

Desain Alat Portable Untuk Merekomendasikan Pemilihan Jenis Tanaman Berdasarkan Keasaman, Suhu, Kelembapan dan Warna pada Tanah dengan *Fuzzy Inference System* (FIS) Tipe Mamdani

Miftahur Rahman

miftahurrahman54@gmail.com
Universitas Trunojoyo Madura

Achmad Ubaidillah Ms

ubaidillah.ms@trunojoyo.ac.id
Universitas Trunojoyo Madura

Hanifudin Sukri

hanifudinsukri@trunojoyo.ac.id
Universitas Trunojoyo Madura

Abstrak

Indonesia merupakan salah satu negara yang sebagian besar kawasannya terdiri dari daerah perkebunan dan persawahan. Akan tetapi, kurangnya pengelolaan lahan yang baik dan benar menyebabkan pemerintah harus memberlakukan kebijakan impor karena hasil produksi pertanian belum bisa memenuhi kebutuhan dalam negeri. Salah satu langkah untuk mengatasinya adalah dengan pertanian presisi atau pola pertanian modern dengan memanfaatkan teknologi untuk meminimalisir pengeluaran biaya namun dengan produktivitas yang tinggi. Untuk mendukung solusi ini, dibuatlah sebuah alat portable yang dapat membaca kondisi fisik tanah sehingga dapat merekomendasikan jenis tanaman yang cocok untuk ditanam pada tanah tersebut. Input dari alat ini berupa sensor pH, DS18B20, YL-69 dan TCS3200, setelah itu Mikrokontroler memproses nilai dari pembacaan sensor dengan menggunakan *Fuzzy Inference System* tipe Mamdani dan outputnya ditampilkan pada LCD yang berupa nilai pembacaan sensor serta jenis tanaman yang telah direkomendasikan. Pada alat ini juga terdapat sebuah GPS U-blox Neo-6 sebagai penunjuk lokasi dan RTC DS3231 sebagai pencatat tanggal dan waktu, serta MicroSD untuk menyimpan data dari tanah yang telah diteliti. Hasil pengujian alat ini menghasilkan tingkat keberhasilan 90,98% dalam membaca kondisi fisik tanah serta perekomendasi jenis tanaman.

Kata Kunci — *Fuzzy Inference System, Modern, Portable.*

Abstract

Indonesia is a country where most of the area consists of plantations and rice fields. However, the lack of proper land management has forced the government to implement import policies for the reason that agricultural production has not been able to fulfill the domestic needs. One of the steps to resolve is can be done with precision farming or modern farming patterns by utilizing technology to minimize costs but with high productivity. To support this solution, a portable device that can read the physical condition of the soil so that it can recommend the types of plants that are suitable for planting on the soil was made. The input from this tool is a pH sensor, DS18B20, YL-69 and TCS3200, then the Microcontroller processes the value from the sensor reading using a Mamdani type *Fuzzy Inference System* and the output is displayed on the LCD in the form of

sensor reading values and recommended plant types. In this tool there is also a GPS U-blox Neo-6 as a location indicator and RTC DS3231 as a date and time recorder, as well as a MicroSD to store data from the land that has been studied. The test results of this tool obtain a success rate of 90.98% in reading the physical conditions of the soil and the recommendation of plant species.

Keywords — *Fuzzy Inference System, Modern, Portable.*

I. PENDAHULUAN

Indonesia adalah salah satu negara yang sebagian besar kawasannya merupakan daerah perkebunan dan persawahan yang dikatakan negara agraris. Dengan memanfaatkan tanah sebagai medianya, Indonesia mempunyai hasil bumi yang melimpah. Salah satu yang paling berperan dalam pemanfaatan tanah adalah pada bidang pertanian. Pada umumnya penglihatan manusia mengenai tanah sangat dipengaruhi oleh latar belakang provensinya. Seorang petani akan berpendapat jika tanah adalah sebagai media tempat tumbuh dan berkembangnya tanamannya, sedangkan bagi seorang insinyur bangunan akan berpendapat jika tanah adalah sebagai tempat berdirinya bangunan-bangunan yang megah serta menjadi sumber bahan bangunan yang bernilai tinggi. Terakhir bagi kita sendiri, tanah adalah sumber dimana darinya makanan didapatkan, pakaian dibuat dan tempat tinggal dibangun. Maka dari hal itu, bisa dijelaskan jika kelangsungan hidup kita sangat tergantung kepada tanah [1].

Pada tanahlah, tumbuhan bisa hidup, membiak dan bereproduksi. Maka dari itu untuk kelangsungan hidup manusia, tanah merupakan kekayaan alam yang sangat bermanfaat. Supaya kemampuan tanah tidak menurun, perlu dilakukan pengelolaan tanah secara baik dan benar karena tanah berperan sebagai penyedia hara dan penunjang berdirinya sebuah tanaman. Rusaknya tanah yang disebabkan dari pengelolaan tanah yang salah akan menghambat pertumbuhan tanaman, maka dari itu untuk menjaga produksi dan kelangsungan hidup tumbuhan pengelolaan tanah yang baik dan benar sangat dibutuhkan.

Akan tetapi selama ini terjadi pemberlakuan kebijakan impor karena hasil produksi pertanian belum bisa memenuhi

kebutuhan pangan dalam negeri. Kelangkaan pupuk yang sering terjadi serta biaya pembelian bibit, pupuk dan pestisida yang semakin tinggi menjadi faktor yang mempengaruhi produktivitas hasil pertanian dalam negeri. Salah satu upaya untuk meminimalisir pengeluaran biaya namun dengan produktivitas yang tinggi adalah dengan mengimplementasikan pertanian presisi atau pola pertanian modern. Sebelum dilakukan kegiatan pengelolaan lahan diadakan pengontrolan dan analisa keadaan tanah dengan menggunakan sensor, hal ini merupakan salah satu kegiatan dari pertanian presisi. Pada era yang baru ini, melalui kementerian terkait, pemerintah sudah mengumumkan beberapa program-program pemerintah terkait ketahanan dan kedaulatan pangan. Program tersebut diharapkan dapat memperbaiki serta menambah kualitas dan kuantitas dari tiap hasil pertanian di Indonesia [2]. Setiap hal pasti perlu melewati beberapa langkah-langkah, seperti halnya untuk menggapai tujuan ketahanan pangan dan kedaulatan pangan sesuai dengan yang diinginkan, kebanyakan dijumpai beberapa kendala. Salah satu kendala yang sering dihadapi yaitu sulitnya untuk memilih jenis tanaman yang sesuai dengan lahan pertanian milik petani [2].

