

**KENDALI PH DAN KELEMBABAN TANAH BERBASIS LOGIKA FUZZY  
MENGUNAKAN MIKROKONTROLLER  
(ARRANGEMENT PH AND HUMIDITY OF SOIL BASED ON FUZZY LOGIC USING  
MICROCONTROLLER)**

**Jimmi Martin<sup>1</sup>**  
(jimminia@gmail.com)<sup>1</sup>

**Erwin Susanto, S.T.M.T.P.h.D.<sup>2</sup>**  
(ews@telkomuniversity.ac.id)<sup>2</sup>

**Unang Sunarya, S.T. M.T.<sup>3</sup>**  
(usa@telkomuniversity.ac.id)<sup>3</sup>

Jurusan Teknik Elektro – Fakultas Teknik Elektro – Universitas Telkom  
Jl. Telekomunikasi, Dayeuh Kolot Bandung 40257 Indonesia

## ABSTRAK

Kesuburan tanah sangat penting bagi keberhasilan petani dalam bercocok tanam. Tugas petani adalah mengidentifikasi semua faktor pembatas hasil, dan menghilangkan atau meminimalkannya sehingga usahanya menguntungkan. Pada umumnya unsur hara akan mudah diserap tanaman pada pH 6-7, karena pada pH tersebut sebagian besar unsur hara akan mudah larut dalam air. Derajat pH dalam tanah juga menunjukkan keberadaan unsur-unsur yang bersifat racun bagi tanaman. Jika tanah masam akan banyak ditemukan unsur aluminium (Al) yang selain meracuni tanaman juga mengikat phosphor sehingga tidak bisa diserap tanaman. Selain itu kelembaban tanah juga cukup menentukan, skala kelembaban tanah pertanian itu biasanya ditunjukkan oleh sensor dengan nilai 0 - 300 untuk dry soil, 300 - 700 untuk humid soil, dan 700 - 950 untuk in water.

Pada tugas akhir ini nilai ADC tersebut dibuat dalam persen nilai kelembaban dengan batas bawah 28% dan batas atas 69%. Untuk kalibrasi sensor pH digunakan zat asam yaitu cuka dengan pH=2 dan zat basa berupa sabun dengan pH= 10, kedua zat tersebut diukur dengan *Universal pH Indicator*. Dalam tugas akhir ini dibuat perangkat kendali pH dan kelembaban tanah dengan soil moisture sensor dan sensor pH digunakan sebagai plant utama, sensor tersebut nantinya akan dikendalikan oleh sebuah sistem minimum mikrokontroler. Keluaran dari mikrokontroler akan memicu rangkaian relay yang nantinya akan mengaktifkan pompa penyiraman sesuai dengan keputusan sensor.

Dari hasil pengujian sistem ini bekerja dengan baik sesuai dengan perancangan. Pompa menyala berdasarkan keputusan yang dibuat yaitu, banyak, sedikit, dan sedang. Keputusan ini berdasarkan konsentrasi kapur atau air penyiraman. Setelah tanah mencapai pH netral seperti yang ditetapkan yaitu antara 5,5 - 8 dan kelembaban antara 30% - 67 % maka pompa akan mati. Pompa akan menyala lagi saat keadaan tanah kering atau asam.

Kata kunci : sensor kelembaban tanah, sensor pH, mikrokontroler, logika fuzzy, metode sugeno

## ABSTRACT

*Soil fertility is very important to the success of farmers in planting. Therefore, almost all plants require nutrients very good and sufficient in order to grow and produce well. Regardless of the availability of other nutrients. The task of the farmer is to identify all of the factors limiting the results, and eliminate or minimize them so that their business profitable.*

*In general, the nutrients will be easily absorbed by plants at pH 6-7, because the pH of most of the nutrients will be readily soluble in water. Degree in soil pH also showed the presence of elements that are toxic to plants. If the acid soils will be found elements of aluminum (Al) which in addition to poison plants also bind phosphorus that can not be absorbed by plants. In addition, soil moisture is also quite decisive. Scale agricultural soil moisture is usually indicated by the sensor with a value of 0-300 for cleaning soil, 300-700 for humid soil, and 700-950 for in water*

*Lower rate limit is 500 and the value above 600. If the humidity is below 500 then the pump is activated, and if humidity above 600 then the pump is turned off. In this final project will be made soil fertility control device where soil moisture sensor and pH sensor are used as the main plant, the sensor will be controlled by a microcontroller minimum system. In this final use fuzzy logic method, as described above due to the limit - the limit value, the sensor will be made to enable the pump parameters in accordance with the state of soil and soil pH desired. This system has 100% accuracy.*

