

Implementasi Fuzzy Logic Untuk Mengatur Banyak Air Pada Tanaman Mawar Berdasarkan Suhu Dan Kelembaban

Lingga Dwi Putra¹, Joke Pratilastiarso², Endro Wahjono³

1. Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Industri

2. Dosen Jurusan Teknik Elektro Industri

3. Dosen Jurusan Teknik Elektro Industri

Politeknik Elektronika Negeri Surabaya - Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp : +62+031+5947280, Fax : +62+031+5946011, Email : linggo.eepis@gmail.com

ABSTRAK

Suhu dan Kelembaban suatu tanaman merupakan parameter utama yang mempengaruhi jumlah air yang dibutuhkan. Akibatnya banyak tanaman yang mati akibat kekurangan dan kelebihan air. Untuk itu dibutuhkan suatu sistem untuk pengontrolan jumlah air pada tanaman, sehingga debit air yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan air pada tanaman tersebut. Fuzzy Logic merupakan salah satu metode sistem kendali yang dapat memberikan keputusan yang menyerupai keputusan manusia. Pada proses perancangan plant ini, digunakan sistem pengembangan kendali fuzzy logic dengan menggunakan sistem mikrokontroler. Hal ini dimaksudkan untuk suatu perancangan pada plant pengendalian air pada tanaman. Dari hasil pengukuran suhu dan kelembaban tanaman yang dilakukan pada siang hari, didapatkan rata-rata suhu sebesar 29,4°C dan kelembaban sebesar 90,1%RH. Sehingga penyiram tanaman akan bekerja selama 21 detik. Untuk debit air yang disiramkan ke tanaman selama 21 detik tersebut sebanyak ± 400mL disesuaikan dengan kondisi tanaman dan diameter pot yang digunakan yaitu 25cm. Set point yang dimasukkan dalam fuzzy sebesar 30°C dan 78%RH karena kondisi suhu udara sejuk dari tanaman mawar ini adalah 18-30 °C dan kelembaban 70-80 %RH. Dari hasil percobaan yang dilakukan, menunjukkan bahwa sistem penyiraman tidak dapat aktif jika kondisi suhu dan kelembaban dari tanaman mawar sudah sesuai dengan set point yang diberikan.

Kata kunci : Fuzzy Logic, Air Tanaman, Sensor suhu, dan sensor kelembaban.

1. PENDAHULUAN

Penyiraman tanaman merupakan pekerjaan yang biasa dilakukan setiap hari, baik itu untuk tanaman pribadi dirumah, tanaman yang ada ditaman-taman kota dan sepanjang jalan trotoar serta tanaman-tanaman yang dibuat usaha budidaya. Penyiraman tanaman tersebut merupakan salah satu pekerjaan yang monoton dan routine serta biasanya pekerjaan ini dilakukan secara manual dengan menggaji pegawai untuk melakukan penyiraman pada waktu-waktu tertentu. Pekerjaan secara manual ini biasanya mengalami berbagai permasalahan ketika pekerjaan dilakukan. Salah satu permasalahan yang paling serius yaitu permasalahan kuantitas air. Berapa banyak air yang dibutuhkan oleh suatu tanaman yang dirawat agar air yang digunakan tidak terlalu banyak terbuang sia-sia, sehingga hal tersebut menjadi Mubadzir. Jika pemantauan ini tidak dilakukan maka dapat terjadi bahwa tanaman yang dirawat bisa mengalami kelebihan ataupun kekurangan air, sehingga mengakibatkan kematian pada tanaman.

Pemantauan tersebut tidak bisa diselesaikan dengan sistem kendali biasa, karena pada sistem pengendalian biasa yang diatur hanya kapan pompa air dihidupkan dengan tanpa memperhitungkan keadaan tanaman sebelumnya. Padahal pekerjaan yang dihadapi dapat lebih kompleks dari itu. Permasalahan akan lebih kompleks lagi jika tanaman yang dirawat tersebut merupakan tanaman yang membutuhkan perawatan yang lebih spesifik. Untuk tanaman yang

membutuhkan perawatan yang lebih intensif, maka tidak semua orang bisa melakukannya, kecuali hanya orang yang memiliki keahlian khusus. Dengan demikian akan dibutuhkan suatu system pengendalian khusus. Dalam hal ini akan diterapkan suatu metode berbasis fuzzy logic yang mempunyai 2 parameter utama, yaitu suhu udara dan kelembaban tanah. Diharapkan dengan metode ini dapat diatur debit air yang dibutuhkan oleh tanaman tersebut. Informasi knowledge base haruslah berasal dari seorang yang ahli dalam bidang tanaman.