Tanpa mengetahui apa aja kandungan hara yang ada pada tanah tersebut, kebanyakan para petani sering kali asal menanam tanaman yang menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi hasil produksi pertanian. Sehingga tanaman yang ditanam pada kawasan tersebut kurang menghasilkan hasil yang diharapkan [3]. Pada tahun 2010 sampai 2015 di Provinsi Jawa Timur Ketahanan pangan sudah meningkat pada sebagian besar masyarakat, disebabkan dengan adanya perbaikan pada beberapa indikator ketahanan pangan dan gizi. Namun jika tantangan-tantangan utama yang ada tidak bisa diatasi dengan baik, maka kemajuan tersebut akan menghadapi beberapa hambatan. Salah satunya adalah mengatasi kerentanan akan resiko pergantian iklim yang semakin meningkat [4].

Pada penelitian sebelumnya dilakukan penelitian oleh Penda Sudarto Hasugian dan R. Mahdalena Simanjorang, pada penelitian tersebut data diinputkan secara manual kedalam aplikasi dan dihasilkan kesimpulan bahwa penelitian tersebut dapat dikembangkan karena dapat merekomendasikan jenis tanaman yang cocok dengan tanah tertentu, hal ini dibuktikan dari hasil pengujian yang sesuai dengan perhitungan [3]. Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Rian Anggara dkk, penelitian tersebut menghasilkan kesimpulan bahwa sistem akan berjalan ketika sensor TCS3200 dan sensor kelembapan mengirim data ke mikrokontroler dan mikrokontroler mengirim data ke android, jadi kesuburan tanah akan mudah diketahui dengan sistem ini serta semakin gelap warna tanah maka akan semakin subur karena menunjukkan banyak kandungan unsur hara didalamnya [5]. Penelitian terakhir dilakukan oleh Hanifudin Sukri dkk, dari hasil penelitian tersebut dihasilkan kesimpulan bahwa alat dan sistem deteksi kandungan tanah mampu menganalisis hasil deteksi sensor dan berfungsi dengan baik, dan juga dari penelitian tersebut didapatkan hasil persentase keberhasilan

alat yaitu 98% dalam menampilkan hasil analisis sistem berdasarkan pembacaan sensor pada tanah [2].

Dari permasalahan diatas, untuk mendukung pertanian presisi, penulis akan membuat sebuah alat portable untuk mengukur kondisi fisik tanah diantaranya keasaman, suhu, kelembapan dan warna sehingga nantinya bisa direkomendasikan tanaman yang sesuai untuk ditanam pada tanah tersebut. Dalam alat ini digunakan metode Fuzzy Inference System tipe Mamdani untuk meningkatkan keakuratan dalam pemilihan jenis tanaman, yang nantinya metode ini akan mencocokkan nilai input dari pembacaan beberapa sensor dengan nilai dari tiap-tiap tanaman yang sudah diinputkan sebelumnya. Inputan dari alat ini berupa sensor pH, sensor suhu DS18B20, sensor kelembapan YL-69, sensor warna TCS3200 serta GPS U-blox Neo-6 sebagai penunjuk lokasi dan RTC DS3231 sebagai pencatat tanggal dan waktu. Mikrokontroler STM32F103C8T6 akan memproses data yang dikirim oleh sensor dengan menggunakan metode Fuzzy Inference System tipe Mamdani dalam menentukan pemilihan jenis tanamannya. Output dari alat ini berupa LCD yang akan menampilkan nilai pembacaan sensor dan jenis tanaman yang direkomendasikan, serta MicroSD yang akan menyimpan data dari setiap tanah yang telah diteliti.

II. TEORI

A. Tanaman

Tanaman merupakan jenis tumbuhan yang dibudidayakan oleh manusia dengan cara ditanam dan dirawat pada sebuah tempat atau lahan untuk dipanen dan dimanfaatkan ketika sudah matang atau mencapai pertumbuhan tertentu [6]. Tanaman terbagi menjadi 3 yaitu:

1) Tanaman Pangan

Tanaman pangan merupakan sumber makan pokok yang memiliki kandungan protein serta karbohidrat. Tabel 1 salah satu syarat tumbuh tanaman pangan.

TABEL I
SARAT TUMBUH TANAMAN PANGAN [7]

Nama	PH	Suhu (°C)	Klbn (%)	Jenis Tanah
Padi	6,0-7,0	24-29	60-90	semua jenis tanah
Jagung	5,6-6,2	23-27	62-74	andosol, litosol
Kedelai	5,8-7,0	20-25	60-70	semua jenis tanah
Kacang tanah	6,0-6,5	23-26,5	65-75	aluvial, regosol, litosol, podsolik
Kacang hijau	6,0-6,5	20-30	50-80	semua jenis tanah
Ubi kayu	4,5-8,0	24-30	60-65	semua jenis tanah
Ubi jalar	5,5-8,0	21-27	65-75	semua jenis tanah

2) Tanaman Hortikultura

Tanaman hortikultura merupakan tanaman yang meliputi buah-buahan dan sayur-sayuran. Tabel 2 salah satu syarat tumbuh tanaman hortikultura.