*Key word : soil moisture sensor, analog pH meter kit, microcontroller, fuzzy logic, sugeno*

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pemakaian sistem kendali pada jaman sekarang ini sudah sangat menyentuk berbagai aspek kehidupan, sistem kendali digunakan untuk mempermudah pekerjaan manusia seperti di bidang industri, manufaktur, kesehatan, maupun pertanian dan perkebunan. Semakin berkembang nya sistem kendali

memungkinkan untuk dapat meningkatkan kinerja sistem. Keberadaan suatu sistem kendali mempunyai kontribusi yang besar terhadap perilaku sistem karena dari suatu sistem, yang dapat kita ubah berdasarkan dengan kebutuhan adalah bagian kontrol.

Untuk mengukur kelembaban tanah maka digunakan *soil moisture sensor*, sementara pengukuran pH digunakan sensor analog pH meter kit. *Soil moisture sensor* digunakan mengukur kadar air dalam tanah. Sebuah sensor kelembaban tanah terdiri dari sensor ganda kelembaban tanah. Sementara itu pH digunakan untuk menentukan mudah tidaknya ion-ion unsur hara diserap oleh tanaman. Pada umumnya unsur hara akan mudah diserap tanaman pada pH 6-7, karena pada pH tersebut sebagian besar unsur hara akan mudah larut dalam air. Pada penelitian sebelumnya *soil measure sensor* digunakan untuk mengukur kelembaban tanah pada pot bunga dimana ambang nilai dari sensor digunakan untuk menghidupkan pompa. Batas nilai bawah adalah 500 dan nilai atas 600. Jika kelembaban dibawah 500 maka pompa akan diaktifkan, dan jika kelembaban diatas 600 maka pompa dimatikan.

Salah satu metoda yang dapat digunakan untuk mengontrol *soil measure sensor* dan sensor pH adalah logika fuzzy. Logika fuzzy banyak diterapkan dalam bidang kontrol otomatis dan industry, karena proses kendali relatif mudah dan fleksibel dirancang dengan tidak melibatkan model matematis yang rumit dari sistem yang akan dikendalikan. Dalam tugas akhir ini dibuat perangkat pengatur kesuburan tanah dimana *soil moisture sensor* dan sensor pH digunakan sebagai plant utama, sensor tersebut nantinya akan dikendalikan oleh sebuah sistem minimum mikrokontroler. Pada tugas akhir ini digunakan metode logika fuzzy, seperti yang dijelaskan diatas karena adanya batas – batas nilai sensor maka akan dibuat parameter untuk mengaktifkan pompa sesuai dengan keadaan tanah dan pH tanah yang diinginkan.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- Menerapkan penggunaan mikrokontroler dan sensor dalam kehidupan sehari-hari.
- Menerapkan dasar teori logika fuzzy
- Merancang sebuah sistem kendali pH dan kelembaban tanah dengan output berupa pompa yang mampu melakukan tindakan penyiraman otomatis.
- Menganalisa kinerja sistem dengan melihat akurasi nilai sensor pengukuran dengan yang diharapkan

## 1.3 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang menjadi acuan dalam penelitian ini, yaitu :

- Bagaimana merancang dan implementasikan soil moisture sensor dan analog pH meter kit serta mikrokontroler?
- Bagaimana mengintegrasikan setiap sensor dengan mikrokontroler?
- Bagaimana merancang dan memprogram mikrokontroler dan sensor- sensor dengan menggunakan logika fuzzy?
- Bagaimana merancang komunikasi antar komponen untuk membentuk perangkat yang diinginkan?

## 1.4 Batasan Masalah

Pada penelitian ini, masalah-masalah yang akan dibahas akan dibatasi pada:

- Plant yang digunakan adalah soil moisture sensor dan analog pH meter kit
- Perancangan perangkat keras dan perangkat lunak untuk analisis kesuburan tanah dengan parameter kelembaban tanah dan pH
- Komponen pengendali utama berupa sistem minimum mikrokontroler
- Menggunakan logika fuzzy sebagai metoda penelitian ini
- Perancangan perangkat lunak dan keras menggunakan AVR studio dan Eagle
- Alat ini lebih diutamakan saat cuaca kering atau kemarau.

