

# **Implementasi Metode Fuzzy Untuk Sistem Identifikasi Kadar Elektrolit Untuk Mengukur Tingkat Kesuburan Tanah Berbasis Mikrokontroler Arduino**

**Jaka Prayudha, Usti Fatimah Sari Sitorus Pane, Saniman, Selamat Raharjo**

STMIK Triguna Dharma

E-mail : jakaprayudha3@gmail.com.com

## **Abstrak**

Kesuburan tanah menjadi faktor utama dalam pertumbuhan sebuah tanaman berupa buah-buahan, bunga hingga pepohonan. Faktor kesuburan tanah salah satunya yaitu kadar elektrolit pada tanah yang merupakan unsur pokok tanah untuk membuat air pada tanah dapat diserap oleh tumbuhan dengan baik. Setiap keadaan tanah memiliki kadar elektrolit yang berbeda sehingga untuk menentukan tanah tersebut subur tidaknya dibutuhkan sebuah mekanisme pengujian laboratorium yang pada umumnya menghabiskan waktu 3-5 hari dalam proses pengujian kesuburan tanah. Pembuatan sistem yang dapat menguji kesuburan tanah dengan mengaplikasikan sensor soil moisture FC-28 pada mikrokontroler arduino sebagai unit proses dan ditanamkan sebuah kecerdasan buatan menggunakan metode fuzzy sebagai unit satuan pemrosesan sistem.

Kata Kunci: Kesuburan Tanah, Fuzzy, Mikrokontroler Arduino, Sensor Soil Moisture FC-28

## **1. Pendahuluan**

Tanah merupakan akumulasi tubuh alam bebas, yang menduduki sebagian besar permukaan bumi yang mampu menumbuhkan tanaman dan memiliki sifat sebagai akibat pengaruh iklim dan jasad hidup yang bertindak terhadap bahan induk dalam keadaan relief tertentu selama jangka waktu tertentu pula. Tanah merupakan faktor terpenting dalam tumbuhnya tanaman dalam suatu sistem pertanaman, pertumbuhan suatu jenis dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya ialah tersedianya unsur hara, baik unsur hara makro maupun unsur hara mikro. Tanah sebagai medium pertumbuhan tanaman berfungsi pula sebagai pemasok unsur hara, dan tanah secara alami memiliki tingkat ketahanan yang sangat beragam sebagai medium tumbuh tanaman.

Tanaman memerlukan makanan yang sering disebut hara tanaman (plant nutrient) untuk memenuhi siklus hidupnya. Apabila suatu tanaman kekurangan suatu unsur hara, maka akan menampilkan gejala pada suatu organ tertentu yang spesifik yang biasa disebut gejala kekahatan. Unsur hara yang diperlukan tanaman tidak seluruhnya dapat dipenuhi dari dalam tanah. Oleh karena itu perlu penambahan dari luar yang biasanya dalam bentuk pupuk. Pupuk adalah bahan yang diberikan kedalam tanah atau tanaman untuk memenuhi kebutuhan unsur hara bagi tanaman dan dapat berfungsi untuk memperbaiki sifat fisika, kimia dan biologi tanah. Kesuburan tanah ditentukan oleh keadaan fisika, kimia dan biologi tanah. Keadaan fisika tanah meliputi kedalaman efektif, tekstur, struktur, kelembaban dan tata udara tanah. Keadaan kimia tanah meliputi reaksi tanah (pH tanah), KTK, kejenuhan basah, bahan organik, banyaknya

unsur hara, cadangan unsur hara dan ketersediaan terhadap pertumbuhan tanaman, yang ternyata zat-zat yang diperlukan oleh tanah tersebut sebagian besar merupakan larutan Elektrolit (penghantar arus listrik). Kesuburan tanah juga merupakan kunci utama keberhasilan suatu usaha tani. Bagaimanapun sempurnanya suatu proses usaha tani akan tetapi jika tidak didukung dengan kesuburan tanah yang memadai pasti tidak akan membawa hasil yang maksimal. Sebagai contoh kasus yang umum terjadi pada petani Indonesia, para petani sering memberikan pupuk kimia yang berlebihan pada lahannya akan tetapi produksinya belum seperti yang diharapkan. Permasalahan pada kasus diatas adalah karena tingkat kesuburan tanah yang rendah sehingga berapapun pupuk yang diberikan tidak akan bisa terserap oleh tanaman. Untuk mengetahui tingkat kesuburan tanah tidaklah mudah, tidak bisa hanya dilihat dan diraba akan tetapi harus dilakukan uji kesuburan tanah di laboratorium dengan biaya yang tidak murah dan tidak semua petani punya akses untuk melakukan uji kesuburan tanah tersebut.

## 2. Landasan Teoritis

### 2.1 Tanah

Tanah itu adalah tubuh alam (natural body) yang terbentuk dan berkembang sebagai akibat kerjanya gaya-gaya alam (natural force) terhadap bahan-bahan alam (natural material) di permukaan bumi. Tanah itu merupakan medium alam untuk pertumbuhan tanaman. tanah menyediakan unsur-unsur hara sebagai makanan tanaman untuk pertumbuhannya. Selanjutnya unsur hara diserap oleh akar tanaman dan melalui daun dirubah menjadi persenyawaan organik seperti karbohidrat protein, lemak dan lain-lain. Tanah yang terbentuk dari bahan-bahan berupa bahan mineral dan organik, Air serta udara tersusun di dalam ruangan yang membentuk tubuh tanah. Akibat berlangsungnya proses pembentukan tanah itu, maka terjadilah perbedaan morfologi, kimia, fisis dan biologi tanah yang berbeda pula. Tanaman membutuhkan unsur-unsur hara esensial untuk menopang kehidupan mereka. Unsur-unsur hara itu diantaranya; Nitrogen (N), Magnesium (Mg), Kalium (K), Karbon (C), Kalsium (Ca), Sulfur (S), Zink (Fe) dan unsur-unsur lainnya. Ternyata zat-zat yang diperlukan oleh tanaman tersebut sebagian besar merupakan larutan Elektrolit ( larutan penghantar listrik).