TABEL II
SARAT TUMBUH TANAMAN HORTIKULTURA [7]

Nama	PH	Suhu (°C)	Klbn (%)	Jenis Tanah
Cabe besar	5,6-7,0	24-28	80-85	semua jenis tanah
Cabe rawit	5,6-7,0	24-27	80-85	semua jenis tanah
Bawang merah	5,6-7,0	25-32	80-90	alluvial, litosol
Bawang daun	6,0-7,0	15-20	60-80	semua jenis tanah
Tomat	5,5-7,0	18-27	60-70	semua jenis tanah
Kentang	5,0-6,5	15-20	80-90	semua jenis tanah
Kubis	6,0-7,0	18-20	80-90	semua jenis tanah
Terong	6,8-7,5	20-30	60-70	semua jenis tanah
Sawi	6,0-7,0	15-32	80-90	semua jenis tanah
Buncis	5,8-6,0	20-25	50-60	andosol, regosol
Kangkung	6,0-7,0	15-20	80-90	semua jenis tanah
Mentimun	6,0-7,0	21-27	60-70	aluvial, litosol, andosol

3) Tanaman Perkebunan

Tanaman perkebunan merupakan tanaman yang pada umumnya pemungutan hasil panennya lebih dari satu kali dan biasanya umurnya lebih dari 1 tahun. Tabel 3 salah satu syarat tumbuh tanaman perkebunan.

TABEL III
SARAT TUMBUH TANAMAN HORTIKULTURA [7]

Nama	PH	Suhu (°C)	Klbn (%)	Jenis Tanah
Kelapa	4,5-8,0	20-27	75-80	semua jenis tanah
Jambu mete	6,3-7,3	20-30	70-80	aluvial, litosol, regosol
Cabe jamu	5,5-6,5	27-32	40-80	semua jenis tanah
Tebu	6,4-7,7	21-32	60-80	aluvial, regosol, podsolik
Kopi	5,5-6,5	17-21	40-60	semua jenis tanah
Tembakau	5,5-6,5	21-32	50-70	aluvial, regosol, andosol
Durian	6,0-7,0	28-29	50-70	litosol, podsolik, andosol

B. Tanah

Tanah merupakan suatu bagian yang menyelimuti bumi dengan ketebalan yang bermacam-macam dari beberapa sentimeter hingga lebih dari 3 meter. Penyusun fraksi mineral tanah berdasarkan beratnya, terdiri dari tiga komponen diantaranya liat (clay), debu (silt), dan pasir (sand) yang dikatakan sebagai tekstur tanah. Diameter pada partikel yang bersangkutan akan membedakan ketiga jenis fraksi tadi. Ukuran maksimum dan minimum dari partikel yang berbentuk tidak bulat akan dianggap mempunyai diameter yang sama dengan rerata. Separat tanah merupakan bagian dari fraksi pasir yang berukuran lebih kecil [1] (Tabel 4).

TABEL IV
UKURAN JENIS-JENIS TANAH [1]

Fraksi	Separat Tanah	Ukuran (mm)
Pasir	Pasir sangat kasar	2,0 - 1,0
	Pasir kasar	1,0 - 0,5
	Pasir sedang	0,5 - 0,25

Fraksi	Separat Tanah	Ukuran (mm)
	Pasir halus	0,25 - 0,10
	Pasir sangat halus	0,10 - 0,05
Debu		0,05 - 0,002
Liat		Kurang dari 0,002

C. Fuzzy Inference System

Fuzzy Inference System merupakan suatu kerangka kerja perhitungan yang digunakan dalam penarikan suatu keputusan atau kesimpulan yang didasarkan pada konsep pemikiran fuzzy dan teori himpunan fuzzy. Pada Metode Fuzzy Mamdani, untuk pengambilan keputusan atau kesimpulan digunakan beberapa bagian, diantaranya pembentukan himpunan fuzzy; aplikasi fungsi implikasi; komposisi aturan; dan defuzzifikasi [8].

1) Himpunan Fuzzy

Pembentukan himpunan fuzzy merupakan bagian pertama dari prosedur Metode Fuzzy Mamdani dimana pada susunan linguistiknya digabungkan dalam suatu variabel fuzzy. Sebagai contoh, variabel fuzzy pada cuaca memiliki himpunan fuzzy hujan, mendung dan cerah [8].

2) Aplikasi Fungsi Implikasi

Fungsi implikasi merupakan susunan logika yang terdiri dari satu konklusi dan kumpulan premis. Jadi hubungan antara premis-premis dan konklusinya dapat diketahui dengan menggunakan Fungsi implikasi [8]. Pada umumnya aturan fuzzy dirumuskan dalam bentuk,

$$IF (x_1 \text{ is } A_1) \text{ AND } (x_2 \text{ is } A_2) \text{ THEN } y \text{ is } B \quad (1)$$

3) Komposisi Aturan

Komposisi aturan bertujuan untuk menyatukan fungsi keanggotaan dari aturan aplikasi fungsi implikasi atau memutuskan kesimpulan dari kumpulan dan korelasi antar aturan menggunakan Metode Max [8]. Perumusan yang digunakan Metode Max dalam penggabungan fungsi keanggotaan adalah:

$$\mu_{sf}(x_i) = \max(\mu_{sf}(x_i), \mu_{kf}(x_i)) \quad (2)$$

4) Defuzzifikasi

Proses defuzzifikasi digunakan dalam mengartikan nilai keanggotaan fuzzy menjadi bilangan real (crisp) atau keputusan tertentu [8]. Untuk mencari titik pusat daerah fuzzy, digunakan sebuah rumus:

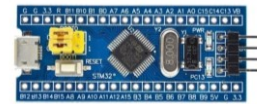
$$z^* = \frac{\int_z \mu(z)zdz}{\int_z \mu(z)dz} \quad (3)$$

D. Sensor PH Tanah

Sensor pH Tanah (Gambar 1) adalah salah satu jenis sensor yang dipakai dalam menemukan tingkat kebasaaan (alkali) atau keasamaan (acid) pada tanah dengan memanfaatkan pH elektroda [9].