## I. LANDASAN TEORI

### 2.1 Kesuburan tanah

Kesuburan tanah adalah kemampuan suatu tanah untuk menghasilkan produk tanaman yang diinginkan, pada lingkungan tempat tanah itu berada. Produk tanaman berupa: buah, biji, daun, bunga, umbi, getah, eksudat, akar, tribus, batang, biomassa, naungan, penampilan dsb.

### 2.2 Soil Moisture Sensor<sup>[9]</sup>

#### 2.2.1 Spesifikasi soil moisture sensor

Sensor ini terdiri atas tiga bagian yaitu : soil hygrometer detection module, soil moisture sensor, smart car. Ini adalah sensor air sederhana dapat, digunakan untuk mendeteksi kelembaban tanah ketika modul defisit kelembaban tanah output tingkat tinggi, dan output sebaliknya low. Sensor ini menghasilkan perangkat waterer tanaman otomatis, sehingga tanaman dikebun dapat tersiram otomatis.

### 2.3 Analog pH meter kit<sup>[10]</sup>

Analog pH meter kit sensor ini terdiri dari LED sebagai power indikator, konektor BNC, dan interface sensor PH2.0. Untuk menggunakan, cukup hubungkan sensor pH ini dengan Arduino menggunakan kabel analog yang disertakan dalam kit ini ke IO Expansion Shield atau bisa pula menggunakan kabel Jumper.

### 2.4 Logika Fuzzy

*Height method* dikenal sebagai prinsip keanggotaan maksimum karena metode ini secara sederhana memiliki nilai crisp dengan derajat keanggotaan maksimum. Oleh karena itu metode ini hanya bisa dipakai untuk fungsi keanggotaan yang hanya memiliki derajat keanggotaan 1 pada suatu nilai crisp tunggal dan 0 pada semua nilai crisp yang lain (singleton). Sistem fuzzy model sugeno juga dikenal dengan nama model TSK. Model sugeno merupakan usaha untuk mengembangkan pendekatan sistematis untuk membangun aturan fuzzy dari himpunan data masukan dan keluaran.

### 2.5 Mikrokontroler AVR<sup>[8]</sup>

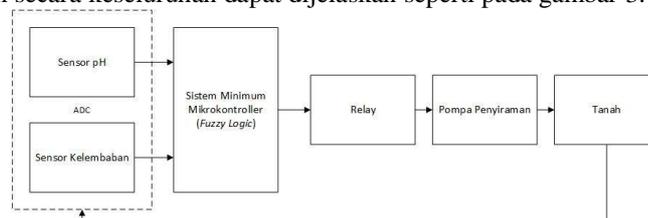
Dalam AVR dengan arsitektur RISC 8 bit, semua instruksi berukuran 16 bit dan sebagian besar dieksekusi dalam satu siklus *clock*. ATmega8535 memiliki dua jenis memori yaitu *Data Memory* dan *Program Memory* ditambah satu fitur tambahan yaitu EEPROM Memory untuk penyimpanan data.

## III PERANCANGAN

Sistem yang dirancang antara lain : Rangkaian sensor suhu dan pH, sistem minimum mikrokontroler 8535, dan penguat serta relay. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode logika fuzzy sugeno simulasi yang diprogram dengan bahasa C untuk menentukan keluaran sensor berupa tindakan penghidupan pompa penyiram. Bahasa yang digunakan untuk pemrograman mikrokontroler adalah bahasa C. Software yang digunakan sebagai compiler adalah codevisionAVR untuk melakukan pemrograman ADC (*Analog Digital Converter*), LCD, dan sensor kelembaban serta pH.