Elektrolit adalah suatu zat yang larut atau terurai ke dalam bentuk ion-ion dan selanjutnya larutan menjadi konduktor elektrik, ion-ion merupakan atom-atom bermuatan elektrik. Elektrolit bisa berupa air, asam, basa atau berupa senyawa kimia lainnya. Elektrolit umumnya berbentuk asam, basa atau garam. Beberapa gas tertentu dapat berfungsi sebagai elektrolit pada kondisi tertentu misalnya pada suhu tinggi atau tekanan rendah. Elektrolit kuat identik dengan asam, basa, dan garam kuat. Elektrolit merupakan senyawa yang berikatan ion dan kovalen polar. Sebagian besar senyawa yang berikatan ion merupakan elektrolit sebagai contoh ikatan ion NaCl yang merupakan salah satu jenis garam yakni garam dapur. NaCl dapat menjadi elektrolit dalam bentuk larutan dan lelehan. atau bentuk liquid dan aqueous. sedangkan dalam bentuk solid atau padatan senyawa ion tidak dapat berfungsi sebagai elektrolit.

Elektrolit merupakan suatu zat yang ketika dilarutkan dalam air akan menghasilkan larutan yang dapat menghasilkan arus listrik. Nonelektrolit adalah tidak dapat menghantarkan arus listrik ketika dilarutkan dalam air. Semakin banyak jumlah ion, semakin kuat daya hantarnya. Sedangkan larutan yang tidak dapat menghantarkan arus listrik disebabkan karena zat-zat tersebut tetap berwujud molekul-molekul netral yang tidak bermuatan

### 2.2 Mikrokontroler Arduino

Arduino adalah board berbasis mikrokontroler pada Atmega328. Board ini memiliki 14 digital input/output pin (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack listrik tombol reset. Pin-pin ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, hanya terhubung ke komputer dengan kabel USB atau

*Implementasi Metode Fuzzy Untuk Sistem Identifikasi Kadar Elektrolit Untuk Mengukur Tingkat Kesuburan Tanah Berbasis Mikrokontroler Arduino*

sumber tegangan bisa didapat dari adaptor AC-DC atau baterai untuk menggunakannya. Arduino memiliki fitur-fitur antara lain, yaitu 1,0 pin out: tambah SDA dan SCL pin yang dekat ke pin AREF dan dua pin baru lainnya ditempatkan dekat ke pin RESET, dengan IO REF yang memungkinkan sebagai buffer untuk beradaptasi dengan tegangan yang disediakan dari board sistem. Pengembangannya, sistem akan lebih kompatibel dengan Prosesor yang menggunakan AVR, yang beroperasi dengan 5V dan dengan Arduino Karena yang beroperasi dengan 3.3V. Yang kedua adalah pin tidak terhubung, yang disediakan untuk tujuan pengembangannya. Lingkungan open-source Arduino memudahkan untuk menulis kode dan meng-upload ke board Arduino. Ini berjalan pada Windows, Mac OS X, dan Linux. Berdasarkan Pengolahan, avr-gcc dan perangkat lunak sumber terbuka lainnya.

Arduino IDE juga memiliki keterbatasan tidak mendukung fungsi debugging hardware maupun software, selain itu disarankan harus memahami bahasa C. Juga, terhubung deteksi syntax highlighting IDE arduino masih sederhana, dan kurang mendetail sehingga akan mempersulit pencarian baris kode sketch akibat kesalahan penulisan atau penulisan suatu fungsi yang tidak sesuai dengan pustaka acuan yang digunakan. Proses kompilasi IDE arduino diawali dengan proses pengecekan kesalahan sintaksis sketch, kemudian memanfaatkan pustaka processing dan avrgccsketch dikompilasi menjadi berkas objek, lalu berkas-berkas object digabungkan oleh pustaka arduino menjadi berkas biner

### **2.3 Sensor Soil Moisture FC028**

Soil Moisture Sensor FC-28 adalah sensor kelembaban yang dapat mendeteksi kelembaban dalam tanah. Sensor ini sangat sederhana, tetapi ideal untuk memantau taman kota, atau tingkat air pada tanaman pekarangan. Semakin banyak air membuat tanah lebih mudah menghantarkan listrik (resistansi kecil), sedangkan tanah yang kering sangat sulit menghantarkan listrik (resistansi besar). Sensor ini sangat membantu untuk mengingatkan tingkat kelembaban pada tanaman atau memantau kelembaban tanah. Soil Moisture Sensor FC-28 memiliki spesifikasi tegangan input sebesar 3.3V atau 5V, tegangan output sebesar 0 – 4.2V, arus sebesar 35 mA, dan memiliki value range ADC sebesar 1024 bit mulai dari 0 – 1023 bit.