2. DASAR FUZZY LOGIC

Dasar teori fuzzy membahas tentang konsep dasar himpunan fuzzy, yang mencakup pembahasan himpunan fuzzy, Operasi logika pada fuzzy dan Hukum-hukum pada himpunan fuzzy.

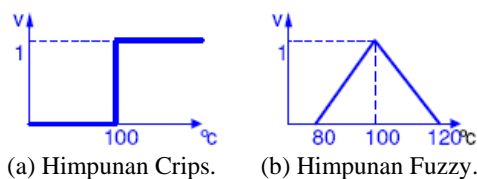
2.1 Konsep Dasar Himpunan Fuzzy.

Pada teori himpunan klasik (Crisp) suatu variabel hanya mempunyai dua kemungkinan, menjadi anggota himpunan atau tidak menjadi anggota himpunan. Dalam teori himpunan crisp ini batasan-batasan antara anggota dan bukan anggota jelas sekali. Temperatur untuk air yang dianggap air panas adalah temperatur dengan suhu 100°C. Jika suatu air dipanaskan sampai temperatur 110°C berarti air tersebut merupakan anggota dari air panas. Sedangkan jika air tersebut hanya bertemperatur 90°C berarti air tersebut bukan merupakan anggota dari air panas atau bukan air panas. Dalam hal ini himpunan klasik (crisp) hanya

mempunyai 2 kemungkinan yang terjadi, yaitu air tersebut disebut panas jika bertemperatur sama dengan 100°C atau lebih dan disebut bukan air panas bila bertemperatur lebih kecil dari 100°C. Sehingga jika temperatur air tersebut hanya 99,9°C maka tetaplah bukan termasuk bagian dari anggota air panas.

Didalam himpunan fuzzy terdapat perbedaan dengan himpunan klasik. Himpunan fuzzy merupakan perluasan dari himpunan klasik, sehingga dalam himpunan fuzzy dapat mempunyai beberapa kemungkinan, bukan hanya 2 kemungkinan seperti didalam himpunan klasik. Temperatur untuk air panas adalah “sekitar“ 100°C, maka jika suatu air dipanaskan hingga mencapai temperatur 90°C dapat dikatakan sebagai anggota dari air panas, bahkan air yang hanya bertemperatur 80°C dapat pula dikatakan sebagai anggota temperatur air panas. Jika demikian hingga batasan berapakah temperatur “sekitar“ untuk anggota air panas bisa dikategorikan sebagai temperatur air panas?. Demikian pula halnya dengan kelembaban suatu tanah.

Untuk persoalan ini himpunan fuzzy membedakan temperatur anggota air panas itu dengan menggunakan nilai keanggotaannya, yaitu dari nilai keanggotaan “0“ sampai nilai keanggotaan “1“. Nilai atau derajat keanggotaan ini dapat dinyatakan sebagai fungsi keanggotaan. Fungsi keanggotaan didalam himpunan crisp (Gambar 2.a) dan fungsi keanggotaan himpunan fuzzy (Gambar 2.b) dapat digambarkan seperti berikut:



Gambar 2.1 Grafik fungsi keanggotaan himpunan Crisp dan Fuzzy.

Himpunan pada fuzzy logic menggunakan 3 parameter untuk membentuk keanggotaan dalam himpunannya. Parameter-parameter yang digunakan untuk membentuk himpunan fuzzy logic adalah:

a. Variabel linguistic

Variabel yang digunakan pada logika fuzzy untuk menggantikan variabel kuantitatif yang digunakan pada logika crisp. Variabel linguistic mempunyai nilai yang dinyatakan dengan katakata, misalnya untuk variabel linguistic ‘suhu udara’ akan mempunyai nilai berupa nilai linguistic seperti: Panas (P), Sangat Panas (SP), Agak Panas (AP) dan Tidak Panas (TP).

b. Derajat keanggotaan.

