

Sistem Pendukung Keputusan Fuzzy Mamdani pada Alat Penyiraman Tanaman Otomatis

Munjiat Setiani Asih

Program Studi Teknik Informatika Universitas Harapan Medan

Jl. H.M. Joni No. 70C Medan 20152 Indonesia

munjiat.stth@gmail.com

Abstract

In the gardening activities that cannot be separated from the activities of watering plants. Almost everyone is still doing the activity of watering the plants manually, by watering the plants one by one is time-consuming enough and wasting energy. Watering plants is an activity that is always done every day by almost everyone that has plants at home, office and elsewhere. The activity of watering the plants manually can not know how much water is needed by the plant so that many plants die of excess water. With the development of technology provides ease of watering plants. Technological advances include automatic plant watering, automatic plant watering equipment utilizing micro controller as a circuit brain that processes the entire series to be used for watering plants. Knowledge of fuzzy mamdani can be used as a reference when the plants watered or not to take the value of soil moisture and air temperature, so the need for water plants can be met.

Keywords: *automatic, air temperature, soil moisture, fuzzy mamdani,*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi sekarang ini sudah merambah di berbagai bidang, salah satunya di bidang pertanian. Banyak teknologi yang diterapkan untuk membantu petani dalam bidang pertanian misalnya pengusiran hama, proses pemupukan secara otomatis dan berbagai kegiatan lainnya yang memudahkan petani ataupun masyarakat. Selain di bidang pertanian teknologi ini juga membantu masyarakat yang hobinya merawat tanaman di rumah, ada kalanya pemilik rumah tidak dapat menyiram tanaman dirumahnya misalnya ketika ia sedang sakit, pergi keluar kota, belum pulang kerja dan masih banyak alasan lainnya. Hal ini bisa memberikan dampak yang kurang baik terhadap tanaman, misalnya pertumbuhan terhambat, tanaman tidak sehat bahkan bisa mengakibatkan tanaman mati karena kekurangan air. Oleh karena itu dibutuhkan sebuah alat yang dapat membantu petani ataupun masyarakat untuk menyiram tanaman secara otomatis sesuai dengan waktu ataupun kebutuhan dari tanaman tersebut.

Salah satu kemajuan teknologi saat ini yaitu penyiraman tanaman otomatis, alat penyiraman tanaman otomatis tersebut dapat memanfaatkan mikrokontroler sebagai otak rangkaian yang memproses seluruh rangkaian yang akan digunakan untuk menyiram tanaman. Mikrokontroler adalah sistem mikroprosesor lengkap yang terkandung di dalam sebuah chip. Mikrokontroler berbeda dari mikroprosesor serba guna yang digunakan dalam sebuah PC, karena sebuah mikrokontroler umumnya telah berisikan komponen pendukung sistem minimal mikroprosesor, yakni memori dan pemrograman *Input-Output* [1]. Salah satu jenis mikrokontroler yang dapat digunakan yaitu ATmega32, ATmega32 tergolong mikrokontroler jenis AVR yang memiliki arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computing*) 8 bit, semua instruksi dikemas dalam kode 16 bit dan sebagian besar instruksi dikemas berbeda dengan instruksi MCS51 yang membutuhkan 12 siklus *clock*. ATmega32 didukung lengkap program dan pengembangan system yaitu: *compiler c, assembler makro, program debugger/ simulator, in-circuit emulator, dan kit evaluasi* [2]. Mikrokontroler berisikan pengetahuan-pengetahuan dari fuzzy yang berfungsi sebagai pengendali yang dapat memberikan keputusan disiram atau tidak tanamannya tersebut secara otomatis. Salah satu pilihan mengapa mikrokontroler ATmega32 dipilih untuk digunakan mengendalikan alat penyiraman tanaman otomatis karena ATmega32 memiliki *flash memory* sebesar 32 *Kbyte* untuk memori program dan hal ini dirasa cukup untuk menyimpan pengetahuan fuzzy yang dibutuhkan.

Penentuan tanaman tersebut sudah saatnya disiram atau tidak, dapat menggunakan logika fuzzy. Konsep tentang logika fuzzy diperkenalkan oleh Prof. Lotfi Astor Zadeh pada 1962. Logika fuzzy adalah metodologi sistem kontrol pemecahan masalah, yang cocok untuk diimplementasikan pada sistem, mulai dari sistem yang sederhana, sistem kecil, *embedded system*, jaringan PC, *multichannel* atau *workstation* berbasis akuisisi data dan sistem kontrol [3]. Banyak algoritma logika fuzzy saat ini salah satu logika fuzzy yang dapat digunakan yaitu fuzzy mamdani. Pengetahuan dari fuzzy mamdani dapat dimanfaatkan sebagai acuan kapan saatnya tanaman tersebut disiram atau tidak, sehingga kebutuhan tanaman akan air selalu terpenuhi.

