



# PROYEK AKHIR

## RANCANG BANGUN SISTEM DETEksi LEVEL NUTRISI TANAH BERDASARKAN WARNA TANAH UNTUK MENENTUKAN REKOMENDASI TANAMAN PANGAN

*DESIGN OF SOIL NUTRIENT LEVEL DETECTION SYSTEM  
BASED ON THE COLOR OF THE SOIL FOR SELECTION OF FOOD  
PLANTS RECOMMENDATION*

Oleh:

Novanna Rahma Zani  
NRP. 1103181047

Dosen Pembimbing:

Ali Husein Alasiry, S.T., M.Eng.  
NIP. 19731027 200003 1 001

Ardik Wijayanto ST, MT.  
NIP. 19770620 200212 1 002

PROGRAM STUDI D3 TEKNIK ELEKTRONIKA  
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO  
POLITEKNIK ELEKTRONIKA NEGERI SURABAYA  
2021



## PROYEK AKHIR

# RANCANG BANGUN SISTEM DETEKSI LEVEL NUTRISI TANAH BERDASARKAN WARNA TANAH UNTUK MENENTUKAN REKOMENDASI TANAMAN PANGAN

*DESIGN OF SOIL NUTRIENT LEVEL DETECTION SYSTEM  
BASED ON THE COLOR OF THE SOIL FOR SELECTION OF FOOD  
PLANTS RECOMMENDATION*

Oleh:

**Novanna Rahma Zani**  
NRP. 1103181047

**Ali Husein Alasiry, S.T., M.Eng.**  
NIP. 19731027 200003 1 001

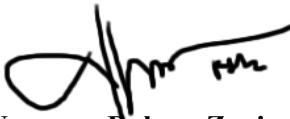
**Ardik Wijayanto ST, MT.**  
NIP. 19770620 200212 1 002

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK ELEKTRONIKA  
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO  
POLITEKNIK ELEKTRONIKA NEGERI SURABAYA  
2021**

## **PERNYATAAN ORISINILITAS**

Saya selaku penulis menyatakan bahwa Proyek Akhir ini adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, dan semua sumber/referensi baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Surabaya, 22 Juli 2021  
Penulis yang menyatakan,



**Novanna Rahma Zani**  
**NRP. 1103181047**

**RANCANG BANGUN SISTEM DETEKSI LEVEL NUTRISI TANAH  
BERDASARKAN WARNA TANAH UNTUK MENENTUKAN REKOMENDASI  
TANAMAN PANGAN**

Oleh:

Novanna Rahma Zani  
NRP. 1103181047

Proyek Akhir ini Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk  
Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik (A.Md.T.)  
di  
Program Studi D3 Teknik Elektronika  
Departemen Teknik Elektro  
Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

Disetujui dan disahkan pada tanggal 20 Agustus 2021 oleh:

Dosen Pembimbing:

1. Ali Husein A, ST, M.Eng  
NIP. 197310272000031001
2. Ardir Wijayanto, S.T., M.T.  
NIP. 197706202002121002

Dosen Pengaji:

1. Ir. Kemalasari, MT  
NIP. 196303142000032001
2. Akhmad Hendriawan, ST, MT  
NIP. 197501272002121003
3. Madyono, S.ST., MT.  
NIP. 196904251992031001