### 3.1 Blok Diagram Sistem

Perencanaan sistem secara keseluruhan dapat dijelaskan seperti pada gambar 3.1

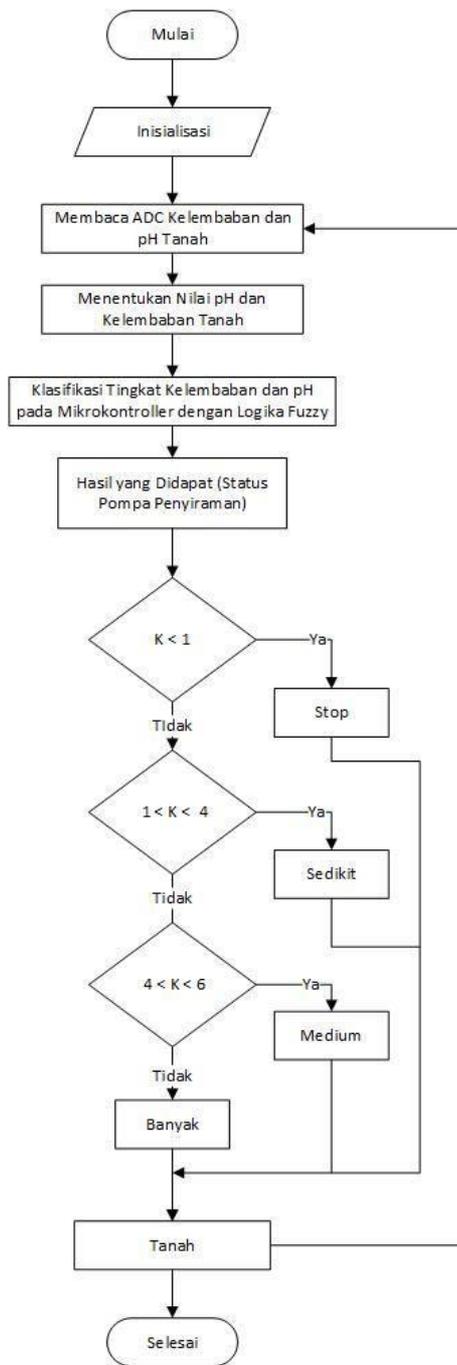


**Gambar 3.1** Blok Diagram Sistem Keseluruhan

Dari Gambar 3.1, sensor pH dan kelembaban merupakan inputan. Dari pengukuran ADC kedua sensor tersebut maka didapat nilai tegangan yang nantinya akan diproses di sistem minimum mikrokontroler. Nilai akan dimasukkan ke dalam aturan fuzzy sugeno untuk mendapatkan aturan – aturan untuk mengaktifkan pompa sesuai keadaan tanah, apakah akan dilakukan penyiram saja, penyiraman kapur atau mematikan pompa. Penghidupan pompa diatur oleh rangkaian relay.

### 3.2 Diagram Alir Pengujian Sistem

Diagram alir desain dan pengujian sistem dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram Alir Sistem

Sistem dimulai dengan pembacaan nilai sensor oleh sensor pH dan kelembaban, setelah didapat nilai tegangan akan dikonversi ke nilai pH dan kelembaban yang telah ditentukan sebelumnya. Setelah melakukan perhitungan fuzzy dari nilai sensor yang telah ditentukan. Selanjutnya nilai tersebut akan diklasifikasikan pada sistem minimum mikrokontroler sesuai dengan batasan yang telah dibuat ( tanah basah, lembab, berair, asam, basa) untuk mendapatkan output ke pompa. Bila keadaan tanah sudah sesuai dengan yang diinginkan maka pompa akan dimatikan.

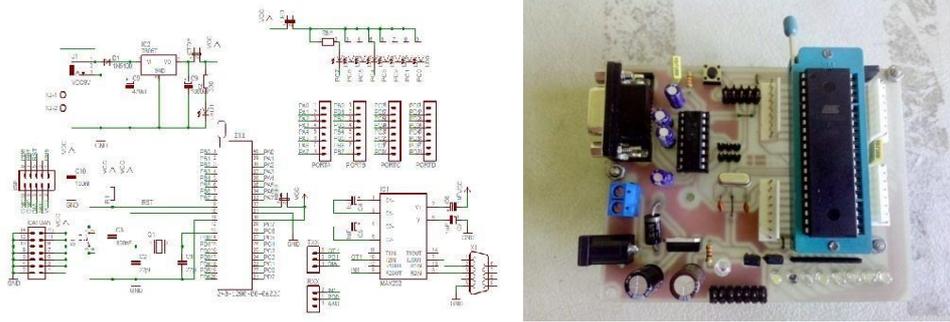
### 3.3 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan ini mencakup perancangan skematik dan pcb dari sistem minimum mikrokontroler, LCD, penguat dan clamper, serta relay.