Penelitian ini menggunakan logika fuzzy. Logika fuzzy merupakan metodologi *system control* pemecahan masalah, yang memungkinkan keanggotaan berada antara 0 dan 1. Kasus yang diselesaikan oleh logika fuzzy yaitu kasus yang mempunyai sifat yang tidak pasti. Salah satu kasus yaitu untuk menyiram tanaman dengan otomatis. Untuk menyiram tanaman tersebut ada hal yang harus diperhatikan, yaitu kelembaban tanah dan suhu ruangan dimana tanaman tersebut berada. Untuk mendapatkan suhu secara *realtime* dibutuhkan sensor suhu, pada penelitian ini sensor suhu yang digunakan yaitu LM35.

Sensor suhu LM35 adalah komponen elektronika yang berfungsi mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. Sensor suhu LM35 diproduksi oleh *National Semiconductor* yang memiliki keakuratan tinggi dan kemudahan perancangan dibanding dengan sensor suhu lain, LM35 memiliki impedansi rendah dan linieritas yang tinggi sehingga mudah dihubungkan dengan rangkaian kendali khusus serta tidak memerlukan penyetelan. Sensor suhu LM35 akurasi tegangan keluarannya berbanding lurus dengan suhu dalam derajat *Celsius* sebesar $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$, LM35 tidak memerlukan kalibrasi eksternal menghasilkan ketelitian 0.25°C pada suhu kamar, jangkauan nilai untuk mengukur suhu kisaran -55°C - 150°C dengan tegangan output antara -1Vdc s/d $+6\text{Vdc}$, tegangan negatif *output* sensor menunjukkan suhu negatif. *Output* LM35 mempunyai impedansi rendah sehingga memudahkan dalam pembacaan dan kontrol. Energi yang dibutuhkan *IC* sangat rendah kisaran $60\mu\text{A}$, tidak menimbulkan panas yang relatif besar atau kurang dari $0,1^{\circ}\text{C}$. Catu daya sensor $4 - 30\text{Vdc}$ [4].

Selain sensor suhu dibutuhkan juga sensor untuk memeriksa kelembaban tanah. Sensor kelembaban tanah dihubungkan pada generator sinyal yang dapat menghasilkan gelombang frekuensi. Impedansi sensor bergantung pada tingkat kadar air dalam tanah, frekuensi sinyal yang dihasilkan oleh generator sinyal akan berubah sesuai dengan kelembaban tanah (kering atau basah). Perubahan frekuensi diteruskan ke *Frequency to Voltage Converter* yang mengubah frekuensi menjadi tegangan analog, tegangan analog dikonversi menjadi sinyal digital menggunakan *ADC (Analog to Digital Converter)*. Sinyal digital menjadi input untuk mikrokontroler, kemudian digunakan untuk mengetahui persentase kelembaban tanah. Jangkauan pengukuran rentan nilai sensor kelembaban tanah dari $0 - 300$ untuk tanah kering, $300 - 700$ untuk tanah lembab, dan $700 - 950$ tanah basah [5].

2. METODE PENELITIAN

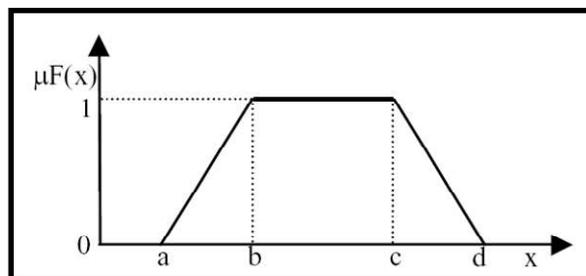
2.1 Fuzzy Mamdani

Metode mamdani sering juga dikenal dengan nama metode Max-Min atau Max-Product. Metode ini diperkenalkan oleh *Ebrahim Mamdani* pada tahun 1975. Untuk memperoleh output diperlukan empat tahap yaitu [6]:

1. Pembentukan himpunan fuzzy

Metode mamdani, baik variable input maupun variable output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan fuzzy, himpunan fuzzy diambil dari fungsi keanggotaan dinyatakan sebagai fungsi matematis tertentu. Derajat keanggotaan dari masing-masing elemen semesta pembicaraan memerlukan perhitungan. Fungsi matematis yang biasa digunakan yaitu fungsi trapesium. Fungsi keanggotaan trapesium mempunyai bentuk seperti pada gambar 1 dan dispesifikasikan oleh empat parameter $\{a, b, c, d\}$ seperti persamaan 1 [7].

$$\text{Trapezium}(x;a,b,c,d)= \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x \leq d \\ 0, & d \leq x \end{cases} \quad (1)$$



Gambar 1 Fungsi Keanggotaan Trapezium

Parameter {a,b,c,d} (dengan a<b<c<d) menentukan kordinat x pada empat sudut dari fungsi keanggotaan trapezium.