### **2.4 Fuzzy Logic**

Logika fuzzy adalah suatu cara tepat untuk memetakan suatu ruang input ke dalam suatu ruang output. Teknik ini menggunakan teori matematis himpunan fuzzy. Logika fuzzy berhubungan dengan ketidakpastian yang telah menjadi sifat alamiah manusia. Ide dasar dari logika fuzzy muncul dari prinsip ketidakjelasan. Teori fuzzy pertama kali dibangun dengan menganut prinsip teori himpunan. Dalam himpunan konvensional (crisp), elemen dari semesta adalah anggota atau bukan anggota dari himpunan. Dengan demikian, keanggotaan dari himpunan adalah tetap. Fuzzy logic biasa juga disebut dengan logika samar merupakan suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input didasari oleh konsep himpunan fuzzy. Sebelum munculnya teori logika fuzzy, dikenal sebagai logika tegas yang memiliki nilai benar atau salah secara tegas. Menurut Profesor Lotfi A. Zadeh adalah guru besar pada University of California yang merupakan pencetus sekaligus yang memasarkan ide tentang cara mekanisme pengolahan atau manajemen ketidakpastian yang kemudian dikenal dengan fuzzy logic. Dalam penyajiannya variabel-variabel yang akan digunakan harus cukup menggambarkan ke-fuzzy-an tetapi dilain pihak persamaan-persamaan yang dihasilkan dari variabel-variabel itu haruslah cukup sederhana sehingga komputasinya menjadi cukup mudah. Karena itu Profesor Lotfi A Zadeh kemudian memperoleh ide Istilah dasar fuzzy logic pertama kalinya ditemukan, menyatakan logika fuzzy adalah suatu bentuk logika banyak bernilai atau logika probabilistik, berhubungan dengan penalaran dan perkiraan yang tetap dan tepat. Logika fuzzy bekerja dengan menggunakan derajat keanggotaan dari sebuah nilai, kemudia digunakan untuk

menentukan hasil yang diinginkan berdasarkan aturan aturan yang telah ditetapkan. Terdapat dua model aturan *fuzzy* yang digunakan secara luas dalam berbagai aplikasi, yaitu :

a. Model Mamdani

Pada model ini, aturan *fuzzy* didefinisikan sebagai :

*IF* x is A AND ... AND x is B THEN y is C

**Inferensi:**

Aplikasikan *fuzzified inputs*,  $\mu(x=A1) = 0.5$ ,  $\mu(x=A2) = 0.2$ ,  $\mu(y=B1) = 0.1$  and  $\mu(y=B2) = 0.7$ , ke anteseden dari aturan *fuzzy*.

Untuk aturan *fuzzy* dengan anteseden lebih dari 1, operator *fuzzy* (*AND* atau *OR*) digunakan untuk mencapai sebuah nilai tunggal yang merepresentasikan hasil *rule fuzzy*. Nilai ini kemudian diaplikasikan ke fungsi keanggotaan konsekuen.

Teknik yang paling populer adalah *centroid technique*. Metoda ini mencari *centre of gravity* (COG) atau mencari titik yang membagi area solusi menjadi 2 bagian yang sama dari *aggregate set*:

$$COG = \frac{\int_a^b \mu_A(x) x dx}{\int_a^b \mu_A(x) dx}$$

b. Model Sugeno

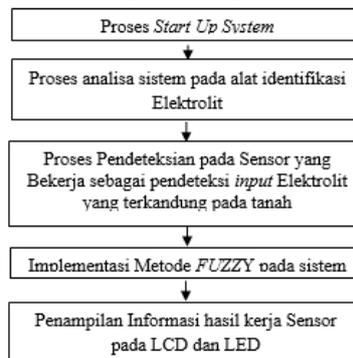
Model ini dikenal sebagai Takagi Sugeno Kang (*TSK*) yaitu suatu varian dari model mamdani. Model ini menggunakan aturan yang berbentuk

*IF* x is A AND ... AND x is B THEN  $f(x)$

Perbedaan antara Mamdani dan Sugeno ada pada konsekuen. Sugeno menggunakan konstanta atau fungsi matematika dari variabel input dimana dimana  $x$ ,  $y$  dan  $z$  adalah variabel linguistik; A dan B himpunan fuzzy untuk X dan Y, dan  $f(x, y)$  adalah fungsi matematik.

**3. Hasil dan Pembahasan**

Penentuan algoritma sistem merupakan bagian analisa dari konfigurasi sistem. Di mana penentuan algoritma yang digunakan untuk tiap-tiap bagian penyusun sistem merupakan penentuan agar memaksimalkan kinerja alat sesuai dengan yang diinginkan. Pada perancangan ini algoritma yang dimaksud adalah penggunaan metode pada setiap *subsystem* untuk menentukan alat dan komponen yang akan digunakan.



Gambar 1 Algoritma Sistem

Tabel 1 Variable Fuzzy

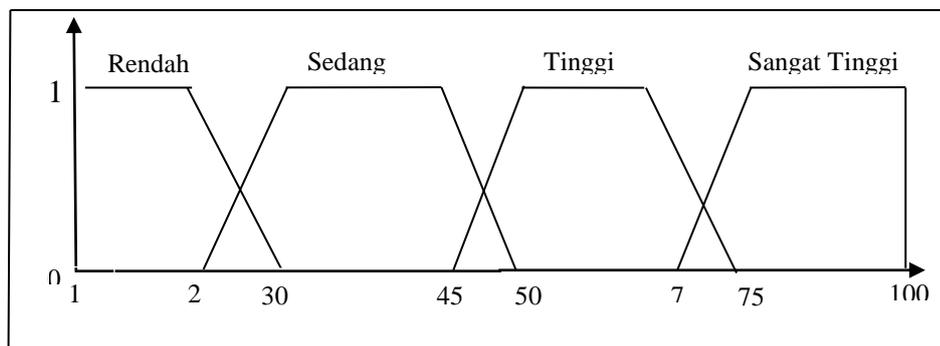
Fungsi	Nama Variabel	Nama Himpunan Fuzzy	Semesta pembicaraan (%)	Domain
Input	Sensor (1) Elektrolit	Rendah	[0..100]	[10..30]
		Sedang		[25..50]
		Tinggi		[45..75]
		Sangat tinggi		[70..100]
	Sensor (2) Kelembaban	Kering	[0..100]	[70..100]
		Sedang		[45..75]
		Lembab		[25..50]
		Sangat Lembab		[10..30]
Output	LCD	Tidak Subur	[0..100]	
		Kurang Subur		
		Subur		
		Sangat Subur		
	LED	Merah		
		Kuning		
		Hijau		
		Biru		

1. *Fuzzification*

Pembentukan derajat keanggotaan pada semua variabel, sebagai berikut :

a. Derajat keanggotaan variabel Sensor1

Kurva untuk derajat keanggotaan pada variabel pada sensor(1) terdiri dari 4 himpunan fuzzy yaitu : Rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi



Gambar 2 Derajat Keanggotaan pada Sensor(1)

Nilai keanggotaan pada sensor1:

$$\mu_R[x] = \begin{cases} 0 & x \geq 30 \\ (30 - x) / (30 - 5) & 25 \leq x < 30 \\ 1 & x \leq 25 \end{cases}$$

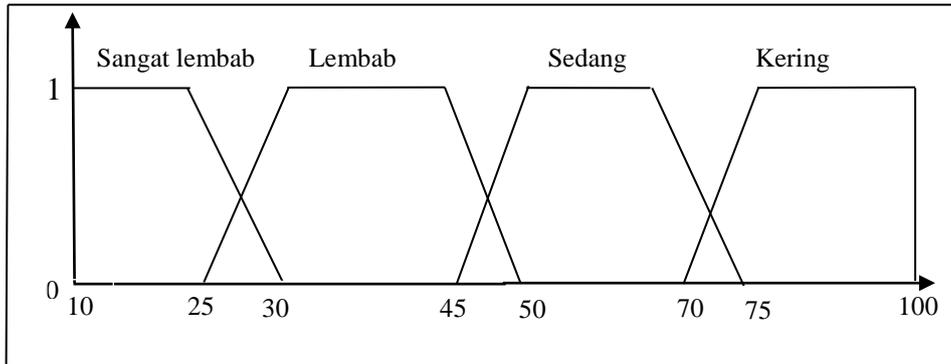
$$\mu_T[x] = \begin{cases} 0 & x \leq 45 \text{ atau } x \geq 75 \\ (x - 70) / (50 - 45); & 45 \leq x < 50 \\ 1 & x \geq 50 \text{ atau } x \leq 75 \\ (75 - x) / (75 - 70); & 70 \leq x < 75 \end{cases}$$

$$\begin{aligned} & 0 = x \leq 25 \text{ atau } x \geq 50 \\ \mu_S[x] &= (x - 45) / (30 - 25); 25 \leq x \leq 30 \\ & 1 = x \geq 30 \text{ atau } x \leq 50 \\ & (50 - x) / (50 - 45); 45 \leq x \leq 50 \end{aligned} \qquad \begin{aligned} & 0 = x \leq 70 \\ \mu_{ST}[x] &= (x - 70) / (75 - 70) \\ & 1 = x \geq 75 \end{aligned}$$

Ket : R = Rendah, S = Sedang, T = Tinggi, ST = Sangat Tinggi

b. Derajat keanggotaan variabel Sensor2

Kurva untuk derajat keanggotaan pada variabel pada sensor(2) terdiri dari 4 himpunan fuzzy yaitu : Kering, Sedang, Lembab dan Sangat Lembab.



Gambar 3 Keanggotaan pada Sensor(2)

Nilai keanggotaan pada sensor2 :

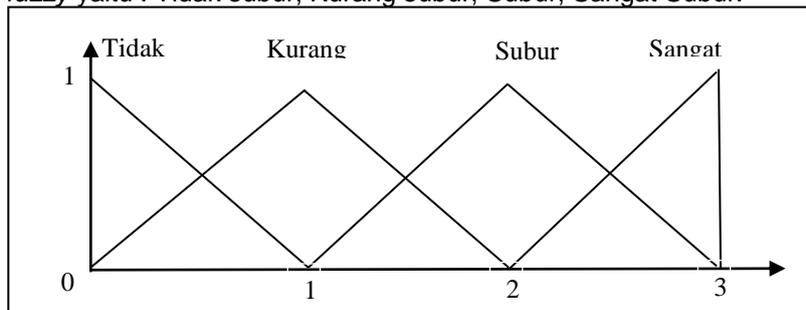
$$\begin{aligned} & 0 = x \leq 30 \\ \mu_{SL}[x] &= (30 - x) / (30 - 5) \\ & 1 = x \geq 25 \end{aligned} \qquad \begin{aligned} & 0 = x \leq 45 \text{ atau } x \geq 75 \\ \mu_S[x] &= (x - 70) / (50 - 45); 45 \leq x \leq 50 \\ & 1 = x \geq 50 \text{ atau } x \leq 75 \\ & (75 - x) / (75 - 70); 70 \leq x \leq 75 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & 0 = x \leq 25 \text{ atau } x \geq 50 \\ \mu_L[x] &= (x - 45) / (30 - 25); 25 \leq x \leq 30 \\ & 1 = x \geq 30 \text{ atau } x \leq 50 \\ & (50 - x) / (50 - 45); 45 \leq x \leq 50 \end{aligned} \qquad \begin{aligned} & 0 = x \geq 70 \\ \mu_K[x] &= (x - 70) / (75 - 70) \\ & 1 = x \leq 75 \end{aligned}$$

Ket : K = Kering, S= Sedang, L = Lembab, SL = Sangat lembab

c. Derajat keanggotan tampilan LCD

Kurva untuk derajat keanggotaan pada variabel pada tampilan LCD terdiri dari 4 himpunan fuzzy yaitu : Tidak subur, Kurang subur, Subur, Sangat Subur.