Mengetahui,  
Ketua Program Studi D3 Teknik Elektronika

Dr.Alrijadjis,Dipl. Eng, M.T.  
NIP. 197206301999031003

## ABSTRAK

Tanah memiliki tingkat mineral, air, udara dan bahan organik yang bervariasi sehingga mempengaruhi warna tanah. Warna tanah membantu ahli agronomi memahami komposisi tanah dan mengklasifikasikannya agar petani dapat menghasilkan tanaman yang optimal. Warna tanah juga dapat memberikan informasi terkait kondisi tanah yang kekurangan nutrisi penting seperti nitrogen, fosfor dan kalium. Selain itu, tingkat seasaman tanah atau pH (*potential of hydrogen*) juga merupakan parameter yang dapat menentukan kualitas kesuburan tanah. pH tanah dapat berubah sepanjang tahun karena faktor-faktor termasuk tipe hujan dan menipisnya nutrisi tertentu. Karena itu perlu dilakukan pemantauan pH tanah sebelum menanam dan secara teratur di area acak sepanjang pertumbuhan musim. Untuk melakukan pendektsian level nutrisi nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K) dan pengukuran nilai pH dibuat sebuah alat portable yang dapat mendekripsi level kandungan N, P dan K berdasarkan warna tanah dan tingkat keasaman tanah untuk mengklasifikasikan level nutrisi tanah dan menghasilkan rekomendasi tanaman pangan yang sesuai dengan kondisi tanah tersebut. Menggunakan parameter warna tanah yang didapatkan dengan menggunakan sensor warna TCS3200 dan parameter tingkat keasaman tanah dengan pH Soil Sensor. Sensor warna dan pH Soil terintegrasi dengan mikrokontroler NodeMCU ESP32 sehingga data yang diterima dapat dikirim ke server melalui jaringan internet lalu diolah dengan metode fuzzy logic untuk menentukan level nutrisi tanah dan memberikan rekomendasi tanaman yang cocok dengan kondisi tanah tersebut dan ditampilkan pada android apps. Dari hasil pengujian performansi sistem pengambilan keputusan tanaman menggunakan algoritma fuzzy bahwa sistem pengambilan keputusan tanaman yang telah dibuat cukup valid dan telah bekerja dengan baik. Diambil satu sampel data hasil perekaman sensor diperoleh nilai COA sebesar 440 yang telah divalidasi dengan perhitungan manual diperoleh nilai COA 439,98 dan menggunakan simulasi matlab diperoleh nilai 440. Sehingga dapat disimpulkan nilai perhitungan mendekati nilai hasil pengujian. Tingkat rata – rata error dari perhitungan fuzzy sistem yaitu 1,66%.

Kata kunci: Sensor Warna, NPK tanah, pH tanah, Portabel, Fuzzy Logic

## **ABSTRACT**

Soil has varying levels of minerals, water, air, and organic matter that affect the color of the soil. Soil color helps agronomists understand soil composition and classify it so that farmers can produce optimal crops. Soil color can also provide soil conditions that lack essential nutrients such as nitrogen, phosphorus, and potassium. In addition, the level of acidity of the soil or pH (potential of hydrogen) is also a parameter that can determine the quality of soil fertility. Soil pH can change throughout the year due to the type of rain and the depletion of certain nutrients. It is, therefore, necessary to monitor soil pH before planting and regularly in random areas throughout the growing season. To detect nutrient levels of nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), and measurement of pH values, a portable tool is made that can detect levels of N, P, and K content based on soil color and soil acidity levels to classify soil nutrient levels and produce recommendations for food crops following the soil conditions. Using the soil color parameters obtained using the TCS3200 color sensor and the soil acidity level parameters with the pH Soil Sensor. Soil color and pH sensors are integrated with the NodeMCU ESP32 microcontroller. The received data can be sent to the server via the internet network and then processed using fuzzy logic methods to determine soil nutrient levels and provide plant recommendations that match the soil conditions and are displayed on android apps. From the results of testing the performance of plant decision-making systems using fuzzy algorithms, the plant decision-making systems that have been made are quite valid and have worked well. One sample of sensor recording data was taken and obtained a COA value of 440, which was validated by manual calculation and obtained a COA value of 439.98. Using MatLab simulation obtained a value of 440. So it can be concluded that the calculated value is close to the test result value. The average error rate of the fuzzy system calculation is 1.66%.

Keywords: Color Sensor, Soil NPK, Soil pH, Portable, Fuzzy Logic

## KATA PENGANTAR



Puji syukur kehadirat Allah SWT karena atas segala rahmat, taufiq serta hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan proyek akhir yang berjudul:

### **RANCANG BANGUN SISTEM DETEKSI LEVEL NUTRISI TANAH BERDASARKAN WARNA TANAH UNTUK MENENTUKAN REKOMENDASI TANAMAN PANGAN**

Buku Proyek Akhir ini disusun sebagai syarat menyelesaikan studi Diploma III serta memperoleh gelar Ahli Madya di jurusan Elektronika Politeknik Elektronika Negeri Surabaya (PENS).

Terdapat beberapa literatur dan teori baik yang diperoleh dalam perkuliahan maupun dari luar perkuliahan yang digunakan dalam penyelesaian proyek akhir ini dan juga tidak lepas dari dukungan dosen pembimbing serta pihak-pihak lain yang telah banyak memberikan semangat dan bantuan. Penulis menyadari bahwa buku proyek akhir ini masih memiliki banyak kekurangan. Untuk itu penulis memohon maaf sebesar-besarnya atas segala kekurangan dalam penyusunannya. Penulis juga mengharapkan saran dan kritik dari semua pihak demi kesempurnaan buku ini.