2. Aplikasi fungsi implikasi (aturan)

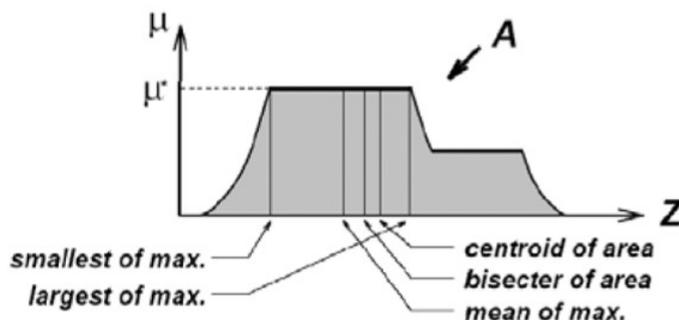
Logika pengambilan keputusan (Fuzzy inference) mengamplikasikan aturan-aturan fuzzy pada masukkan fuzzy, kemudian mengevaluasi setiap aturan. Prinsip logika fuzzy digunakan untuk mengkombinasikan aturan-aturan JIKA-MAKA (IF THEN) yang terdapat dalam basis aturan suatu pemetaan dari suatu himpunan fuzzy input himpunan fuzzy output. Logika pengambilan keputusan merupakan langkah kedua dalam pemrosesan logika fuzzy. Terdapat beberapa metode pengambilan keputusan dalam logika fuzzy yaitu metode mamdani. Fungsi implikasi yang digunakan metode mamdani adalah Min dan dalam melakukan komposisi dengan menggunakan Max. Metode komposisi ini sering disebut Max-Min[7][7]

3. Komponen aturan

Langkah pertama pengambilan keputusan metode Mamdani adalah melakukan proses fuzifikasi untuk memetakan data tegas masukan kesalahan dan beda kesalahan data fuzzy sesuai dengan tipe dan bentuk fungsi keanggotaan. Langkah kedua adalah melakukan proses terhadap kedua data fuzzy tersebut dengan operator AND yang akan mengambil nilai paling minimal dari dua data tersebut. Langkah ketiga dengan impilasi MIN akan memotong fungsi keanggotaan keluaran setelah melalui operator AND sehingga didapat daerah fuzzy. Ketiga proses tersebut juga diterapkan pada aturan-aturan fuzzy berikutnya. Setelah aturan fuzzy dieksekusi, dilakukan proses komposisi dengan metode MAX yaitu solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah fuzzy, dan mengaplikasikan ke output dengan menggunakan operator OR (union). Jika proposisi telah dievaluasi, maka output akan berisi suatu himpunan fuzzy yang merefleksikan konstribusi dari tiap-tiap proposisi. Setelah proses implikasi dan komposisi telah dilakukan makan proses selanjutnya adalah proses defuzzifikasi.

4. Penegasan (defuzzyfikasi)

Input dari proses defuzzyfikasi adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut. Jika diberikan suatu himSpunan fuzzy dalam range tertentu, maka dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu sebagai output[7]. Defuzifikasi pada komposisi aturan Mamdani. Diantaranya yaitu metode COA, bisektor, MOM, LOM, dan SOM



Gambar 2. Metode Defuzzifikasi Pada Aturan Mamdani

a. Metode COA

Metode ini solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah fuzzy. Secara umum dirumuskan pada persamaan 2 untuk variabel kontinyu dan persamaan 3 untuk variabel deskrit.

$$Z^* = \frac{\int_z z \mu(z) dz}{\int_z \mu(z) dz} \tag{2}$$

$$Z^* = \frac{\sum_{j=1}^n z_j \mu(z_j)}{\sum_{j=1}^n \mu(z_j)} \tag{3}$$

b. Metode bisektor

Metode ini solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai pada domain fuzzy yang memiliki nilai keanggotaan separo dari jumlah total nilai keanggotaan pada daerah fuzzy. Secara umum persamaan 4 ditulis.