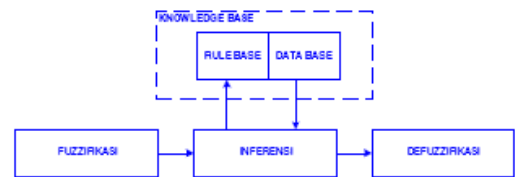
Derajat keanggotaan, yaitu nilai-nilai yang terdapat pada variabel linguistic yang dipetakan ke interval [0,1]. Nilai pemetaan inilah yang disebut sebagai nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan.

c. Fungsi keanggotaan.

Hubungan-hubungan pemetaan pada nilai linguistic dan nilai keanggotaan (dari 0 sampai 1) yang digambarkan kedalam grafik fungsi sehingga didapatkan suatu fungsi. Fungsi inilah yang disebut sebagai fungsi keanggotaan dalam himpunan fuzzy.

3. STRUKTUR DASAR SISTEM FUZZY

Didalam struktur dasar sistem pengendalian pada fuzzy logic control, terdapat empat komponen atau bagian utama yang sangat penting. Gambar 3 menunjukkan struktur dasar dari pengendali fuzzy logic control, yang terdiri dari Fuzzifikasi, Knowledge Base, Inferensi dan Defuzzifikasi.



Gambar 3.1 Struktur Dasar Pengendali Fuzzy Logic Control

3.1 Knowledge Base.

Knowledge base mempunyai fungsi penting dalam pengendalian dengan logika fuzzy karena semua proses: **fuzzifikasi**, **inferensi** dan **defuzzifikasi** bekerja berdasarkan pengetahuan yang ada pada knowledge base. Knowledge base dibagi dua, yaitu data base dan rule base. Data Base berisi definisi-definisi penting mengenai parameter fuzzy seperti himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaannya yang telah didefinisikan untuk setiap variabel linguistic yang ada. Pembentukan data base meliputi pendefinisian ruang semesta, penentuan banyaknya nilai linguistic yang digunakan untuk setiap variabel linguistic, dan membentuk fungsi keanggotaan. Basis rule berisi aturan kendali fuzzy yang dijalankan untuk mencapai tujuan pengendalian. Tiap rule kendali berupa implikasi dan pernyataan kondisional **IF – THEN**.

Aturan-aturan **IF – THEN** yang ada dikelompokkan dan disusun kedalam bentuk Fuzzy Associative Memory (FAM). FAM ini berupa suatu matriks yang menyatakan input-output sesuai ada. Bentuk matrik dari FAM akan dibahas kemudian. Aturan yang telah dibuat harus dapat mengatasi semua kombinasi-kombinasi input yang mungkin terjadi, dan harus dapat menghasilkan sinyal kendali yang sesuai agar tujuan pengendalian tercapai. Oleh karena itu, maka pembentukan basis aturan ini sangat penting. dengan aturan **IF – THEN** pada basis aturan yang ada. Bentuk matrik dari FAM akan dibahas kemudian. Aturan yang telah dibuat harus dapat mengatasi semua kombinasi-kombinasi input yang mungkin terjadi, dan harus dapat menghasilkan sinyal kendali yang sesuai agar tujuan pengendalian tercapai. Oleh karena itu, maka pembentukan basis aturan ini sangat penting.

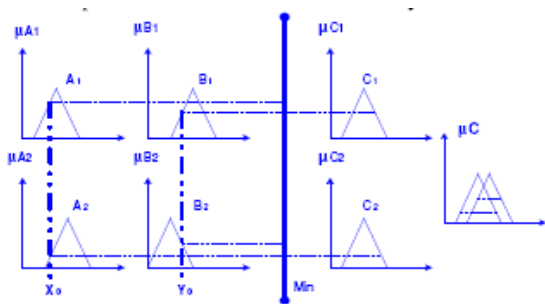
3.2 Inferensi

Inferensi adalah proses transformasi dari suatu input dalam domain fuzzy ke suatu output (sinyal kendali) dalam domain fuzzy. Proses transformasi pada

bagian inferensi membutuhkan aturan-aturan fuzzy yang terdapat didalam basisbasis aturan. Blok inferensi menggunakan teknik penalaran untuk menyeleksi basis-basis aturan dan rule dari blok knowledge base. Teknik penalaran yang digunakan adalah teknik penalaran **MAX – MIN** yang berfungsi sebagai logika pengambil keputusan.