Gbr. 1 Sensor pH Tanah [9]



Gbr. 5 Board STM32F103C8T6 (Bluepill) [13]

E. Sensor Suhu

Sensor DS18B20 (Gambar 2) merupakan sensor yang difungsikan untuk membaca suhu disekitarnya. Sensor suhu mendukung antarmuka "bus satu kabel" (1-Kabel) dengan kisaran suhu -55 °C hingga + 125 °C dan akurasi ± 0,5 °C dalam kisaran -10 hingga + 85 °C [10].



Gbr. 2 Sensor Suhu DS18B20 [10]

F. Sensor Kelembapan

Sensor YL-69 (Gambar 3) biasanya difungsikan sebagai pendeteksi kelembaban tanah. Sensor terdiri dari dua bagian yaitu probe dengan dua bantalan untuk mendeteksi kadar air (di sebelah kiri) dan papan elektronik (di sebelah kanan) [11].



Gbr. 3 Sensor Kelembapan YL-69 [11]

G. Sensor Warna

Sensor TCS3200 (Gambar 4) merupakan sensor warna dengan mengubah cahaya menjadi frekuensi warna yang menggabungkan fotodiode silikon yang dapat dikonfigurasi dan konverter arus menjadi frekuensi pada sirkuit terpadu CMOS monolitik tunggal. Pada sensor TCS3200 terdapat susunan fotodiode 8 × 8 yang akan mengubah cahaya menjadi frekuensi, yang terdiri dari 16 fotodiode untuk filter merah, 16 fotodiode untuk filter hijau, 16 fotodiode untuk filter biru, dan 16 fotodiode untuk clear (tanpa filter) [12].



Gbr. 4 Modul Sensor Warna TCS3200 [12]

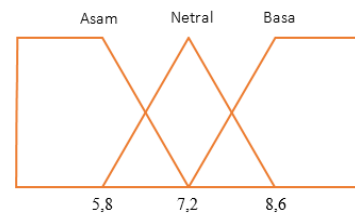
H. Mikrokontroler

STM32F103C8T6 (Gambar 5) merupakan bagian dari keluarga STM32, µC 32-bit yang prosesor intinya bukan berasal dari rancangan STM sendiri (seperti STM8), melainkan mengambil arsitektur dasar dari ARM, tepatnya Inti CPU ARM® 32-bit Cortex®-M3 32-bit RISC core [13].

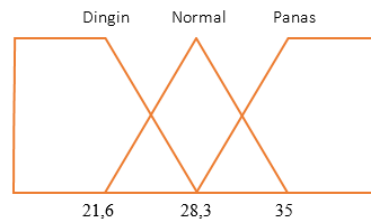
III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Desain Fuzzy pada Sistem

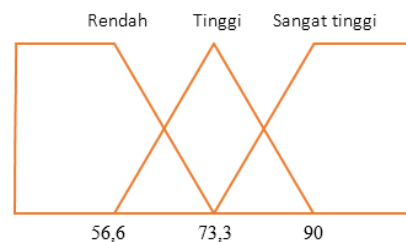
Penelitian ini menggunakan 4 buah variabel yaitu variabel PH yang terdiri dari himpunan Asam, Netral dan Basa; yang kedua variabel Suhu yang terdiri dari himpunan Dingin, Normal dan Panas; yang ketiga variabel Kelembapan yang terdiri dari himpunan Rendah, Tinggi dan Sangat Tinggi; yang terakhir variabel Warna terdiri dari himpunan Warna1, Warna2 dan Warna3. Pada Gambar 6 sampai 9 merupakan membership function (fungsi keanggotaan) dari tiap-tiap variabel yang telah disebutkan sebelumnya.