#### 3.3.1 Perancangan sistem minimum mikrokontroler

Sistem minimum ATMEGA32 merupakan sebuah modul berbasis mikrokontroler ATMEGA32 yang sudah dilengkapi dengan eksternal crystal osilator, tombol reset, port ISP, port UART, ADC referensi dan port IO. System minimum ini sangat cocok untuk aplikasi-aplikasi sederhana seperti membaca tombol, mengontrol RELAY, pembacaan sensor-sensor digital maupun untuk aplikasi yang kompleks seperti untuk komunikasi

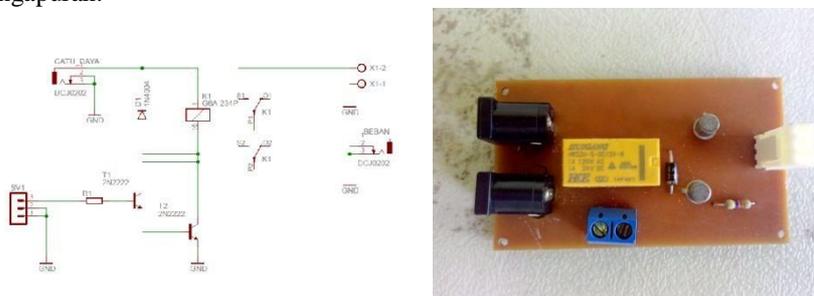
dengan komputer/laptop, komunikasi dengan MODEM, pengontrolan jarak jauh, Modul sistem minimum ini mempunyai port ISP yang digunakan untuk mendownload program sehingga memudahkan untuk proses development. Pada penelitian ini tidak semua pin digunakan. Untuk rancangan skematik dari sistem mikrokontroler dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



**Gambar 3.3** Skematik sistem minimum AVR ATMEGA32

### 3.3.2 Perancangan Rangkaian Relay

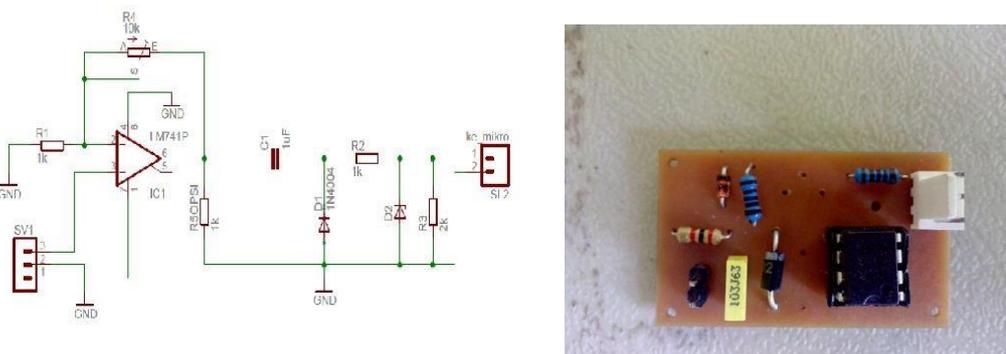
Rangkaian relay disini berguna untuk mengaktifkan dua katup pompa yaitu pompa penyiraman dan pengapuran.



**Gambar 3.4** Skematik rangkaian relay

### 3.3.3 Perancangan Rangkaian Penguat dan Clamper

Rangkaian ini berguna untuk menaikkan nilai tegangan sensor pH



**Gambar 3.5** Skematik rangkaian penguat dan clamper

## 3.4 Perancangan Perangkat Lunak

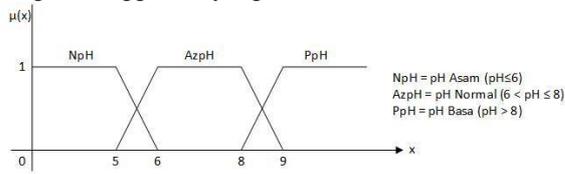
Pada Tugas Akhir ini, untuk perancangan perangkat lunak digunakan bahasa C dengan kompilator Code Vision. Pada bagian pemrograman digunakan bahasa C karena kemudahan, kesederhanaan, dan fleksibilitasnya. Perangkat yang dibuat pada Tugas Akhir ini adalah perangkat yang akan mengatur kondisi pompa penyiraman. Masukan pengendali berupa nilai bacaan sensor pH dan kelembaban. Keluaran dari pengendali logika fuzzy ini berupa sinyal kontrol yang kemudian mengendalikan plan pompa.

### 3.4.1 Perancangan Logika Fuzzy

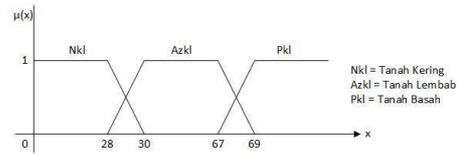
Kontrol yang ditanamkan pada sistem ini merupakan kontrol menggunakan logika fuzzy. Pada sistem ini sensor pH dan kelembaban berfungsi sebagai masukan untuk sistem dan setelah diolah nantinya masukan tersebut akan mengatur keluaran berupa lama penyiraman pompa tanaman dalam bentuk waktu. Pengendali logika fuzzy akan mengevaluasi setiap input crisp berupa error dan perubahan error ke dalam tiga tahapan, yaitu fuzzifikasi, evaluasi aturan dan defuzzifikasi.