Gambar 4 Derajat Keanggotaan pada tampilan LCD

Nilai keanggotaan pada tampilan LCD

$$\begin{aligned} 0 &= x \geq 1 \\ \mu_{TS}[x] &= (1 - x) / (1 - 0) \\ 1 &= x \leq 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0 &= x \leq 0 \text{ atau } 0 = x \geq 2 \\ \mu_{KS}[x] &= (x - 0) / (1 - 0); 0 \leq x \leq 1 \\ 1 &= x = 1 \\ (1 - x) / (2 - 1); 1 \leq x \leq 2 \end{aligned}$$

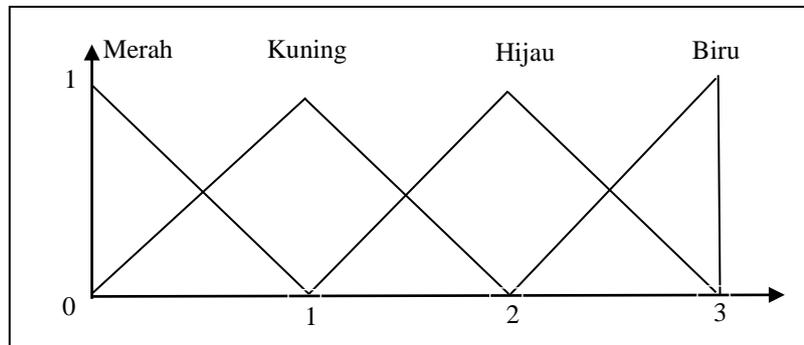
$$\begin{aligned} 0 &= x \leq 1 \text{ atau } 1 = x \geq 3 \\ \mu_S[x] &= (x - 1) / (2 - 1); 1 \leq x \leq 2 \\ 2 &= x = 2 \\ (2 - x) / (3 - 2); 2 \leq x \leq 3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0 &= x \leq 3 \\ \mu_{SS}[x] &= (x - 2) / (3 - 2) \\ 2 &= x \geq 3 \end{aligned}$$

Ket : TS = Tidak Subur, KS = Kurang Subur, S = Subur, SS = Sangat Subur.

d. Derajat keanggotan LED

Kurva untuk derajat keanggotaan pada variabel pada LED terdiri dari 4 himpunan *fuzzy* yaitu : Merah, Kuning, Hijau, Biru



Gambar 5 Derajat Keanggotaan pada LED

Nilai keanggotaan pada LED

$$\begin{aligned} 0 &= x \geq 1 \\ \mu_{Merah}[x] &= (1 - x) / (1 - 0) \\ 1 &= x \leq 0 \end{aligned}$$

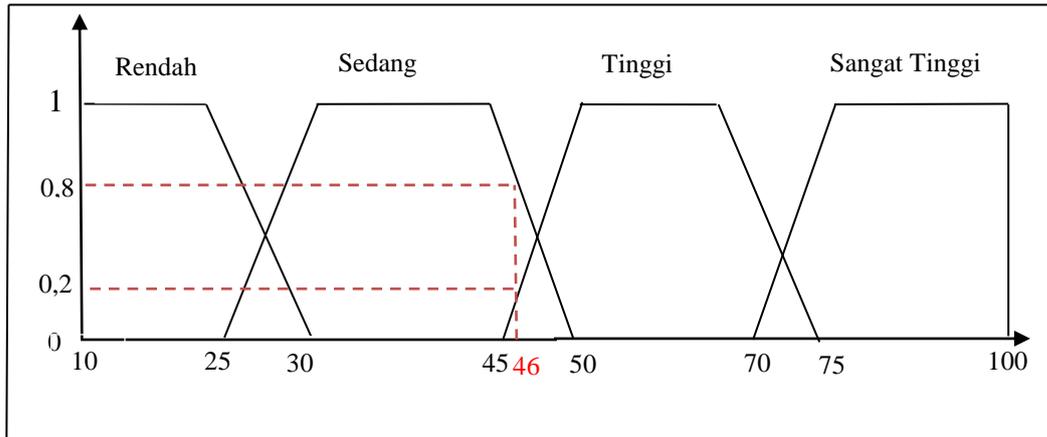
$$\begin{aligned} 0 &= x \leq 0 \text{ atau } 0 = x \geq 2 \\ \mu_{Kuning}[x] &= (x - 0) / (1 - 0); 0 \leq x \leq 1 \\ 1 &= x = 1 \\ (1 - x) / (2 - 1); 1 \leq x \leq 2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0 &= x \leq 1 \text{ atau } 1 = x \geq 3 \\ \mu_{Hijau}[x] &= (x - 1) / (2 - 1); 1 \leq x \leq 2 \\ 2 &= x = 2 \\ (2 - x) / (3 - 2); 2 \leq x \leq 3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0 &= x \leq 3 \\ \mu_{Biru}[x] &= (x - 2) / (3 - 2) \\ 2 &= x \geq 3 \end{aligned}$$

Bagaimana kondisi tanah jika *input* elektrolit pada sensor(1) bernilai 46 dan *input* kelembaban sensor(2) bernilai 28 dengan *fuzzy* mamdani ?

a. Derajat keanggotaan elektrolit 46% pada sensor(1)



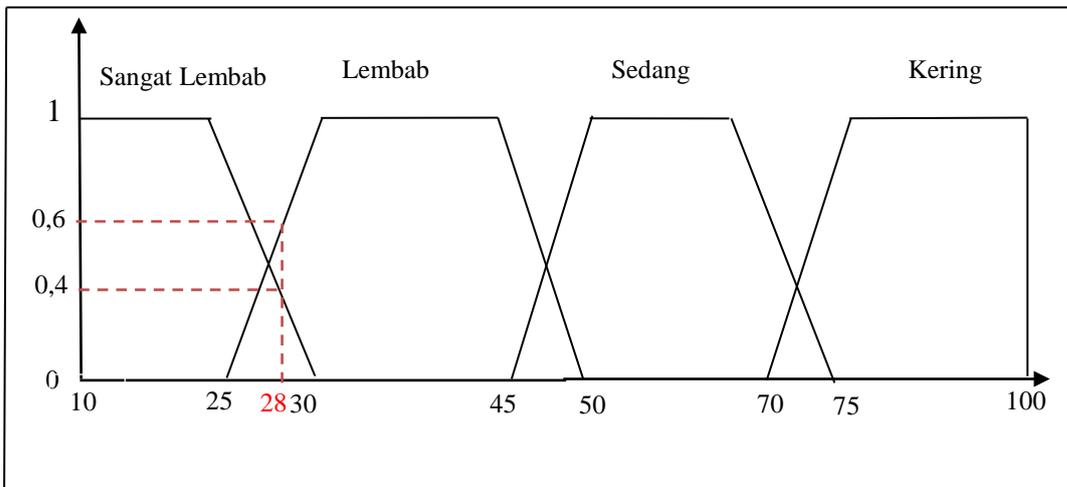
Gambar 6 Derajat keanggotaan elektrolit 46% pada sensor(1)