$$\int_{\alpha}^{z^{BOA}} \mu(z) dz = \int_{z^{BOA}}^{\beta} \mu(z) dz \tag{4}$$

Dimana:

$$\alpha = \min \{z \mid z \in Z\}$$

$$\beta = \max \{z \mid z \in Z\}$$

c. MOM

Solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki nilai keanggotana max.

d. LOM

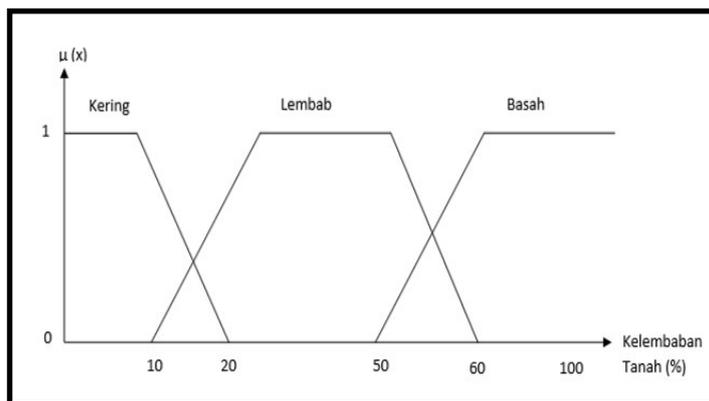
Solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotaan max.

e. SOM

Solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil dari domain yang memiliki nilai keanggotaan max.

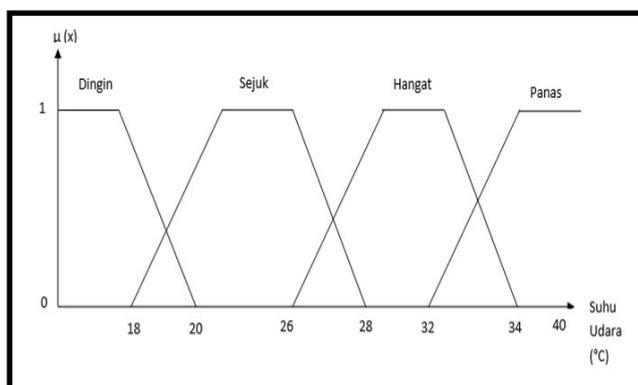
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyelesaian untuk penyiraman tanaman menggunakan algoritma Fuzzy Mamdani. Algoritma Fuzzy Mamdani ini memiliki beberapa tahapan yaitu pembentukan himpunan fuzzy, fungsi implikasi (aturan), komposisi aturan, dan penegasan (defuzzifikasi). Berikut ini diberikan penjelasan mengenai algoritma *Fuzzy Mamdani* yang diterapkan pada sistem penyiraman otomatis. Diperoleh pengetahuan awal dari penyiraman tanaman sebagai berikut.



Gambar 3. Himpunan Fuzzy Kelembaban tanah

Gambar 3 menunjukkan himpunan fuzzy kelembaban tanah, data kelembaban tanah tersebut diperoleh dari hasil pengamatan pembacaan sensor secara langsung yang dilakukan oleh peneliti. Dimana dilakukan beberapa pengujian terhadap kondisi tanah sebelum ditarik kesimpulan dalam penentuan nilai-nilai pada himpunan fuzzy kelembaban tanah tersebut.



Gambar 4. Himpunan Fuzzy Suhu Udara

Gambar 4 menunjukkan nilai-nilai dari himpunan fuzzy suhu udara, nilai-nilai yang diperoleh pada gambar tersebut diperoleh dari hasil pengamatan yang dilakukan peneliti menggunakan sensor LM35. Penentuan rentang nilai untuk dingin, sejuk, hangat, dan panas diperoleh dari hasil wawancara yang dilakukan oleh peneliti dengan masyarakat sekitar. Aturan fuzzy yang digunakan dapat dilihat pada tabel 1

Tabel 1. Aturan Fuzzy

Kelembaban Tanah	Kering	Lembab	Basah
Suhu Udara			
Dingin	Cepat	Tidak Disiram	Tidak Disiram
Sejuk	Sedang	Cepat	Tidak Disiram
Hangat	Lama	Sedang	Sedang
Panas	Lama	Sedang	Sedang

Terdapat 12 aturan fuzzy, yaitu:

- IF kelembaban tanah = kering AND suhu udara = dingin THEN durasi = cepat
- IF kelembaban tanah = kering AND suhu udara = sejuk THEN durasi = sedang
- IF kelembaban tanah = kering AND suhu udara = hangat THEN durasi = lama