Gambar 3 menunjukan proses inferensi dengan metode penalaran **MAX – MIN** menggunakan inputan suhu udara dan inputan kelembaban tanah. Langkah awal dalam proses penalaran **MAX – MIN** adalah pembacaan nilai-nilai yang masuk dari sensor yaitu: sensor suhu udara dan sensor kelembaban tanah serta penempatan masukan tersebut di grafik keanggotaan sensor suhu udara (X_0 =sensor suhu) dan grafik keanggotaan sensor kelembaban tanah (Y_0 = sensor kelembaban).

Langkah selanjutnya setelah didapatkan hasil penempatan nilai X_0 dan Y_0 , dilakukan proses penyeleksian dengan mengambil nilai minimum dari grafik inputan X_0 dan Y_0 . Setelah didapatkan hasil seleksi nilai minimum, penalaran **MAX – MIN** menyeleksi kembali dengan mengambil nilai maximum untuk mendapatkan hasil akhir berupa nilai output inferensi dalam domain fuzzy.



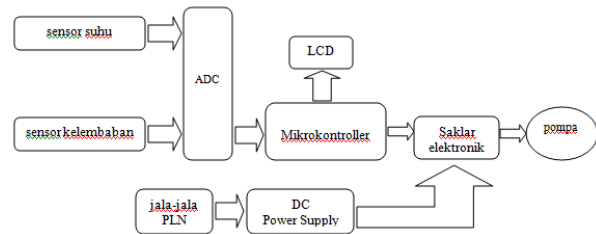
Gambar 3.2 Proses Inferensi dengan metode Max - Min.

- X_0 = Inputan suhu udara (input 1).
- Y_0 = Inputan kelembaban tanah (input 2).
- μA = Fungsi keanggotaan suhu udara.
- μB = Fungsi keanggotaan kelembaban.
- μC = Fungsi keanggotaan timer.
- A = Nilai linguistik suhu udara (input 1).
- B = Nilai linguistik kelembaban (input 2).
- C = Nilai linguistik timer (output).

4. PERANCANGAN & ANALISA SISTEM

Akan dibahas mengenai perancangan dan pembuatan analisa sistem pengendalian air tanaman berdasarkan sistem kendali fuzzy logic control beserta piranti-piranti diluar sistem fuzzy yang digunakan sebagai rangkaian tambahan dalam simulasi dan rancang bangun sistem pengendalian air tanaman. Pembahasan dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu: Perancangan pada sistem fuzzy logic control yang akan menjelaskan tentang pembuatan fungsi keanggotaan fuzzy untuk sensor suhu udara dan kelembaban tanah pada fuzzifikasi, pembuatan rule-rule dan FAM pada knowledge base, serta pembuatan fungsi keanggotaan fuzzy untuk defuzzifikasi sebagai output dari sistem kendali fuzzy logic control.

Pembahasan tentang sensor-sensor, LCD, saklar elektronik dan pompa sebagai output keluaran dari sistem, serta pembahasan tentang rangkaian tambahan untuk pengujian dari simulasi sistem penyiraman air pada tanaman ini. Blok diagram sistem penyiraman air pada tanaman berbasis fuzzy logic control dapat dilihat pada gambar 5 berikut:



Gambar 4.1 Blok diagram sistem penyiraman otomatis.

a. Perancangan sistem Fuzzy Logic Control

Fuzzy logic control memiliki empat bagian utama dalam pembuatan struktur dasar sistem kendali fuzzy, yaitu: Fuzzifikasi, Knowledge Base, Inferensi dan Defuzzifikasi.