Nilai keanggotaan sensor(1)

$$\begin{aligned} \mu_{\text{Sedang}}[46] &= (50-46) / (50-45) \\ &= 4/5 \\ &= 0,8 \text{ (80\% Sedang)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_{\text{Tinggi}}[46] &= (46-45) / (50-45) \\ &= 1/5 \\ &= 0,2 \text{ (20\% Tinggi)} \end{aligned}$$

b. Derajat keanggotaan kelembaban 28% pada sensor(2)



Gambar 7 Derajat keanggotaan kelembaban 28% pada sensor(2)

Nilai keanggotaan sensor(2)

$$\begin{aligned} \mu_{\text{Sangat Lembab}}[28] &= (30-28) / (30-25) \\ &= 2/5 \\ &= 0,4 \text{ (40\% Sangat lembab)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_{\text{Lembab}}[28] &= (28-25) / (30-25) \\ &= 3/5 \\ &= 0,6 \text{ (60\% Lembab)} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas dapat disimpulkan nilai keanggotaan elektrolit pada sensor(1) 46 berada 0% pada himpunan Rendah 80% pada himpunan Sedang, 20% pada himpunan tinggi, 0% pada himpunan Sangat tinggi. Dan nilai keanggotaan kelembaban 28 berada 40% pada himpunan Sangat Lembab, 60% pada himpunan Lembab 0% pada himpunan Sedang, dan 0% pada himpunan Kering.

## 2. Inference rule

Dari derajat keanggotaan tersebut, dapat dibuat beberapa aturan sesuai tabel di bawah ini :

Tabel 2 Aturan *Fuzzy* untuk Sistem Kontrol

		Sensor(1) Elektrolit			
		Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat tinggi
Sensor(2) Kelembaban	Kering	LCD(Tidak Subur) & LED (Merah)	LCD(Tidak Subur) & LED(Merah)	LCD(Kurang Subur) & LED(Kuning)	LCD(Kurang Subur) & LED (Kuning)
	Sedang	LCD(Tidak Subur) & LED(Merah)	LCD(Kurang Subur) & LED(Kuning)	LCD(Subur) & LED(Hijau)	LCD(Subur) & LED (Hijau)
	Lembab	LCD(Kurang Subur) & LED(Kuning)	LCD( Kurang Subur) & LED(Kuning)	LCD(Subur) & LED(Hijau)	LCD(Subur) & LED (Hijau)
	Sangat lembab	LCD(Subur) & LED(Hijau)	LCD(Subur) & LED(Hijau)	LCD(Subur) & LED(Hijau)	LCD( Sangat Subur) & LED (Biru)

Dari definisi aturan seperti yang telah diperlihatkan pada tabel di atas, maka terdapat 16 aturan fuzzy, yaitu :

1. *If (S1 is Rendah), And (S2 is Kering) Than LCD is (Tidak Subur) And LED is (Merah).*
2. *If (S1 is Rendah), And (S2 is Sedang) Than LCD is (Tidak Subur) And LED is (Merah).*
3. *If (S1 is Rendah), And (S2 is Lembab) Than LCD is (Kurang Subur) And LED is (Kuning).*
4. *If (S1 is Rendah), And (S2 is Sangat Lembab) Than LCD is ( Subur) And LED is (Hijau).*
5. *If (S2 is Kering), And (S1 is Rendah) Than LCD is (Tidak Subur) And LED is (Merah).*
6. *If (S2 is Kering), And (S1 is Sedang) Than LCD is (Tidak Subur) And LED is (Merah).*
7. *If (S2 is Kering), And (S1 is Tinggi) Than LCD is (Kurang Subur) And LED is (Kuning).*
8. *If (S2 is Kering), And (S1 is Sangat Tinggi) Than LCD is ( Kurang Subur) And LED is (Kuning).*
9. *If (S1 is Sedang), And (S2 is Kering) Than LCD is (Tidak Subur) And LED is (Merah).*

10. *If (S1 is Sedang), And (S2 is Sedang) Than LCD is (Kurang Subur) And LED is (Kuning).*
11. *If (S1 is Sedang), And (S2 is Lembab) Than LCD is (Kurang Subur) And LED is (Kuning).*
12. *If (S1 is Sedang), And (S2 is Sangat Lembab) Than LCD is (Kurang Subur) And LED is (kuning).*
13. *If (S1 is Tinggi), And (S2 is sedang) Than LCD (Subur) And LED is (Hijau).*
14. *If (S1 is Tinggi), And (S2 is Lembab) Than LCD (Subur) And LED is (Hijau).*
15. *If (S1 is Tinggi), And (S2 is Sangat Lembab) Than LCD (Subur) And LED is (Hijau).*
16. *If (S1 is Sangat Tinggi), And (S2 is Sangat Lembab) Than LCD is (Sangat Subur) And LED is (Biru).*

Tabel 3 Kombinasi Keluaran Rule

		Sensor(1) Elektrolit			
		Rendah	Sedang 0,8	Tinggi 0,2	Sangat tinggi
Sensor(2) Kelembaban	Sangat Lembab 0,4	LCD( Subur) & LED (Hijau)	LCD(Subur) & LED(Hijau)	LCD(Subur) & LED(Hijau)	LCD( Sangat Subur) & LED (Biru)
	Lembab 0,6	LCD(Kurang Subur) & LED(Kuning)	LCD(Kurang Subur) & LED(Kuning)	LCD(Subur) & LED(Hijau)	LCD(Subur) & LED (Hijau)
	Sedang	LCD(Tidak Subur) & LED(Merah)	LCD( Kurang Subur) & LED(Kuning)	LCD(Subur) & LED(Hijau)	LCD(Subur) & LED (Hijau)
	Kering	LCD( Tidak Subur) & LED(Merah)	LCD(Tidak Subur) & LED(Merah)	LCD(Kurang Subur) & LED(Kuning)	LCD( Kurang Subur) & LED (Kuning)