**3.4.1.1 Fuzzifikasi**

Fuzzifikasi adalah proses perubahan nilai data jarak dari sensor (crisp input) menjadi bentuk himpunan fuzzy menurut fungsi keanggotaannya. Proses awal di dalam fuzzifikasi adalah membuat fungsi keanggotaan dari setiap masukan terlebih dahulu, serta menentukan banyaknya variable linguistic di dalam fungsi keanggotaan yang akan dibuat.



**Gambar 3.6** Fungsi Keanggotaan pH



**Gambar 3.7** Fungsi Keanggotaan sensor kelembaban

**3.4.2.2 Evaluasi Aturan**

Evaluasi aturan adalah proses mengevaluasi derajat keanggotaan tiap - tiap fungsi keanggotaan himpunan fuzzy masukan ke dalam basis aturan yang telah ditetapkan. Tahap ini merupakan inti dari relasi fuzzy.

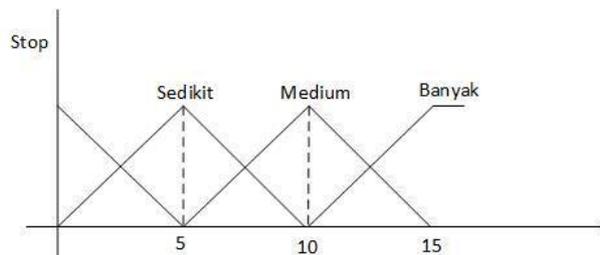
Pada bagian ini akan ditemukan aturan-aturan menggunakan masukan fuzzy untuk menentukan aksi dari sistem. Pada evaluasi aturan, terjadi proses pengolahan data input fuzzifikasi dengan hasil keluaran yang dikehendaki dengan aturan tertentu. Dari aturan yang dibentuk inilah yang nantinya akan menentukan respon dari sistem terhadap berbagai kondisi set point dan gangguan yang terjadi pada sistem yang dibuat. Berikut ini merupakan fuzzy rule yang digunakan untuk basis aturan output dari nilai sensor ph dan sensor kelembaban yang ditunjukkan pada tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1 Basis Aturan Kendali Logika Fuzzy

Ph %kl	Nph	Azph	Pph
Nkl	Banyakpr	Banyakair	Banyakair
Azkl	Sedangkpr	Sedangair	Sedangair
Pkl	Sedikitpr	Mati	Mati

**3.4.2.3 Defuzzifikasi**

Tahap terakhir dari inferensi fuzzy adalah defuzzifikasi. Defuzzifikasi merupakan kebalikan dari proses fuzzifikasi, yaitu mengubah himpunan fuzzy keluaran menjadi keluaran tegas (crisp). Proses ini merupakan penggabungan dari beberapa fuzzy set yang telah didapatkan, misalkan telah didapatkan data nilai - nilai maksimum setiap linguistic keluarannya. Proses selanjutnya adalah mengolah data tersebut menggunakan metode Weight Average. Metode ini mengambil rata-rata dengan menggunakan nilai derajat keanggotaan dari proses komposisi fuzzy set menggunakan Model Sugeno.



**Gambar 3.8** Fungsi anggota keluaran

## BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab ini membahas mengenai hasil pengujian dan analisis dari sistem yang telah dirancang. Pengujian pada sistem ini dilakukan pada sistem minimum ATmega32, logika fuzzy, sensor pH, sensor kelembaban dan pengujian pompa.

### 4.1 Pengujian Sistem Minimum ATmega32

#### 4.1.1 Tujuan Pengujian

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah sistem minimum ATmega32 dapat bekerja sesuai dengan fungsinya terutama port-port yang akan digunakan.

#### 4.1.2 Cara Pengujian

Pengujian dilakukan dengan menanamkan program yang dibuat pada CodeVisionAVR untuk mengetahui apakah masing-masing kaki bekerja dengan baik. Program dapat dilihat pada lampiran.

