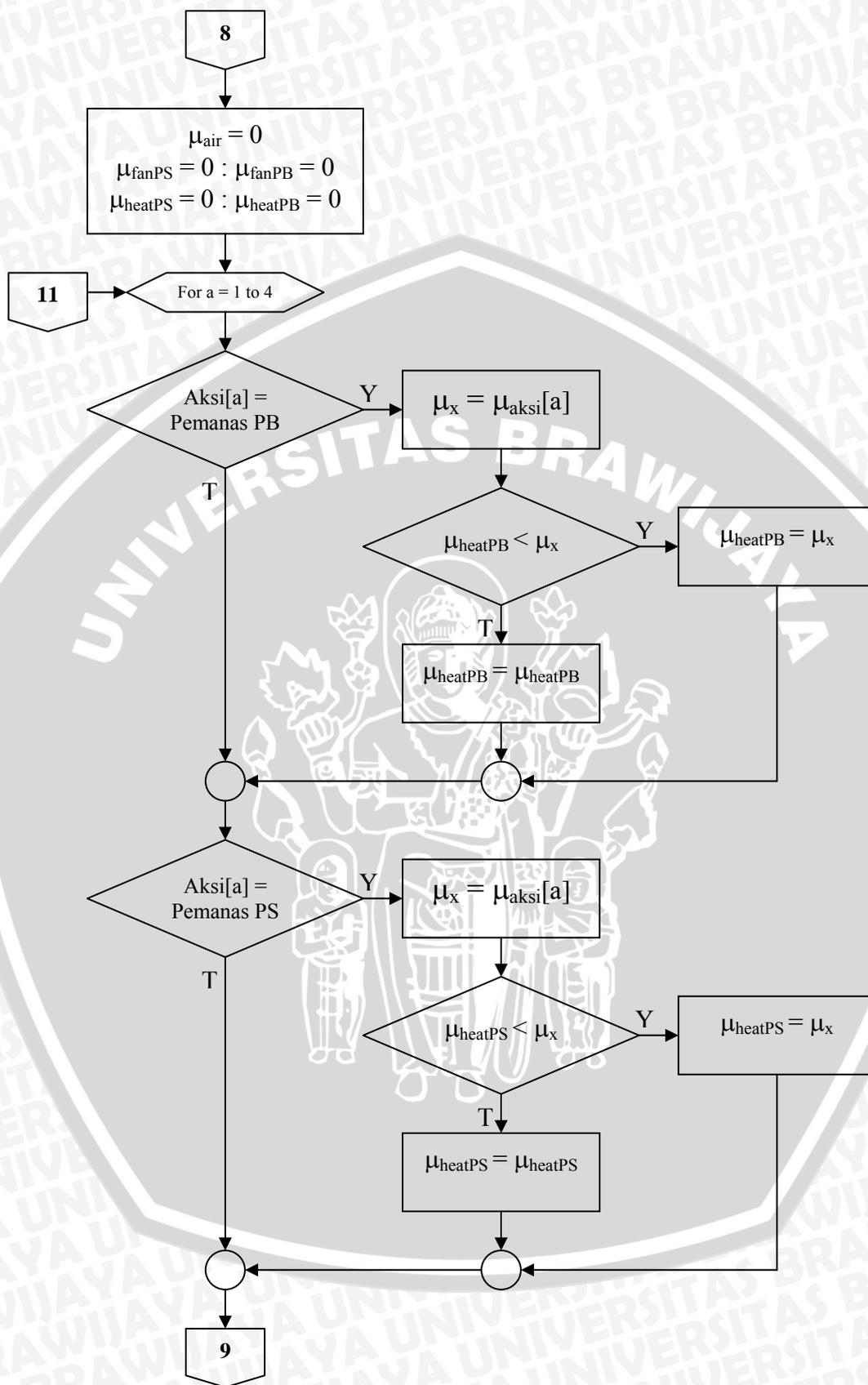
Gambar 4.24 Flow Chart Inferensi Fuzzy



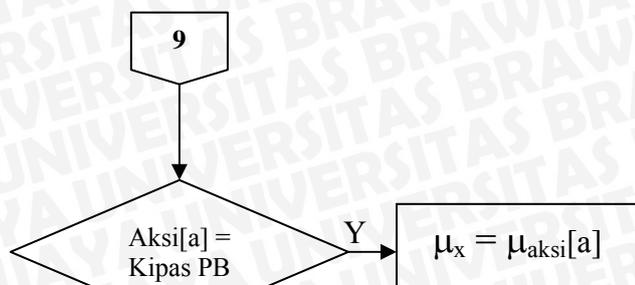


Lanjutan Gambar 4.25 *Flow Chart Inferensi Fuzzy*



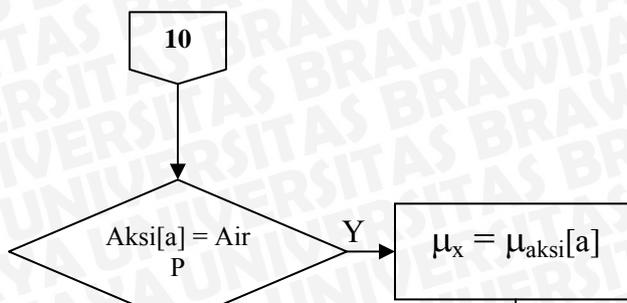


Gambar 4.26 Flow Chart Defuzzifikasi





Lanjutan Gambar 4.27 Flow Chart Defuzzyfikasi





Lanjutan Gambar 4.28 Flow Chart Defuzzyfikasi