Penerapan operator AND pada nilai keanggotaan untuk menemukan bobot yang sesuai. Pilih nilai minimum karena menggunakan operator AND.

$$\text{Elektrolit (sensor1)} = \{0.8, 0.2\}$$

$$\text{Kelembaban (Sensor2)} = \{0.4, 0.6\}$$

$$\text{Suhu} \cap \text{Kelembaban} = \{\text{MIN}(0.8,0.4), \text{MIN}(0.8,0.6), \text{MIN}(0.2,0.4), \text{MIN}(0.2,0.6)\}$$

$$= \{0.4, 0.6, 0.2, 0.2\}$$

Setelah langkah di atas maka nilai yang telah diterapkan operator AND dimasukan ke tabel, seperti tabel di bawah ini:

Tabel 4 Penerapan Operator *AND*

		Sensor(1) Elektrolit			
		Rendah	Sedang 0,8	Tinggi 0,2	Sangat tinggi
Sensor(2) Kelembaban	Sangat Lembab 0,4	LCD(Tidak Subur) & LED (Merah)	0,4	0,2	LCD(Sangat Subur) & LED (Biru)
	Lembab 0,6	LCD(Tidak Subur) & LED(Merah)	0,6	0,2	LCD(Subur) & LED (Hijau)
	Sedang	LCD(Kurang Subur) & LED(Kuning)	LCD( Kurang Subur) & LED(Kuning)	LCD(Kurang Subur) & LED(Kuning)	LCD(Subur) & LED (Hijau)
	Kering	LCD(tidak Subur) & LED(Merah)	LCD( Tidak Subur) & LED(Merah)	LCD(Tidak Subur) & LED(Merah)	LCD (Kurang Subur) & LED (Kuning)

### 3. Defuzzification

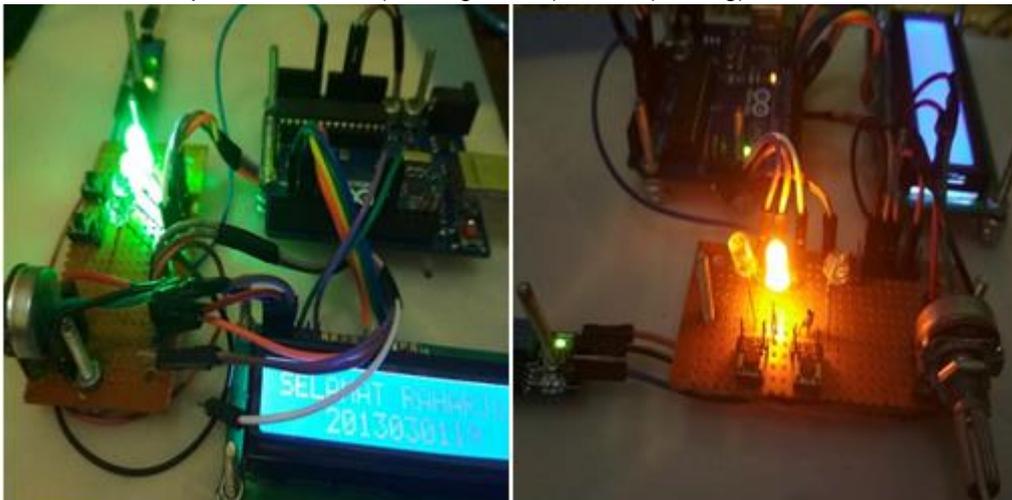
Setelah mendapatkan nilai dari penerapan operator *AND*, diperolehlah :

$$f = \{0.4, 0.6, 0.2, 0.2\}$$

$$f = \{( \text{LCD(Subur) \& LED(Hijau)}, (\text{LCD(Kurang Subur)\& LED(Kuning)}, (\text{LCD ( Subur) \& LED(Hijau)}, (\text{LCD(Subur) \& LED(Hijau)})\}$$

Penentuan hasil akhir dengan menggunakan metode *Max Method* pada *fuzzy* mamdani, yaitu dengan mengambil nilai tertinggi yaitu =  $\{0.4, 0.6, 0.2, 0.2\} = "0,6"$  dengan hasil " LCD(Kurang Subur) & LED(Kuning)

Jadi, apabila *input* elektrolit(sensor1) bernilai 46 dan *input* kelembaban(sensor2) bernilai 28, maka *output* adalah LCD(Kurang Subur) & LED(Kuning).



Gambar 8 Pengujian LCD dan LED Indikator



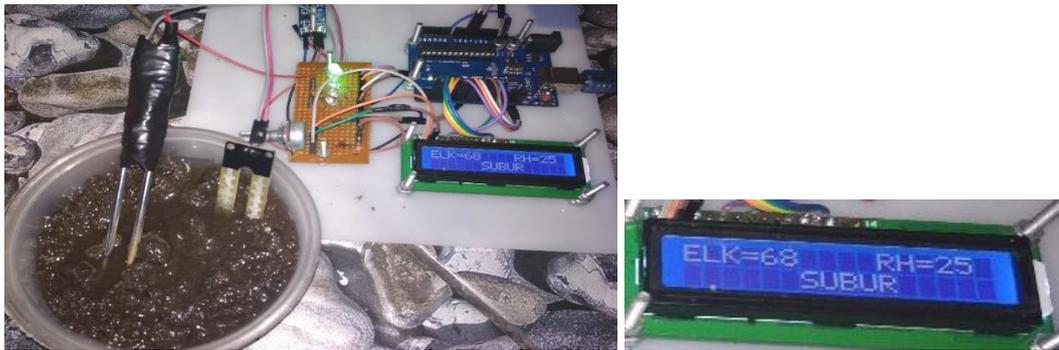
Gambar 9 Pengujian Sensor Soil Moisture FC-28