#### 4.1.3 Hasil Pengujian dan Analisa

Dari pengujian diatas, sistem minimum yang dibuat dapat berjalan dengan fungsinya. Dimana mikrokontroler dapat diisi program dari compiler CodeVision AVR dan kinerja sistem minimum sesuai dengan program yang ditanamkan.

Tabel 4.1 Hasil pengujian mikrokontroler ATmega 32

No	Port yang digunakan	Fungsi	Hasil Pengujian
1	PA0	Input 1 (sensor pH)	Berfungsi
2	PA1	Input 2 (sensor kelembaban)	Berfungsi
3	PC0	Pin 4 (LCD)	Berfungsi
4	PC1	Pin 5 (LCD)	Berfungsi
5	PC2	Pin 6 (LCD)	Berfungsi
6	PC4	Pin 11(LCD)	Berfungsi
7	PC5	Pin 12(LCD)	Berfungsi
8	PC6	Pin 13(LCD)	Berfungsi
9	PC7	Pin 14(LCD)	Berfungsi
10	PD7	Output sensor	Berfungsi

### 4.2 Pengujian sensor pH dan sensor kelembaban

#### 4.2.1 Tujuan Pengujian

Tujuan dari pengujian ini untuk mengetahui apakah sensor pH dan sensor kelembaban dapat bekerja sesuai dengan semestinya untuk mendeteksi perubahan logika 0 ke logika 1 secara berulang - ulang.

#### 4.2.2 Cara Pengujian

Pengujian dilakukan dengan memberikan logika 0 dan logika 1 yaitu kepada sensor secara berulang-ulang. Lalu sensor diletakkan pada pot tanaman yang telah dimodifikasi, sensor mengeluarkan data ADC dari perubahan resistansi tanah yang disebabkan oleh kandungan air didalamnya. Pada sensor pH digunakan cairan asam berupa cuka dan basa sebagai kalibrasi. Dimana sebelumnya cuka dan sabun telah diukur pH nya dengan *universal indicator pH* yaitu cuka dengan pH 2 dan sabun dengan pH 10.

#### 4.2.3 Hasil Pengujian dan Analisa

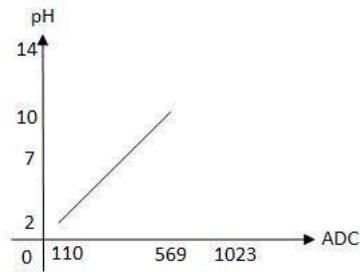
Pengujian sensor - sensor ini dilakukan untuk kalibrasi, untuk sensor pH hasil pengujian dapat dilihat pada lampiran C.

Dalam penelitian ini menggunakan cairan cuka sebagai indikator asam dan cairan sabun sebagai indikator basa. Cairan cuka dan sabun sebelumnya diukur pH nya dengan *universal indicator pH*,

Larutan	pH
Cuka	2
Sabun	10

Selanjutnya cuka dan sabun diukur dengan sensor pH untuk mendapatkan data ADC. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.2

Rata – rata untuk ADC cuka 110 dan sabun 569, selanjutnya data tersebut akan dibuat dalam persamaan linear



$$h - h_1 = \frac{p - p_1}{p_2 - p_1} (ADC - ADC_1)$$

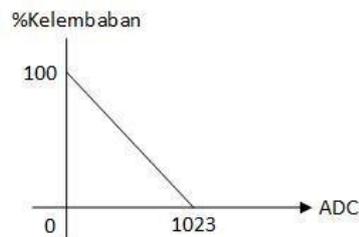
$$\frac{h_2 - h_1}{h - h_1} = \frac{p_2 - p_1}{p - p_1} (ADC - ADC_1)$$

$$\frac{10 - 2}{h - 2} = \frac{569 - 110}{ADC - 110}$$

$$8 = \frac{459}{ADC - 110}$$

$$h = \frac{8(ADC - 110)}{459} + 2$$

Sementara untuk sensor kelembaban didapat dari persamaan linear antara nilai ADC dan persen kelembaban.



$$\frac{p_2 - p_1}{p - p_1} = \frac{q_2 - q_1}{q - q_1}$$

$$\frac{0 - 100}{p - 100} = \frac{1023 - 0}{q - 0}$$

$$p - 100 = \frac{-100q}{1023}$$

$$p = 100 - 0.098q$$

**4.3 Pengujian Logika Fuzzy**

**4.3.1 Tujuan Pengujian**

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah logika fuzzy yang ditanamkan dapat berjalan sesuai dengan aturan logika fuzzy dan melihat tingkat akurasi dari logika fuzzy yang ditanamkan.