• Fuzzifikasi

Pada sistem pengendali air tanaman ini terdapat dua input masukan yang akan di fuzzifikasikan ke himpunan fuzzy dan menjadi fungsi keanggotaan fuzzy. Gambar 9 dan 10 dibawah merupakan fuzzifikasi dari input-input masukan yang dikeluarkan rangkaian sensor suhu udara dan kelembaban tanah. Dipilih lima buah nilai linguistik untuk output sensor suhu udara yaitu Dingin (D), Sejuk (S), Normal (N), Hangat (H) dan Panas (P) sebagaimana terlihat pada gambar 6.

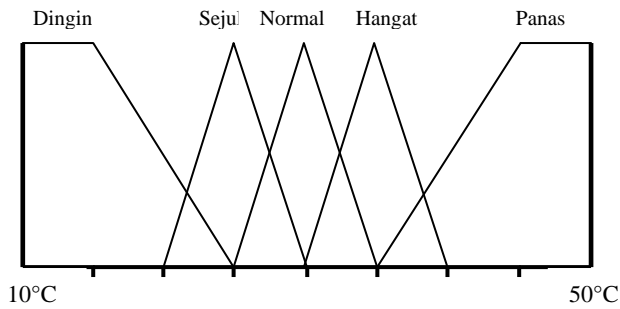
- Dingin = 10°C - 25°C.
- Sejuk = 20°C - 30°C.
- Normal = 25°C - 35°C.
- Hangat = 30°C - 40°C.
- Panas = 35°C - 50°C.
- Kering = 0% - 40%.
- Normal = 25% - 75%.
- Basah = 60% - 100%.

Sedangkan untuk keluaran dari sensor kelembaban tanah menggunakan tiga buah nilailinguistik untuk mendefenisikan keadaan tanahpada tanaman, yaitu Kering (K), Normal (N) dan Basah (B).

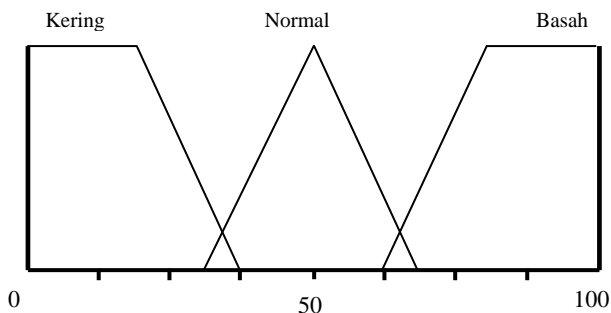
• Knowledge Base

Untuk sistem penyiraman otomatis pada tanaman ini, digunakan beberapa rule yang kemungkinan besar akan terjadi pada tanaman yang akan dikendalikan tersebut. Dalam pembuatan rule atau pernyataan ini, sebenarnya tidak memiliki batasan dalam jumlahnya, semakin banyak rule-rule yang dibuat semakin tepat dan detail kerja alat yang dirancang. Tabel 3.1 dibawah adalah rule-rule pernyataan pada sistem penyiraman tanaman otomatis

menggunakan sistem kendali fuzzy logic control yang berjumlah 15 rule.



Gambar 4.2 Fungsi keanggotaan sensor suhu



Gambar 4.3 Fungsi keanggotaan sensor kelembaban

Rule-rule pernyataan dikelompokkan menjadi sebuah matrik yang disebut sebagai Fuzzy Associative Memory (FAM). Matrik Fuzzy Associative Memory ini mempunyai ukuran $n \times m$ dengan n = jumlah keanggotaan input suhu udara dan m = jumlah keanggotaan input kelembaban tanah. Tabel 3.1 memperlihatkan bentuk matrik Fuzzy Associative Memory (FAM).