Gambar 10 Pengujian Sensor Elektrolit



Gambar 11 Pengujian Pada Sample Tanah (1)



Gambar 12 Pengujian Pada Sample Tanah (2)



Gambar 13 Pengujian Pada Sample Tanah (3)

Dari beberapa pengujian diatas maka didapatkan hasil dari setiap pengujian yang dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 5 Hasil Pengujian Sample Tanah

	KONDISI 1				KONDISI 2				KONDISI 3			
	EL	LB	KT	LD	EL	LB	KT	LD	EL	LB	KT	LD
Tanah (1)	29	81	TS	M	60	25	S	H	94	21	SS	B
Tanah (2)	31	85	TS	M	63	23	S	H	91	25	SS	B
Tanah (3)	23	95	TS	M	46	28	KS	K	89	25	SS	B

Catatan:

EL= Elektrolit, LB= Kelembaban, KT=Keterangan, LD=Lampu LED

TS=Tidak Subur, KS=Kurang Subur, S=Subur, SS=Sangat Subur, M=Merah, H=Hijau, K=Kuning, B=Biru, KONDISI 1=Tanpa Air, KONDISI 2=Dicampur Air, KONDISI 3 = Dicampur Elektrolit.

#### 4. Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian dan pengujian pada beberapa sampel tanah, maka dapat disimpulkan yaitu:

1. Untuk menentukan parameter kesuburan tanah tingkat kelembaban pada tanah juga sangat mempengaruhi hasil pengukuran kadar elektrolit yang terkandung didalamnya, jadi apa bila tanah tidak memiliki tingkat kelembaban maka akan sangat sulit untuk sensor mendeteksi nilai elektrolit yang akan menentukan tingkat kesuburan tanah. Akan tetapi tanah yang memiliki tingkat kelembaban yang tinggi belum tentu memiliki elektrolit yang tinggi pula, karena peranan kelembaban hanyalah sebagai media agar Sensor Elektrolit dapat membaca nilai elektrolit yang terkandung didalam tanah yang di uji.
2. Cara membangun alat pengukur Elektrolit yang terkandung dalam tanah berbasis mikrokontroler dapat dilakukan apabila kita telah mengetahui input, maupun sensor-sensor yang sesuai untuk pedeteksian kadar elektrolit.
3. Metode *Fuzzy* yang digunakan untuk mengimplementasi alat pengukur elektrolit pada tanah ini ialah nilai *input* yang dibaca dari Sensor Kelembaban tanah dan nilai *input* yang dibaca oleh Sensor Elektrolit ialah sebagai *crisp Input* kemudian dari data tersebut dilakukan proses *fuzzyfication* yang menghasilkan *Fuzzy Rules* dan kemudian dilakukan proses *Defuzzyfication* sehingga menghasilkan keluaran atau *Crips Value* yang di butuhkan.

#### Daftar Pustaka

1. Watoni, A. H., & Buchari. (2000). Studi Aplikasi Metode Potensiometri Pada Penentuan Kandungan Karbon Organik Total Tanah. *Jms*, 5(1), 23–40.
2. Sofwan, A. (2005). Penerapan Fuzzy Logic Pada Sistem Pengaturan Jumlah Air Berdasarkan Suhu Dan Kelembaban. Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi, (January 2005), 89–93.
3. Surtono, A. (2015). Sensor Kadar Air Tanah, (September). <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2022.1929>
4. Pranata, A., Prayudha, J., Sandika, T., Studi, P., & Komputer, S. (2017). Rancang bangun alat pendeteksi dehidrasi dengan metode fuzzy logic berbasis arduino. *Jurnal SAINTIKOM*, 16(3), 26.
5. Tunnels, V. (2014). REPORT No. 530, (530), 435–444.
6. Sari, D. V., Surtono, & Warsito. (2016). Sistem Pengukuran Suhu Tanah Menggunakan Sensor DS18B20 dan Perhitungan Resistivitas Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 4(1), 83–90.
7. Saleh, A. (2015). Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia 2015 IMPLEMENTASI METODE FUZZY MAMDANI DALAM MEMPREDIKSI TINGKAT KEBISINGAN LALU LINTAS, (i), 6–8.
8. Sunawar, A. (2013). Analisis pengaruh temperatur dan kadar garam terhadap hambatan jenis tanah. *Aris Sunawar*, 2(1), 16–21. Retrieved from [arissunawar@unj.ac.id](mailto:arissunawar@unj.ac.id)
9. Syahputra, R., Teknik, J., Fakultas, E., & Yogyakarta, U. M. (2015). Simulasi Pengendalian Temperatur Pada Heat Exchanger Menggunakan Teknik Neuro-Fuzzy Adaptif. *Jurnal Teknologi, Teknik Elektro UMY*, 8(2), 161–168.
10. Pranata, A. (2018). Implementasi Fuzzy Logic pada Sistem Pendingin Ruangan Otomatis berbasis Programmable Logic Controller ( PLC ), 1(2), 51–59.

11. Modules, A., Micro, S. P., & Mega, A. (2015). What is Arduino ? Arduino IDE : Initial Setup, 1–7. <https://doi.org/10.1007/s10552-009-9387-y>; 10.1007/s10552-009-9387-y
12. Prayudha, J., Pranata, A., & Al Hafiz, A. (2018). IMPLEMENTASI METODE FUZZY LOGIC UNTUK SISTEM PENGUKURAN KUALITAS UDARA DI KOTA MEDAN BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT), IV(2), 141–148.