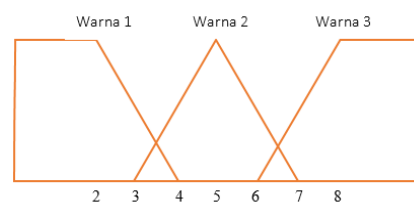
Gbr. 6 Membership Function PH



Gbr. 7 Membership Function Suhu



Gbr. 8 Membership Function Kelembapan

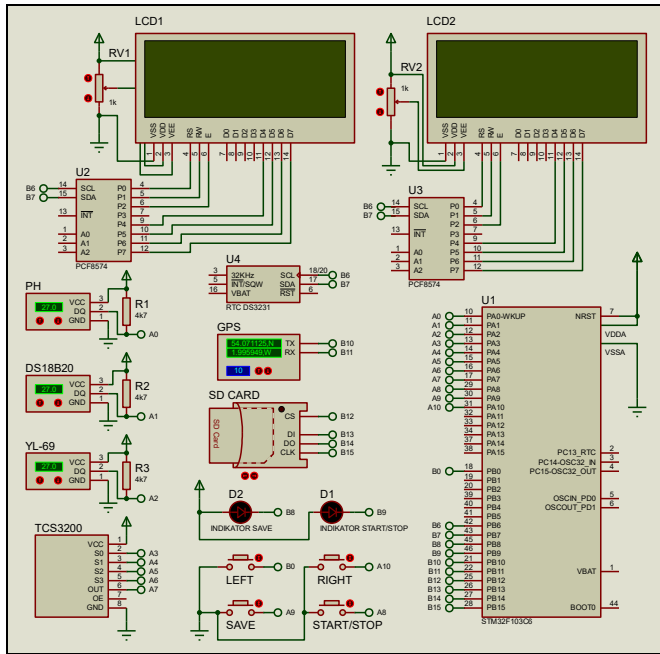


Gbr. 9 Membership Function Warna



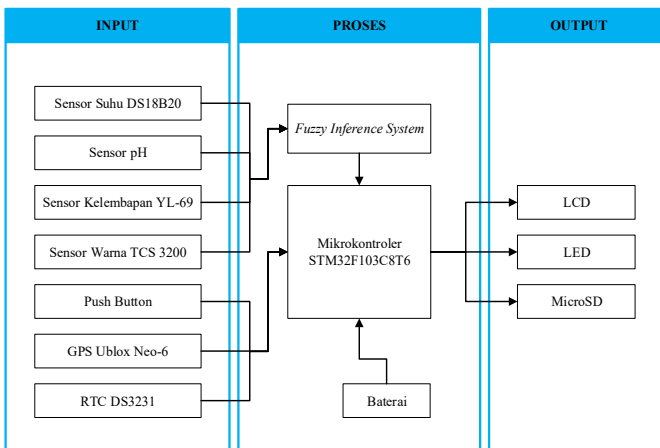
B. Skema Rangkaian Sistem

Melihat dari penelitian yang akan dilakukan, maka diperlukan adanya beberapa komponen untuk menunjang tercapainya penelitian ini diantaranya: Mikrokontroler STM32, Sensor suhu DS18B20, Sensor kelembapan YL-69, Sensor pH, Sensor warna TCS3200, GPS Ublox Neo-6, RTC DS3231, MicroSD Card Adapter, Push Button, LED dan LCD. Dari komponen tadi dibuatlah skema rangkaian sebagai referensi dari sistem yang akan dibuat, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 10.



Gbr. 10 Schematic Rangkaian Sistem

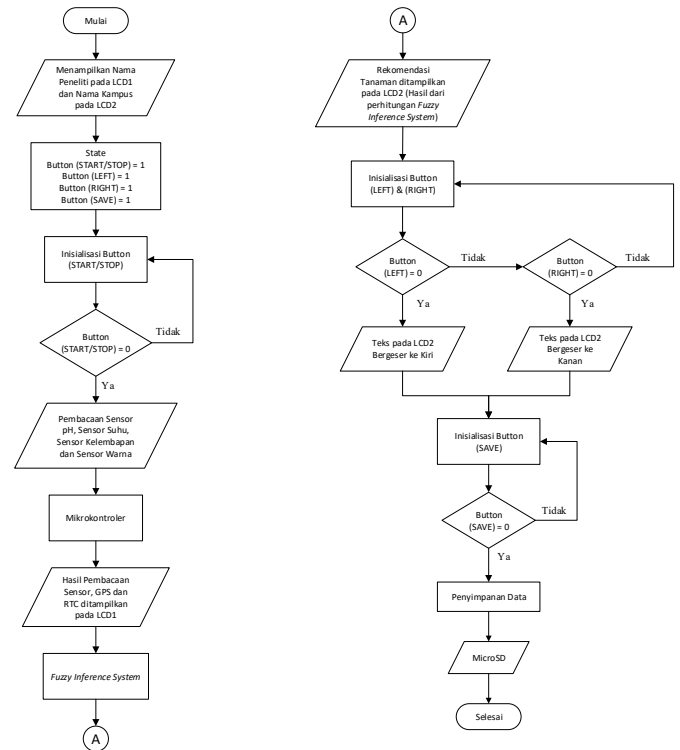
C. Diagram Blok Sistem



Gbr. 11 Diagram Blok Sistem

STM32 untuk diproses. Dalam Mikrokontroler ini dilakukan pengelompokan dengan menggunakan metode Fuzzy Inference System untuk merekomendasikan tanaman yang cocok untuk ditanam pada tanah tersebut. GPS Ublox Neo-6 akan mengirim posisi koordinat ke Mikrokontroler untuk mengetahui lokasi tanah dan RTC DS3231 akan menampilkan waktu dan tanggal pengambilan data pada tanah yang sedang diteliti. Selanjutnya data akan disimpan ke MicroSD, sehingga data bisa dijadikan referensi dikemudian hari. Data dari pengukuran dan pengelompokan diawal tadi akan tampil pada LCD.

D. Flowchart Sistem



Gbr. 12 Flowchart Sistem

Dari gambar flowchat (Gambar 12), Push Button (START/STOP) akan memulai jalannya sistem. Setelah itu sensor akan membaca kondisi tanah dan menampilkannya pada LCD1. Mikrontroler akan memproses nilai dari hasil pembacaan sensor menggunakan Fuzzy Inference System tipe Mamdani dan mengubahnya menjadi output rekomendasi jenis tanaman yang ditampilkan pada LCD2. Push Button (LEFT) akan menggeser teks dari LCD2 ke kiri dan Push Button (RIGHT) akan menggeser teks pada LCD2 kearah kanan. Terakhir Push Button (SAVE) digunakan untuk menyimpan data ke dalam MicroSD.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelumnya telah dilakukan penelitian oleh Andis Trihariprasetya dkk [4] untuk merekomendasikan pemilihan jenis tanaman, namun penelitian tersebut hanya merekomendasikan jenis tanaman hortikultura saja, untuk

mengembangkan dari penelitian tersebut maka pada penelitian ini jenis tanaman yang diinputkan ditambah dengan tanaman pangan dan perkebunan. Pada pengujian sistem ini dilakukan dengan mengamati hasil pembacaan dari setiap sensor yang dilakukan secara bergantian dimulai dari sensor pH, sensor suhu, sensor kelembapan dan sensor warna, setelah itu dibandingkan dengan hasil pembacaan dari soil meter. Pengujian ini dilakukan pada 3 macam tanah yang diambil dari 3 lokasi yaitu dusun Babatoh Barat desa Kertagena Tengah kec. Kadur kab. Pamekasan (tanah-1), dusun Panggung desa Pakamban Daya kec. Pragaan kab. Sumenep (tanah-2), dan dusun Krukek desa Sejati kec. Camplong kab. Sampang (tanah-3) dengan 2 kondisi tanah yaitu saat kering dan basah.

A. Pengujian Sensor PH

Sebelum dilakukan pengujian, sensor pH dikalibrasi terlebih dahulu dengan pH meter dan hasilnya dimasukkan kedalam Excel dengan menggunakan fungsi regresi linier dan didapatkan persamaan $y = -0.05x + 8.05$, dimana y adalah pH yang dihasilkan dan x adalah hasil dari pembacaan adc sensor. Pada pengujian yang telah dilakukan, hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5. Hasil pembacaan sensor pH akan dibandingkan dengan alat pembanding untuk mencari seberapa persen tingkat kesalahannya.