- IF kelembaban tanah = kering AND suhu udara = panas THEN durasi = lama
- IF kelembaban tanah = lembab AND suhu udara = dingin THEN durasi = tidak disiram
- IF kelembaban tanah = lembab AND suhu udara = sejuk THEN durasi = cepat
- IF kelembaban tanah = lembab AND suhu udara = hangat THEN durasi = sedang
- IF kelembaban tanah = lembab AND suhu udara = panas THEN durasi = sedang
- IF kelembaban tanah = basah AND suhu udara = dingin THEN durasi = tidak disiram
- IF kelembaban tanah = basah AND suhu udara = sejuk THEN durasi = tidak disiram
- IF kelembaban tanah = basah AND suhu udara = hangat THEN durasi = sedang
- IF kelembaban tanah = basah AND suhu udara = panas THEN durasi = sedang

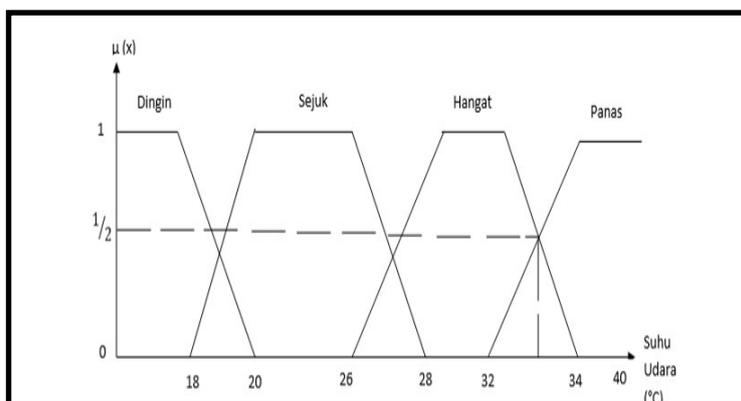
3.1 Proses Fuzzification Suhu Udara:

Sebagai contoh suhu udara = 33° C

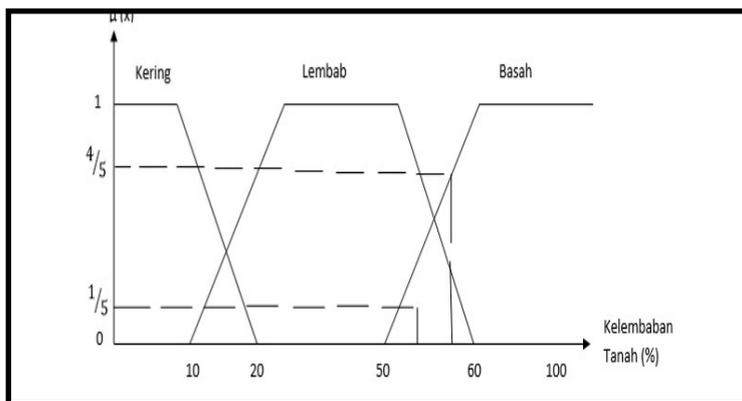
- a. Suhu udara 33° C berada diantara hangat dan panas
- b. Semantik atau derajat keanggotaan untuk hangat dihitung menggunakan rumus $-(x-d) / (d-c)$, $c < x \leq d$, dimana $c = 32$ dan $d = 34$. Sehingga derajat keanggotaan hangat = $-(32-34) / (34-32) = 1/2$
- c. Derajat keanggotaan untuk panas dihitung menggunakan rumus $(x-a) / (b-c)$, $a < x < b$, dimana $a = 32$ dan $b = 34$. Sehingga derajat keanggotaan untuk panas = $(33-32) / (34-32) = 1/2$

Sebagai contoh kelembaban tanah = 18 %

- a. Kelembaban tanah 18 % berada diantara kering dan lembab
- b. Semantik atau derajat keanggotaan untuk kering dihitung menggunakan rumus $-(x-d) / (d-c)$, $c < x \leq d$, dimana $c = 10$ dan $d = 20$. Sehingga derajat keanggotaan kering = $-(18-20) / (20-10) = 1/5$
- c. Derajat keanggotaan untuk lembab dihitung menggunakan rumus $(x-a) / (b-a)$, $a < x < b$, dimana $a = 10$ dan $b = 20$. Sehingga derajat keanggotaan untuk lembab = $(18-10) / (20-10) = 4/5$



