

PENERAPAN FUZZY LOGIC PADA SISTEM PENGATURAN JUMLAH AIR BERDASARKAN SUHU DAN KELEMBABAN

A. Sofwan

*Faculty of Industrial Technology, Electrical Engineering Department,
National Institute of Science and Technology
Jl. Moh. Kahfi II, Jagakarsa, Jakarta 12640
E-mail: mtm-istn@indo.net.id*

ABSTRAK

Suhu dan Kelembaban suatu tanaman merupakan parameter utama yang mempengaruhi jumlah air yang dibutuhkanannya. Perancangan sistem kendali yang mempunyai input non-linier dan dengan persamaan fungsi alih yang sulit membutuhkan suatu sistem kendali yang mampu membuat keputusan pengendalian. Hal ini disebabkan karena keputusan pengendalian yang dikeluarkan logika manusia mempunyai keluaran pengendalian yang sempurna dalam pengaturan segala sesuatunya, baik itu yang konvensional maupun yang non-konvensional. 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 MCS51 pada Development Tools DT51. Hal ini dimaksudkan untuk suatu perancangan pada plant pengendalian air pada tanaman. Proses pengendalian dengan fuzzy ini dilakukan oleh sistem mikrokontroler dengan tambahan interface yang merupakan Analog Input Output add-on board untuk DT51, interface LCD sebagai output tampilan waktu, satu sensor suhu dan sensor kelembaban tanah sebagai input masukan fuzzy logic control. Dari hasil percobaan yang dilakukan, menunjukkan bahwa sistem kendali fuzzy logic lebih mudah dalam pembuatan sistem pengendaliannya dan lebih fleksibel dalam membuat perancangannya dengan tidak membutuhkan persamaan matematik untuk fungsi alih-fungsi alih pada plant, karena sistem fuzzy mengambil keputusan dari logika manusia yang ditempatkan pada knowledge Base sistem fuzzy.

Keywords: *Fuzzy Logic, Air Tanaman, Kendali, Sensor suhu dan sensor kelembaban.*

1. PENDAHULUAN

Penyiraman tanaman merupakan pekerjaan yang biasa dilakukan setiap hari, baik itu untuk tanaman pribadi di rumah, tanaman yang ada di taman-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.

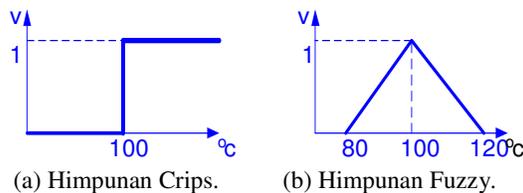
2.1 Konsep Dasar Himpunan Fuzzy

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 $99,9^{\circ}\text{C}$ 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:



(a) Himpunan Crisp. (b) Himpunan Fuzzy.
Gambar 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 kata-kata, 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

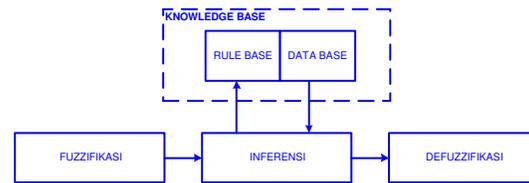
Derajat keanggotaan, yaitu nilai-nilai yang terdapat pada variabel linguistic yang dipetakan ke interval $[0,1]$. Nilai pemetaan inilah yang disebut sebagai nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan.

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 2. 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 dengan aturan **IF – THEN** pada basis aturan yang

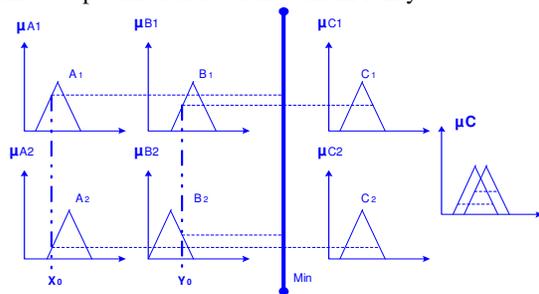
ada. Bentuk matrik dari FAM akan dibahas kemudian. Aturan yang telah dibuat harus dapat mengatasi semua kombinasi-kombinasi input yang mungkin terjadi, dan harus dapat menghasilkan sinyal kendali yang sesuai agar tujuan pengendalian tercapai. Oleh karena itu, maka pembentukan basis aturan ini sangat 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 basis-basis 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 menunjukkan 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.