TABEL V
HASIL PENGUJIAN SENSOR PH PADA TANAH-1

No.	Waktu	Kondisi Tanah	Sensor PH	Soil Meter PH	Deviasi (%)
1	06.00	Kering	6.3	7.3	14,29
2	07.00		5.4	7.1	24,29
3	08.00		6.68	6.9	3,14
4	09.00		7.15	7.15	0
5	10.00		7.32	7.1	3,14
6	11.00		7.44	6.9	7,71
7	12.00		7.43	7.1	4,71
8	13.00		7.22	6.9	4,57
9	14.00		7.44	7.1	4,86
10	15.00		7.33	6.9	6,14
11	16.00		7.16	6.9	3,71
12	17.00		7.56	7.1	6,57
13	06.00	Basah	7.34	7.1	3,43
14	07.00		6.91	6.90	0,14
15	08.00		7.23	7.1	1,86
16	09.00		7.12	7.1	0,29
17	10.00		7.2	7.1	1,43
18	11.00		7.12	6.9	3,14
19	12.00		7.19	6.90	4,14
20	13.00		7.38	7.1	4
21	14.00		7.37	7.1	3,86
22	15.00		6.95	6.90	0,71
23	16.00		7.44	6.90	7,71
24	17.00		7.31	7.1	3
Deviasi Rata-rata			4,87 %		

Dari Tabel 5, pada kondisi tanah kering deviasi terendah terdapat pada pengujian jam 09.00 sebesar 0% dan deviasi tertinggi terdapat pada pengujian jam 07.00 sebesar 24,29%,

sedangkan pada kondisi tanah basah deviasi terendah terdapat pada jam 07.00 sebesar 0,14% dan deviasi tertinggi terdapat pada pengujian jam 16.00 sebesar 7,71%. Sehingga dari pengujian sensor pH pada tanah-1, didapatkan deviasi rata-rata sebesar 4,87%.

B. Pengujian Sensor Suhu

Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor suhu dengan alat pembanding. Seperti pada pengujian sensor pH, pengujian ini dilakukan sebanyak 24 kali pada 3 macam tanah yang berbeda. Hasil dari pengujian sensor suhu dapat dilihat pada Tabel 6.

TABEL VI
HASIL PENGUJIAN SENSOR SUHU PADA TANAH-1

No.	Waktu	Kondisi Tanah	Sensor Suhu (°C)	Soil Meter Suhu (°C)	Deviasi (%)
1	06.00	Kering	25.25	26	2,88
2	07.00		26.00	27	3,70
3	08.00		27.19	28	2,89
4	09.00		32.56	35	6,97
5	10.00		38.69	40	3,28
6	11.00		44.06	42	4,90
7	12.00		44.88	45	0,27
8	13.00		38.69	37	4,57
9	14.00		37.19	36	3,31
10	15.00		36.00	35	2,86
11	16.00		35.63	39	8,64
12	17.00		35.25	33	6,82
13	06.00	Basah	25.44	26	2,15
14	07.00		25.69	27	4,85
15	08.00		26.81	28	4,25
16	09.00		27.75	29	4,31
17	10.00		29.25	31	5,65
18	11.00		31.19	32	2,53
19	12.00		31.69	32	0,97
20	13.00		31.25	33	5,30
21	14.00		33.25	33	0,76
22	15.00		33.13	33	0,39
23	16.00		32.81	35	6,26
24	17.00		32.13	33	2,64
Deviasi Rata-rata				3,8 %	

Dari Tabel 6, pada kondisi tanah kering deviasi terendah terdapat pada pengujian jam 12.00 sebesar 0,27% dan deviasi tertinggi terdapat pada pengujian jam 16.00 sebesar 8,64%, sedangkan pada kondisi tanah basah deviasi terendah terdapat pada jam 15.00 sebesar 0,39% dan deviasi tertinggi terdapat pada pengujian jam 16.00 sebesar 6,26%. Sehingga dari pengujian sensor suhu pada tanah-1, didapatkan deviasi rata-rata sebesar 3,8%.

C. Pengujian Sensor Kelembapan

Pengujian ini dilakukan sebanyak 24 kali dengan membandingkan hasil pembacaan sensor kelembapan dengan alat pembanding pada 3 jenis tanah yang berbeda.



TABEL VII
HASIL PENGUJIAN SENSOR KELEMBAPAN PADA TANAH-1

No.	Waktu	Kondisi Tanah	Sensor Klbn (%)	Soil Meter Klbn (%)	Deviasi (%)
1	06.00	Kering	65	65	0,00
2	07.00		58	35	40,00
3	08.00		49	29	40,00
4	09.00		38	15	60,00
5	10.00		63	50	20,00
6	11.00		26	13	50,00
7	12.00		58	29	50,00
8	13.00		46	23	50,00
9	14.00		28	28	0,00
10	15.00		13	13	0,00
11	16.00		17	17	0,00
12	17.00		16	16	0,00
13	06.00	Basah	81	81	0,00
14	07.00		73	58	20,00
15	08.00		87	87	0,00
16	09.00		86	86	0,00
17	10.00		83	83	0,00
18	11.00		87	87	0,00
19	12.00		77	61	20,00
20	13.00		87	87	0,00
21	14.00		86	86	0,00
22	15.00		88	88	0,00
23	16.00		81	81	0,00
24	17.00		93	93	0,00
Deviasi Rata-rata			14,58 %		

Dari Tabel 7, pada kondisi tanah kering deviasi terendah salah satunya terdapat pada pengujian jam 06.00 sebesar 0% dan deviasi tertinggi terdapat pada pengujian jam 09.00 sebesar 60%, sedangkan pada kondisi tanah basah deviasi terendah terdapat pada jam 06.00 sebesar 0% dan deviasi tertinggi terdapat pada pengujian jam 07.00 dan 12.00 sebesar 20%. Sehingga dari pengujian sensor kelembapan pada tanah-1, didapatkan deviasi rata-rata sebesar 14,58%.