Gambar 5. Fungsi Keanggotaan Suhu Udara



Gambar 6. Fungsi Keanggotaan Kelembaban Tanah

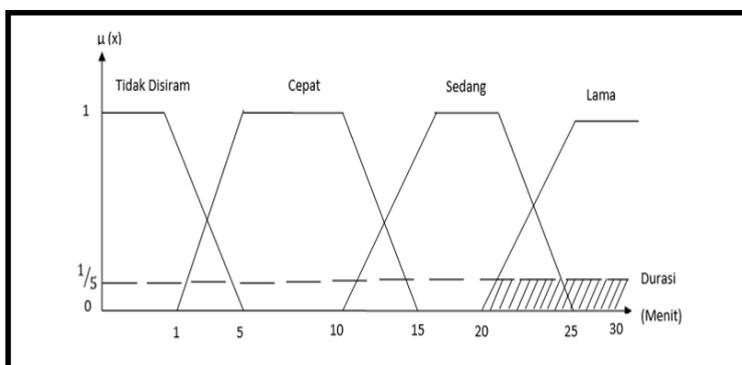
3.2 Proses Inference Model Mamdani

Dari empat data fuzzy input tersebut, hangat (1/2), panas (1/2), kering (1/5), dan lembab (4/5) maka didapat empat aturan dari dua belas aturan yaitu:

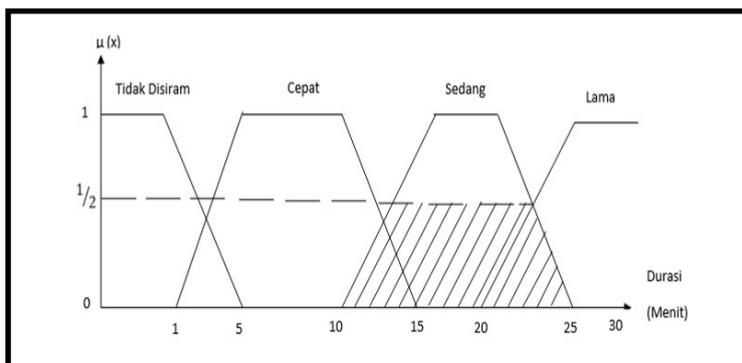
- IF kelembaban tanah = kering AND suhu udara = hangat THEN durasi = lama
- IF kelembaban tanah = kering AND suhu udara = panas THEN durasi = lama
- IF kelembaban tanah = lembab AND suhu udara = hangat THEN durasi = sedang
- IF kelembaban tanah = lembab AND suhu udara = panas THEN durasi = sedang

Dari empat aturan fuzzy dan empat fuzzy input tersebut, maka proses inference yang terjadi sebagai berikut:

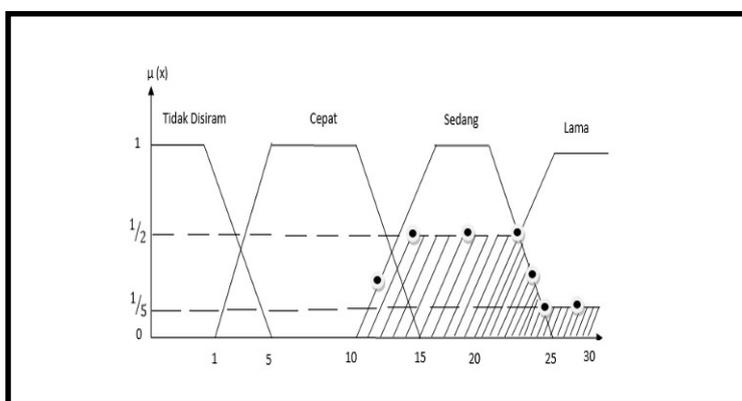
- a. Gunakan aturan conjunction (^) dengan memilih derajat keanggotaan minimum dari nilai-nilai linguistik yang dihubungkan oleh ^ dan lakukan clipping pada fungsi keanggotaan trapesium untuk durasi penyiraman sehingga:
 - IF kelembaban tanah = kering (1/5) AND suhu udara = hangat (1/2) THEN durasi = lama (1/5)
 - IF kelembaban tanah = kering (4/5) AND suhu udara = panas (1/2) THEN durasi = lama (1/5)
 - IF kelembaban tanah = lembab (4/5) AND suhu udara = hangat (1/2) THEN durasi = sedang (1/2)
 - IF kelembaban tanah = lembab (4/5) AND suhu udara = panas (1/2) THEN durasi = sedang (1/2)
- b. Gunakan aturan linguistik disjunction (v) dengan memilih derajat keanggotaan maximum dari nilai-nilai linguistik yang dihubungkan oleh v. Dari durasi = lama (1/5) V durasi = lama (1/5) dihasilkan durasi = lama (1/5). Sedangkan untuk durasi = sedang (1/2) V durasi = sedang (1/2) dihasilkan durasi = sedang (1/2). Proses inference menggunakan model mamdani menggunakan proses clipping menghasilkan dua area abu-abu seperti yang diilustrasikan sebagai berikut.