Adapun pembagian dari kedua parameter tersebut diatur sebagai berikut:

- **C** = Cepat
- **SB** = Sebentar
- **AS** = Agak Sebentar
- **SD** = Sedang
- **ALM** = Agak Lumayan
- **LM** = Lumayan
- **L** = Lama

• Inferensi

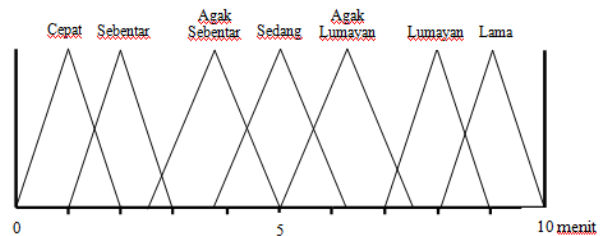
Selanjutnya, matrik Fuzzy Associative Memory dari rule-rule pernyataan diatas dipergunakan sebagai knowledge base atau basis pengetahuan untuk proses pada blok inferensi. Pada blok inferensi ini, digunakan penalaran MAX-MIN untuk mendapatkan hasil output dalam domain fuzzy. Hasil proses pada inferensi menggunakan penalaran MAX-MIN dapat dilihat pada lembar lampiran.

• Defuzzifikasi

Pada proses defuzzifikasi ini juga terdapat grafik fungsi keanggotaan untuk menentukan batasan dari output fuzzy yang diinginkan. Dipilih tujuh buah nilai linguistik untuk menentukan kondisi dari timer sebagaimana terlihat pada gambar 3.4.

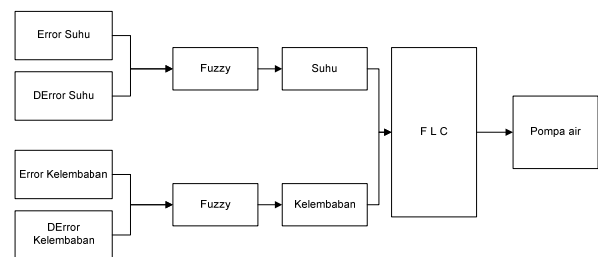
	suhu	Dingin	Sejuk	Normal	Hangat	Panas
kelembaban		Dingin	Sejuk	Normal	Hangat	Panas
Basah		C	SB	AS	SD	ASM
Normal		SB	AS	SD	ASM	LM
Kering		AS	SD	ASM	LM	L

Tabel 4.1 bentuk matrik FAM sistem penyiraman



Gambar 4.4 Fungsi keanggotaan output fuzzy (time)

b. Pengujian dan Analisa Kontrol Logika Fuzzy



Gambar 4.5 Blok Diagram Konsep Fuzzy yang Digunakan pada Sistem

Fuzzifikasi error dan delta error suhu menghasilkan output berupa tingkat kualitas suhu pada tanaman yang memiliki range 20°C-40°C. Proses penentuan jumlah membership function error dan delta error suhu menjadi langkah pertama dalam proses fuzzy yang digunakan. Dilanjutkan dengan menyusun rule base dari system seperti yang dapat dianalisa pada tabel 4.2,

	e	NB	NM	NS	Z	P
de		NB	NM	NS	Z	P
N		P	P	H	N	S
Z		P	H	N	S	D
P		P	H	N	S	D

Berikut merupakan keterangan dari lambang pada rule base fuzzy input error suhu,

- NB = Negative Big (-12)
- NM = Negative Medium (-8)
- NS = Negative Small (-4)
- Z = Zero (0)
- P = Positive (4)

Sedangkan keterangan dari input delta error suhu seperti di bawah ini,

N = Negative (-2)
 Z = Zero (0)
 P = Positive (2)

Untuk input error dan delta kelembaban tanaman memiliki jumlah membership function yang sama. Penentuan jumlah membership function antara error dan delta error kelembaban dilakukan untuk mempermudah analisa output fuzzy namun memiliki kelemahan yaitu output fuzzy yang dihasilkan kurang presisi dikarenakan jumlah membership function yang sedikit. Berikut merupakan analisa rule base error dan delta error kelembaban seperti pada tabel 4.4 berikut,

Tabel 4.3 Analisa Rule Base Fuzzy Error dan Delta Error Kelembaban

de		N	Z	P
N		B	B	N
Z		B	N	K
P		N	K	K

Berikut merupakan keterangan dari lambang input fuzzy error kelembaban,

N = Negative (-15)
 Z = Zero (0)
 P = Positive (15)

Sedangkan keterangan dari input fuzzy delta error kelembaban adalah seperti berikut,