**4.3.2 Cara Pengujian**

Pengujian dilakukan dengan mengambil data dari sistem logika fuzzy yang diambil dari pengukuran sensor pH dan sensor kelembaban. Kemudian data yang diambil nantinya akan diproses dimikrokontroler dan diolah dengan fuzzy yang telah dibuat kemudian dilihat apakah tindakan sistem sesuai dengan yang sudah dirancang melalui keputusan dari pompa penyiraman. Sehingga nantinya didapatkan tingkat akurasi dari sistem ini. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali agar didapat tingkat akurasi yang lebih akurat.

**4.3.3 Hasil Pengujian dan Analisa**

Dari hasil pengujian didapatkan hasil sebagai berikut :

**Tabel 4.3 Hasil pengujian logika fuzzy 1**

No	pH	ADC pH	Kelembaban (%)	ADC kelembaban	Status Pompa
1	4,4	240	2,6	900	Siram banyak
2	3,3	190	2,1	998	Siram banyak
3	4,3	100	1,4	1000	Siram banyak
4	6,4	387	57	421	Siram medium
5	5,1	379	58	422	Siram medium
6	6,6	382	58,9	419	Siram medium
7	6,4	372	58,9	419	Siram medium

8	6,8	398	71	697	Stop
9	6,9	399	69	694	Stop
10	6,9	400	69	694	Stop

Tabel 4.5 Hasil pengujian logika fuzzy 2

No	pH	ADC pH	Kelembaban (%)	ADC kelembaban	Status Pompa
1	7	406	65	355	Siram medium
2	7	406	60	399	Siram medium
3	7	406	60	408	Siram medium
4	7	406	58	427	Siram medium
5	7	406	58	425	Siram medium
6	7	405	55	455	Siram medium
7	7	405	50	467	Siram medium
8	6,9	404	53	472	Siram medium
9	7	405	56,9	439	Siram medium
10	7	405	20	811	Siram medium

## V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari implementasi logika fuzzy dan analisa data yang dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem kendali logika fuzzy dapat mengendalikan sensor- sensor dan mengkoordinasikan dengan pompa sehingga sistem kendali pH dan kelembaban dapat berjalan dengan baik.
2. Sistem masih belum optimal dikarenakan perancangan dari design PCB yang masih belum sempurna.
3. Adanya kekurangan dari segi pengukuran karena sensor yang harus selalu ada dalam larutan, sehingga sensor pH harus memiliki wadah khusus saat pengukuran.
4. Sistem dapat bekerja dengan efektif dimana tingkat akurasi mencapai 100%.

### 5.2 Saran

Sebagai saran untuk pengembangan lebih lanjut dari Tugas Akhir ini, maka penulis memberikan beberapa saran yaitu :

1. Diperlukan sensor pH yang lebih fleksibel sehingga bisa langsung digunakan untuk mengukur resistansi tanah bukan larutan tanah .
2. Untuk selanjutnya kiranya bisa ditambahkan berbagai pompa untuk semua kebutuhan pertanian seperti pompa pengapuran.
3. Mengembangkan pengolah citra untuk mengenali serangga atau hama sehingga dapat dibuat pompa insektisida.
- 4.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Atmel Datasheet, Mikrokontroler ATmega32.
- [2] Huberman, Kodrin. 2014. *Sistem kendali kecepatan motor dc magnet permanen dengan metode logika fuzzy berbasis mikrokontroler*. Bandung : Telkom University.
- [4]. Pratikto, Diyan. 2013 . *Perancangan Pengaturan Pengering Tangan Berbasis Fuzzy Logic Menggunakan Mikrokontroler*. Bandung : Institut Teknologi Telkom.
- [5]. Winoto, A. 2008 . Mikrokontroler AVR ATmega8/32/16/8535 dan Pemrogramannya dengan Bahasa C pada WinAVR.
- [6]. Jamshidi, Mohammad, *Application of Fuzzy Logic*, Prentice-Hall International Inc, New Jersey, 1980.
- [7]. Jantzen, J., 2007. *Foundations of Fuzzy Control*, JohnWiley & Sons Ltd, London.
- [8]. Soebhakti, Hendrawan. 2007. *Basic AVR Microcontroller Tutorial*. Batam: PoliteknikBata
- [9]. Soil moisture sensor Datasheet.
- [10]. Analog pH meter kit Datasheet.