Gambar 7. Durasi = Lama (1/5)



Gambar 8. Durasi = Sedang (1/2)



Gambar 9. Proses Defuzzyfication Pada Area Abu-Abu

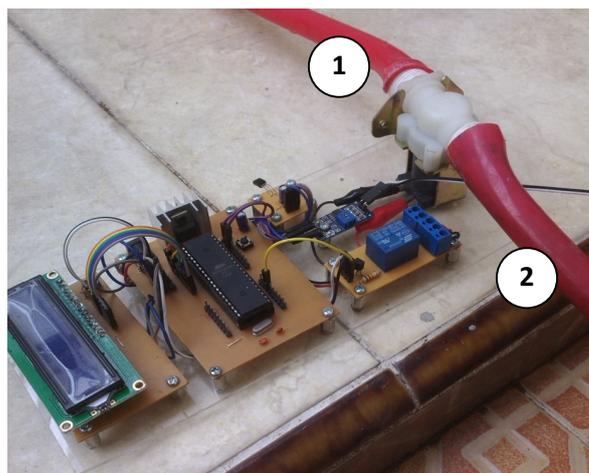
Digunakan centroid method untuk proses defuzzyfication. Tentukan titik sembarang pada area abu-abu tersebut, misalkan 15, 17, 19, 25, 27, 29

Gambar titik pada area abu-abu ditentukan secara acak sehingga akan didapatkan satu titik pada area abu-abu ditentukan secara acak sehingga akan didapatkan satu titik sebagai pusat area.

$$\begin{aligned}
 Y^* &= \frac{(15+17+19) \cdot \frac{1}{5} + (25+27+29) \cdot \frac{1}{2}}{\frac{1}{5} + \frac{1}{5} + \frac{1}{5} + \frac{1}{2} + \frac{1}{2}} \\
 &= \frac{10.2+40.5}{2.1} = \frac{50.7}{2.1} = 24.14
 \end{aligned}$$

Jadi, dengan menggunakan model mamdani, untuk suhu udara 33° C dan kelembaban tanah 18 % maka secara otomatis alat akan menyiramkan air selama 24.14 menit.

Setelah seluruh rangkaian yang dibutuhkan sudah lengkap, langkah selanjutnya yaitu menghubungkan seluruh rangkaian sesuai dengan skema rangkaian. Setelah seluruh rangkaian dihubungkan maka terlihat seperti gambar berikut.



Gambar 11. Pemasangan Selang Air

Pada gambar 11 terlihat no 1 menunjukkan bagian yang dihubungkan ke keran air, no 1 tersebut merupakan bagian input air. Sedangkan no 2 menunjukkan bagian output dari air, selang output tersebut akan dihubungkan ke tanaman yang akan disiram. Setelah selang berhasil dipasang, langkah selanjutnya yaitu menempatkan sensor kelembaban tanah ke tanah tanaman yang akan disiram.



Gambar 12. Pemasangan Sensor Kelembaban Tanah

Letakkan selang output ke tanaman yang akan disiram, untuk lebih jelasnya lihat gambar berikut untuk pemasangan selang output



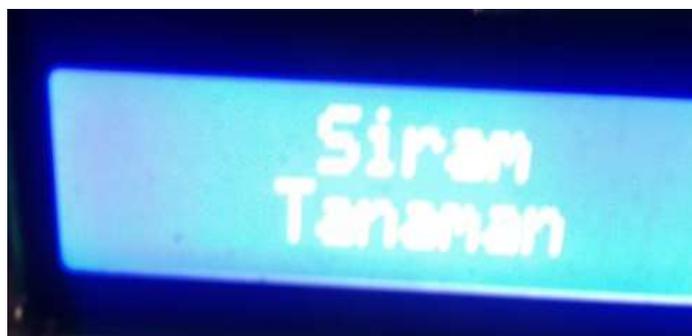
Gambar 13. Pemasangan Selang output

Untuk mengaktifkan rangkaian, pengguna harus menghidupkan rangkaian dengan cara menghubungkannya dengan catu daya listrik. Secara otomatis rangkaian akan melakukan pemeriksaan kondisi suhu dan kelembaban tanah secara otomatis. Jika kondisi terpenuhi maka tanaman akan disiram secara otomatis.



Gambar 14. Input Sensor ke LCD

Selanjutnya masukkan sensor untuk memeriksa kelembaban tanah kedalam tanah. Secara otomatis mikrokontroler akan menerima inputan dari sensor suhu dan sensor kelembaban tanah, kemudian nilai inputan tersebut akan ditampilkan di LCD seperti terlihat pada gambar 15.