D. Pengujian Sensor Warna

Pengujian dilakukan dengan mengkalibrasi 3 macam warna tanah yang diambil. Pada tanah-1 dalam keadaan kering didapat nilai R = 160, G = 118, B = 83 dan dalam keadaan basah didapat nilai R = 91, G = 49, B = 19. Pada tanah-2 dalam keadaan kering didapat nilai R = 110, G = 79, B = 69 dan dalam keadaan basah didapat nilai R = 64, G = 47, B = 29. Terakhir pada tanah 3 dalam keadaan kering didapat nilai R = 105, G = 101, B = 79 dan dalam keadaan basah didapat nilai R = 84, G = 91, B = 64. Selanjutnya digunakan persamaan Euclidean Distance (jarak Euclidean) untuk mengetahui jarak sampel dengan nilai yang dihasilkan oleh sensor warna :

$$D = \sqrt{(R_s - R_1)^2 + (G_s - G_1)^2 + (B_s - B_1)^2}$$

dimana D adalah jarak Euclid, R_s, G_s dan B_s adalah nilai RGB pada sampel, R₁, G₁ dan B₁ adalah nilai RGB dari hasil pembacaan sensor.

TABEL VIII
HASIL PENGUJIAN SENSOR WARNA PADA TANAH-1

No.	Waktu	Kondisi Tanah	Sensor Warna			Jarak Euclid	Deviasi (%)
			R	G	B		
1	06.00	Kering	156	120	85	Tanah-1	0
2	07.00		158	117	86	Tanah-1	0
3	08.00		161	117	83	Tanah-1	0
4	09.00		160	115	86	Tanah-1	0
5	10.00		162	118	81	Tanah-1	0
6	11.00		154	120	87	Tanah-1	0
7	12.00		150	118	93	Tanah-1	0
8	13.00		160	119	82	Tanah-1	0
9	14.00		161	116	84	Tanah-1	0
10	15.00		165	116	80	Tanah-1	0
11	16.00		164	119	78	Tanah-1	0
12	17.00		163	118	80	Tanah-1	0
13	06.00	Basah	93	48	18	Tanah-1	0
14	07.00		88	49	22	Tanah-1	0
15	08.00		91	48	20	Tanah-1	0
16	09.00		95	48	15	Tanah-1	0
17	10.00		91	50	18	Tanah-1	0
18	11.00		89	47	23	Tanah-1	0
19	12.00		95	44	20	Tanah-1	0
20	13.00		88	50	20	Tanah-3	100
21	14.00		92	50	17	Tanah-1	0
22	15.00		92	47	20	Tanah-1	0
23	16.00		96	47	17	Tanah-1	0
24	17.00		91	46	22	Tanah-1	0
Deviasi Rata-rata						4,17 %	

Dari Tabel 8, deviasi tertinggi terdapat pada pengujian tanah basah pada jam 13.00 sebesar 100%, karena pada saat dilakukan Euclidean Distance hasilnya mengarah ke jenis tanah-3. Sehingga dari pengujian sensor warna pada tanah-1, didapatkan deviasi rata-rata sebesar 4,17%. Deviasi secara keseluruhan pada tanah-1 sebesar 3,58%

Selanjutnya dilakukan pengujian yang sama pada tanah-2, hasilnya sebagaimana Tabel 9.

TABEL IX
HASIL PENGUJIAN PADA TANAH-2

No	Waktu	Kondisi Tanah	Sensor	Sensor	Sensor	Sensor Warna		
			PH	Suhu	Klbn	R	G	B
1	06.00	Kering	5.70	25.87	53	110	79	69
2	07.00		4.65	26.37	40	112	78	68
3	08.00		4.99	27.06	29	109	78	71
4	09.00		6.75	33.81	38	108	79	71
5	10.00		5.16	41.06	28	108	81	69
6	11.00		7.28	45.50	22	109	80	69
7	12.00		7.56	48.50	19	112	80	67
8	13.00		7.50	39.44	12	110	81	67
9	14.00		7.45	37.50	10	111	78	69
10	15.00		7.53	37.50	13	112	79	67
11	16.00		7.50	36.94	11	108	80	80
12	17.00		7.46	35.06	10	111	77	70
13	06.00	Basah	7.01	25.69	87	64	47	29
14	07.00		7.44	25.94	84	63	48	29
15	08.00		6.70	27.06	93	64	46	30
16	09.00		7.11	27.87	91	66	46	28
17	10.00		7.33	29.25	95	65	48	27

No	Waktu	Kondisi Tanah	Sensor	Sensor	Sensor	Sensor Warna		
			PH	Suhu	Klbn	R	G	B
18	11.00		7.32	30.81	97	61	49	30
19	12.00		7.00	31.37	95	62	48	30
20	13.00		7.27	30.81	99	66	46	28
21	14.00		7.30	32.06	100	62	47	31
22	15.00		7.35	31.69	100	62	49	29
23	16.00		7.51	32.75	81	65	48	27
24	17.00		7.05	31.44	94	66	48	26

Dari hasil percobaan sensor ph, sensor suhu, sensor kelembapan dan sensor warna pada tanah-2 didapatkan deviasi sebesar 16,11%. Selanjutnya dilakukan juga pengujian yang sama pada tanah-3 dan didapatkan hasil sebagaimana Tabel 10.