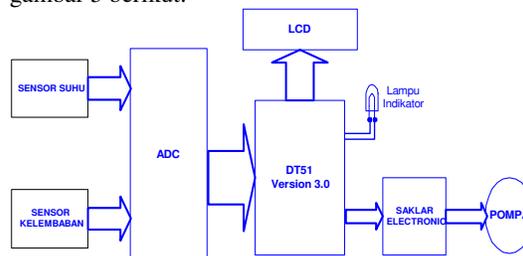
Gambar 3. Proses Inferensi dengan metode Max-Min.

- 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 berbasis 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 5. 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.

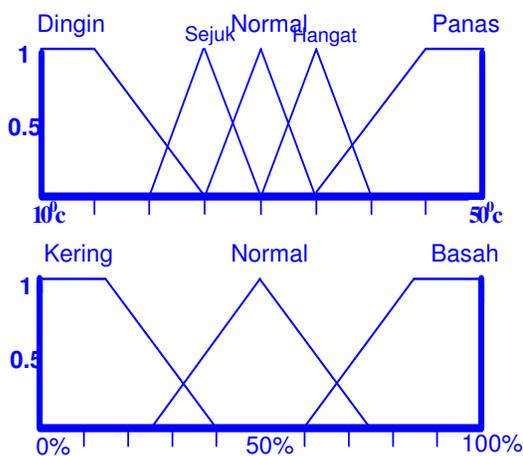
- Dingin = $10^0_C - 25^0_C$.
- Sejuk = $20^0_C - 30^0_C$.
- Normal = $25^0_C - 35^0_C$.
- Hangat = $30^0_C - 40^0_C$.
- Panas = $35^0_C - 50^0_C$.

- Kering= 0% - 40%.
- Normal = 25% - 75%
- Basah=60% - 100%.

Sedangkan untuk keluaran dari sensor kelembaban tanah menggunakan tiga buah nilai linguistik untuk mendefinisikan keadaan tanah pada 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 4.1 dibawah adalah rule-rule pernyataan pada sistem penyiraman tanaman otomatis menggunakan sistem kendali fuzzy logic control yang berjumlah 15 rule.



Gambar 6. Fungsi keanggotaan sensor suhu dan 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 4.2 memperlihatkan bentuk matrik Fuzzy Associative Memory (FAM).

Adapun pembagian dari kedua parameter tersebut diatur sebagai berikut:

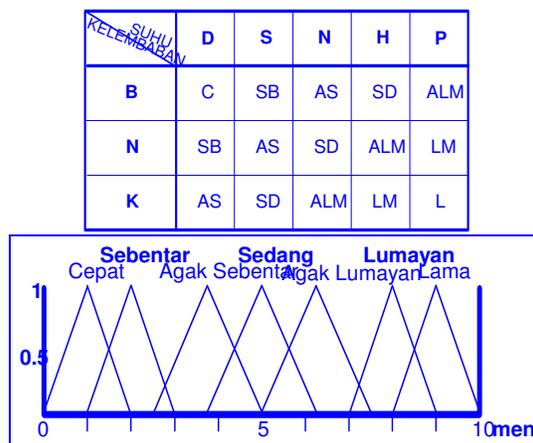
- **C** = Cepat.
- **SB** = Sebentar.
- **AS** = Agak Sebentar.
- **SD** = Sedang.
- **ALM** = Agak Lumayan.
- **LM** = Lumayan.
- **L** = Lama.

• 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 7.



Gambar 7. FAM sistem penyiraman tanaman dan Fungsi keanggotaan output fuzzy (time)

5. SENSOR

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. Gambar 8a memperlihatkan komponen utama dari sensor suhu (LM35).

Parameter	Waktu (Menit)
Cepat	0 - 2,0
Sebentar	1,0 - 3,0
Agak Sebentar	2,5 - 5,0
Sedang	3,75 - 6,25
Agak Lumayan	5,0 - 7,5
Lumayan	7,0 - 9,0
Lama	8 - 10