Gambar 15. Tampilan Keputusan di LCD

Setelah proses pembacaan input selanjutnya mikrokontroler akan melakukan pemeriksaan nilai inputan tersebut. Dari nilai inputan yang terlihat pada gambar 12 maka diperoleh bahwa mikrokontroler akan menyiram tanaman, hal ini terlihat dari pesan yang ditampilkan pada LCD. Dalam percobaan yang dilakukan didapatkan hasil pengujian yang dibuat kedalam tabel berikut ini.

Tabel 2. Hasil Pengujian

No.	Suhu Udara	Kelembaban Tanah	Kodisi Penyiraman
1	29	10%	Sedang
2	30	50%	Tidak Disiram
3	30	25%	Lama
4	31	22%	Lama

Dari tabel 1 dapat dilihat bahwa terdapat beberapa hasil pengujian yang dilakukan, ketika suhu udara terbaca oleh sensor 29°C dan kelembaban tanah 10% maka rangkaian akan melakukan penyiraman dengan kondisi “Sedang”. Kondisi “Sedang” ini menyatakan lamanya waktu penyiraman yang dilakukan. Hasil tersebut didapatkan dari metode fuzzy mamdani yang diterapkan pada mikrokontroler.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Untuk mengambil keputusan tanaman disiram atau tidak, mikrokontroler harus memiliki pengetahuan-pengetahuan dari fuzzy mamdani.
2. Dari hasil pengujian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa fuzzy sudah diterapkan dengan baik, hal ini terlihat dari hasil pengujian dimana saat suhu udara 30°C dan kelembaban tanah

50% maka tanaman tersebut tidak akan disiram. Hal ini didapatkan dari pengetahuan yang diterapkan ke dalam mikrokontroler, kemudian ketika suhu udara mencapai 31°C dan kelembaban tanah 22% maka waktu penyiraman tanaman tersebut berdurasi “Lama”. Dimana kondisi “Lama” ini telah diatur sesuai dengan rule yang ditanamkan pada mikrokontroler

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada Ade Zulkarnain Hsb, ST, M.Kom sebagai suami yang telah membantu dan mendukung pembuatan jurnal ini. Serta tidak lupa juga saya mengucapkan terima kasih kepada seluruh jajaran pimpinan, rekan sejawat, pegawai dan pihak lainnya yang telah memberikan dukungan ide dan fasilitas terhadap penelitian ini.

BAHAN REFERENSI

- [1] A. B. Santoso, Martinus, dan Sugiyanto. 2013. Pembuatan Otomasi Pengaturan Kereta Api, Pengereman, Dan Palang Pintu Pada Rel Kereta Api Mainan Berbasis Mikrokontroler. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, No. 1, Vol. 1.2337 4780: <http://journal.eng.unila.ac.id/index.php/fema/article/view/30/25>.
- [2] Atmel Corporation, 2011, Atmega32/L Datasheet – Microchip, ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/doc2503.pdf, diakses pada tanggal 21 Januari 2018.
- [3] S. Wibowo. 2015. Penerapan Logika Fuzzy Dalam Penjadwalan Waktu Kuliah. Jurnal Informatika UPGRIS. Vol. 1: <http://download.portalgaruda.org/article.php?article=414291&val=8924&title=Penerapan%20Logika%20Fuzzy%20Dalam%20Penjadwalan%20Waktu%20Kuliah>.
- [4] T. I. Incorporated, 2014, LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors, www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf diakses pada tanggal 21 Januari 2018.
- [5] DFRobot, 2014, Moisture Sensor (SKU:SEN0114), [https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/Moisture_Sensor_\(SKU:SEN0114\)](https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/Moisture_Sensor_(SKU:SEN0114)) diakses pada tanggal 21 Januari 2018.
- [6] A. Harsa, A. Suyatno, and J. Rahayu. 2011. Simulasi Pendaratan Pesawat Terbang Jenis Cassa 212 Menggunakan Logika Fuzzy. Jurnal Eksponensial, No. 1, Vo. 2. 2085-7829: <https://fmipa.unmul.ac.id/files/docs/8.%20awang%20harsa%20K.pdf>.
- [7] Sutikno dan I. Waspada. 2012. Perbandingan Metode Defuzzifikasi Sistem Kendali Logika Fuzzy Model Mamdani Pada Motor DC. Jurnal Masyarakat Informatika. No. 3, Vol. 2. 2086-4930: <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/jmasif/article/viewFile/2645/2356>
- [8] Nasution, Muhammad Irwan Padli, 2014, *Keunggulan Kompetitif dengan Teknologi Informasi, Jurnal Elektronik*