N = Negative (-15)
 Z = Zero (0)
 P = Positive (15)

Tabel 4.4 Analisa Output Fuzzy dari Penyiraman

suhu Kelembaban	D	S	N	H	P
K	AS	SD	ASM	S	L
N	SB	AS	SD	ASM	LM
B	C	SB	AS	SD	ASM

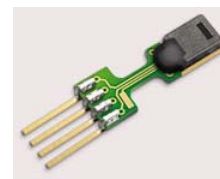
C = Cepat (Range waktu 0 – 16s)
 SB = Sebentar (Range waktu 17– 26s)
 AS = Agak Sebentar (Range waktu 27 – 43s)
 SD = Sedang (Range waktu 44 – 63s)
 ALM = Agak Lumayan (Range waktu 64 – 82s)
 LM = Lumayan (Range waktu 83 – 88s)
 L = Lama (Range waktu 89 – 120s)

Pada tabel di bawah ini merupakan hasil dari proses kuantisasi suhu dan kelembaban dari program fuzzy pada mikrokontroler ATmega16 yang di ambil secara acak. Nilai masukan suhu dan kelembaban didapat dari internal SHT 75. Nilai SHT 75 yang berupa data suhu 18°C- 32°C sebagai pembacaan present value.

Tabel 4.5 Data hasil proses pembacaan suhu, kelembaban error, setting suhu saat suhu awal 31°C

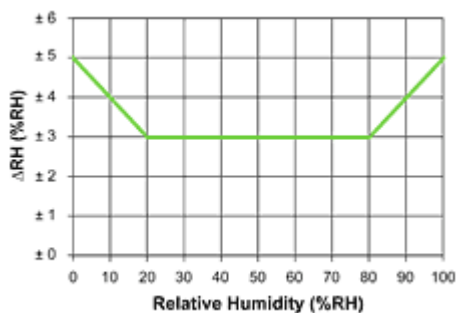
No	Present Value		Error Input	DError Input	Setting Penyiraman
	Suhu	Kelembaban			
1	31	79	4,5	0	45
2	30,7	78	4	0,5	45
3	29,8	77	3,3	0,7	47
4	28,05	71	1,55	1,8	48
5	27,8	70	1,3	0,25	49
6	27,5	69	1	0,3	50
7	27	64	0,5	0,5	51
8	26,5	60	0	0,5	51

5. SENSOR.

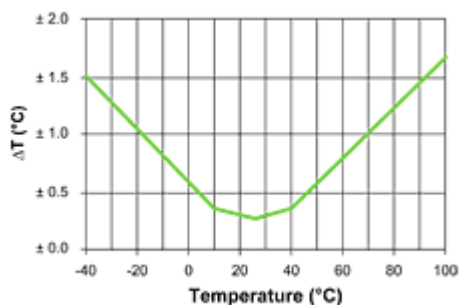


Gambar 4.4 bentuk fisik SHT75

Selain menggunakan Analog Digital Converter (ADC) sebagai alat untuk mengubah besaran-besaran analog ke besaran-besaran digital, simulasi sistem penyiraman air pada tanaman ini juga membutuhkan rangkaian-rangkaian sensor yang berfungsi untuk mendeteksi dan mengetahui kondisi keadaan yang terjadi pada tanaman yang akan dikendalikan, baik itu untuk kondisi keadaan tanah maupun kondisi keadaan suhu dari tanaman tersebut. Untuk simulasi ini dipergunakan dua sensor sebagai pendeteksinya, yaitu sensor suhu udara dan sensor kelembaban tanah. Pada tugas akhir ini sensor yang digunakan adalah SHT75 Digital Humidity Sensor (RH&T). Yaitu sensor yang mendeteksi suhu serta kelembaban. SHT75 ini konsumsi energy sebesar 80uW, pada 12 bit dan tegangan supply sebesar 3 Vdc. Range pengukuran dari sensor kelembaban adalah 0 – 100% RH. Untuk sensor suhunya adalah -40 – +125°C (-40 – +257°F) dengan kenaikan 10 mV untuk tiap derajat Celcius, contoh: pada suhu 0 derajat Celcius maka tegangan adalah 0 mV sedangkan pada suhu 30 derajat Celcius maka tegangannya adalah 30 mV atau 0.3 V. Batas-batas akurasi maksimal dari kelembaban dan temperature nya adalah sebagai berikut :