TABEL X
HASIL PENGUJIAN PADA TANAH-3

No.	Waktu	Kondisi Tanah	Sensor	Sensor	Sensor	Sensor Warna		
			PH	Suhu	Klbn	R	G	B
1	06.00	Kering	4.60	25.50	38	105	101	79
2	07.00		5.05	26.19	26	104	100	81
3	08.00		6.94	27.00	18	105	102	78
4	09.00		6.59	32.44	44	107	99	79
5	10.00		7.13	40.69	18	103	102	80
6	11.00		7.67	45.50	11	106	102	77
7	12.00		7.69	46.88	10	108	99	76
8	13.00		7.59	38.88	11	106	103	76
9	14.00		7.43	37.13	10	108	100	77
10	15.00		7.54	36.81	10	104	101	80
11	16.00		7.32	36.75	11	110	100	75
12	17.00		7.44	34.44	10	107	99	79
13	06.00	Basah	6.96	25.69	76	84	91	64
14	07.00		7.01	25.94	84	83	90	66
15	08.00		7.26	27.06	92	82	92	65
16	09.00		7.22	28.31	85	83	93	62
17	10.00		7.43	29.31	97	86	92	61
18	11.00		7.26	30.75	94	85	90	64
19	12.00		7.16	31.56	83	86	92	65
20	13.00		7.30	32.94	98	84	93	62
21	14.00		7.32	32.69	98	83	90	66
22	15.00		7.40	32.38	94	85	93	61
23	16.00		7.24	33.63	80	84	90	65
24	17.00		6.79	32.00	95	81	92	66

Dari hasil percobaan sensor ph, sensor suhu, sensor kelembapan dan sensor warna pada tanah-3 didapatkan deviasi sebesar 9,72%. Untuk mencari akurasi, dihitung dulu deviasi rata-rata dari hasil pengujian (tanah-1, tanah-2, tanah-3) dan didapatkan deviasi sebesar 9,02%, sehingga tingkat akurasi pada penelitian ini 90,98%

V. KESIMPULAN (PENUTUP)

Berdasarkan dari penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagaimana dibawah ini:

1. Fuzzy Mamdani dalam pemilihan jenis-jenis tanaman dimodelkan dengan mengganti outputnya menjadi jenis-jenis tanaman yang telah dikelompokkan yang disesuaikan dengan parameter-parameter variabel inputan,

2. Pada jenis tanah-1 – PH saat kering : 5,30 – 7,54 dan PH saat basah : 7,01 – 7,54
 – Suhu saat kering : 25,25°C – 44,88°C dan Suhu saat basah : 25,44°C – 33,25°C
 – Kelembapan saat kering : 13% – 65% dan Suhu saat basah : 73% – 93%
 – Warna saat kering : [R: 150 – 165] [G: 115 – 120] [B: 78 – 93] dan warna saat basah : [R: 88 – 96] [G: 44 – 50] [B: 15 – 23]
3. Pada jenis tanah-2 – PH saat kering : 4,65 – 7,56 dan PH saat basah : 6,70 – 7,51
 – Suhu saat kering : 25,87°C – 48,50°C dan Suhu saat basah : 25,69°C – 31,69°C
 – Kelembapan saat kering : 10% – 53% dan Suhu saat basah : 81% – 100%
 – Warna saat kering : [R: 108 – 112] [G: 77 – 81] [B: 67 – 80] dan warna saat basah : [R: 61 – 66] [G: 46 – 49] [B: 26 – 31]
4. Pada jenis tanah-3 – PH saat kering : 4,60 – 7,69 dan PH saat basah : 6,79 – 7,43
 – Suhu saat kering : 25,50°C – 46,88°C dan Suhu saat basah : 25,69°C – 33,63°C
 – Kelembapan saat kering : 10% – 44% dan Suhu saat basah : 76% – 98%
 – Warna saat kering : [R: 103 – 110] [G: 99 – 103] [B: 75 – 81] dan warna saat basah : [R: 81 – 86] [G: 90 – 93] [B: 61 – 66]

REFERENSI

- [1] H. Gusmara, *BAHAN AJAR DASAR-DASAR ILMU TANAH ITN-100*. Bengkulu: Universitas Bengkulu, 2016.
- [2] H. Sukri and A. K. Saputro, "Perancangan alat cerdas pendeteksi kandungan unsur tanah," vol. 9, no. 1, pp. 15–19, 2020.
- [3] P. S. Hasugian and R. M. Simanjanjorang, "Rancang Bangun Perangkat Cerdas untuk Deteksi Kandungan Unsur Tanah dalam Menentukan Jenis Tanaman untuk Mendukung Ketahanan Pangan," vol. 3, no. 2, pp. 16–21, 2019.
- [4] T. D. Puspitasari, M. F. N. Jadid, and A. Trihariprasetya, "Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Tanaman Holtikultura dengan Metode Fuzzy Sebagai Upaya Meningkatkan Ketahanan Pangan," pp. 8–9, 2018.
- [5] R. Anggara, A. Wijaya, and S. O. Kunang, "Sistem Pendeteksi Kesuburan Tanah Berbasis IOT," pp. 755–762, 2016.
- [6] S. Sufardi, *Pertumbuhan tanaman*. Syiah Kuala University, 2020.
- [7] Disperta Kabupaten Bangkalan, *Syarat Tumbuh Tanaman*. 2020.
- [8] N. Febriany, F. Agustina, and R. Marwati, "Aplikasi Metode Fuzzy Mamdani dalam Penentuan Status Gizi dan Kebutuhan Kalori Harian Balita Menggunakan Software Matlab," vol. 5, no. 1, pp. 84–96, 2017.
- [9] Depoinovasi, *Datasheet SensorpH Tanah*. Malang: www.depoinovasi.com.
- [10] Xi'an Gavin Electronic Technology, *DS18B20 Temperature Sensor*. Xi'an Gavin Electronic Technology Co., Ltd.
- [11] "Guide for Soil Moisture Sensor YL-69 or HL-69 with the Arduino | Random Nerd Tutorials." <https://randomnerdtutorials.com/guide-for-soil-moisture-sensor-yl-69-or-hl-69-with-the-arduino/> (accessed Dec. 23, 2020).
- [12] ams AG, *TCS3200, TCS3210 Programmable Color Light to Frequency*

- Converter*. Austria: ams Datasheet, 2016.
- [13] STMicroelectronics, “STM32F103x8 STM32F103xB: Medium-density performance line ARM®-based 32-bit MCU with 64 or 128 KB Flash, USB, CAN, 7 timers, 2 ADCs, 9 com. interfaces [datasheet],” pp. 1–117, 2015.