Gambar 4.11 batas akurasi dari kelembaban



Gambar 4.12 batas akurasi dari temperatur

6. KESIMPULAN

Dari hasil analisa penerapan pengendali logika fuzzy pada sistem pengendalian air Taman ini didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Pembacaan suhu menggunakan Digital Humidity Sensor SHT75 lebih akurasi dibandingkan menggunakan sensor suhu LM35. Hal ini dapat dilihat dari tingkat kesalahan berdasarkan pembacaan thermometer analog. Yaitu pada saat menggunakan SHT75 tingkat kesalahannya sebesar 1,37%. Sedangkan pada saat menggunakan sensor suhu LM35 tingkat kesalahannya sebesar 4,82%.
- Nilai suhu dan kelembaban yang ideal di Indonesia khususnya di Surabaya adalah 31°C dan 70% RH.
- Set point yang diberikan pada sistem penyiraman ini yaitu 30°C dan 70% RH, karena Suhu udara sejuk dari tanaman mawar ini adalah 18-26 °C dan kelembaban 70-80 %RH
- Untuk penerapan sistem kendali fuzzy logic control tidak memerlukan model matematika dan optimum pada kendali non-linier karna keputusan yang dikeluarkan hanya menggunakan logika manusia.

7. SARAN

Dengan hasil yang telah diperoleh, maka perlu diperhatikan kembali dalam pembuatan alat serta dalam proses percobaan, antara lain sebagai berikut :

- Untuk sistem penyiraman yang lebih spesifik dan teliti sesuai dengan karakteristik tanaman yang akan disiram, membutuhkan sensor-sensor masukan yang lebih beragam.
- Perlunya ditambahkan sebuah sistem monitoring menggunakan PC guna mengetahui kerja dari

sistem kontrol logika fuzzy pada sistem yang sudah ada. Diharapkan dengan adanya sistem monitoring akan diketahui perubahan parameter-parameter kontrol dan respon dari sistem akan mudah di lihat.

- Penggunaan sistem penyiraman otomatis ini masih kurang efisien dibandingkan penyiraman dalam kondisi natural. Hal ini dapat dilihat dari tanaman mawar yang digunakan pada sistem penyiraman ini dan total daya yang dihasilkan yaitu sebesar 450W. Untuk itu sistem penyiraman tanaman ini cocok untuk tanaman hias yang lebih mahal dan lebih dijaga kondisi suhu dan kelembaban tanahnya.

8. DAFTAR PUSTAKA

- A. Sofwan, "Penerapan *fuzzy logic* pada sistem pengaturan jumlah air berdasarkan suhu dan kelembaban", Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi, 2005 (SNATI 2005).
- Admojo, Tri heri. "Pengaturan kecepatan motor DC penguat terpisah menggunakan kontrol *PID-fuzzy (perangkat keras)*". Proyek akhir PENS-ITS. 2006.
- Atmel "Data Sheet 8-bit AVR Microcontroller ATmega16", *Atmel Corporation*, 2002
- Optocoupler ,google.com/forum.hackedgadgets.com
- Philips, Data Sheet, Philip Semiconductors, Jakarta, 1998.
- Po Bun Hauw, "Algoritma pengendalian Berdasarkan Prinsip-Prinsip Fuzzy Logic", Seminar, Depok: Jurusan Elektro FTUI, 1997.
- Sensirion, **Data Sheet SHT1x/SHT7x Humidity&Temperature Sensor**, The Sensor Company, 2002
- Setiawardhana, "Logika Fuzzy", Program Studi Teknik Komputer, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, 2010
- Steve Mars, Dkk, **Fuzzy Logic Program 2.0 (Introduction)**, Cortex Communication, Inc. Texas, 1994
- Thiang, Anies Hannawati, Resmana, "Pembuatan Program Kernel Fuzzy Logic PetraFuz untuk Microcontroller MCS51", Technical Report Control System Laboratory, Petra University, 1998.