Akhirnya, penulis berharap semoga buku proyek akhir ini memiliki kemanfaatan yang besar khususnya bagi penulis dan pembaca pada umumnya sebagai sarana ilmu, wawasan, dan pengetahuan.

Surabaya, 2021

Penulis

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Dengan penuh rasa syukur kehadirat Allah S.W.T dan tanpa menghilangkan rasa hormat yang mendalam, saya selaku penyusun dan penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis untuk menyelesaikan proyek akhir ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Untuk Bapak, Ibu, adik dan keluarga tercinta yang selalu mendoakan dan memberi banyak dukungan.
2. Bapak Aliridho Barakbah, S.Kom., Ph.D. selaku Direktur PENS.
3. Bapak Dr. Eng I Gede Puja A, S.T., M.T., selaku Kepala Departemen Teknik Elektro PENS.
4. Bapak Dr. Eng. Alrijadjis, Dipl.Eng., M.T. selaku Ketua Program Studi Diploma 3 Teknik Elektronika PENS.
5. Bapak Ali Husein Alasiry, ST, M.Eng., selaku dosen pembimbing proyek akhir penulis yang telah membantu penulis dalam banyak hal. Serta nasehat dan saran yang telah diberikan kepada penulis selama kuliah.
6. Bapak Ardiq Wijayanto, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing proyek akhir yang telah membantu penulis dalam banyak hal.
7. Rekan-rekan D3 Teknik Elektronika B 2018 yang telah membantu motivasi dan semangat penulis selama di kampus tercinta, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya (PENS).
8. Mba Yelsa Ferdias, Noval, Heri, Mas Rizanto, Mas Nobby dan Mas Alif Wicaksana serta rekan-rekan EEPISAT Bamantara dan GenBI PENS 2020 & 2021 yang telah membantu motivasi dan memberikan semangat penulis dalam penggeraan Tugas Akhir.
9. Seluruh Bapak dan Ibu dosen yang telah membimbing dan membekali ilmu kepada penulis selama penulis menempuh pendidikan di kampus tercinta, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya (PENS).
10. Semua pihak yang telah membantu penulis hingga terselesaiannya proyek akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga Allah S.W.T. selalu memberikan perlindungan, rahmat dan nikmat-Nya bagi kita semua.Amin.

## **PERSETUJUAN PUBLIKASI TERBATAS**

Sebagai civitas akademik Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Novanna Rahma Zani  
NRP : 1103181047  
Program Studi : D3 Teknik Elektronika  
Departemen : Departemen Teknik Elektro

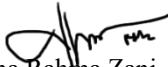
Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Politeknik Elektronika Negeri Surabaya Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas proyek akhir saya yang berjudul:

### **RANCANG BANGUN SISTEM DETEKSI LEVEL NUTRISI TANAH BERDASARKAN WARNA TANAH UNTUK MENENTUKAN REKOMENDASI TANAMAN PANGAN**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan), yang oleh karenanya Politeknik Elektronika Negeri Surabaya dengan ini berhak menyimpan, mengalih-media-kan atau mengalih-format-kan, mengelola dalam pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 2021  
Penulis



Novanna Rahma Zani

## DAFTAR ISI

<b>PROYEK AKHIR .....</b>	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN ORISINILITAS .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>vii</b>
<b>UCAPAN TERIMA KASIH.....</b>	<b>viii</b>
<b>PERSETUJUAN PUBLIKASI TERBATAS .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB I .....</b>	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Tujuan Penelitian.....	3
1.3    Perumusan Masalah.....	3
1.4    Batasan Masalah.....	3
1.5    Manfaat Penelitian.....	4
1.6    Metodologi Penelitian .....	4
1.7    Sistematika Penulisan.....	6
<b>BAB II....</b>	<b>9</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>9</b>
2.1 <i>State of The Art</i> .....	9
2.2    Tinjauan Teknis.....	11
<b>BAB III.....</b>	<b>21</b>
<b>PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM .....</b>	<b>21</b>
3.1    Perancangan Sistem.....	21
3.2    Penentuan Jenis Tanaman .....	22
3.3    Perancangan Desain Sistem.....	25
3.3.1 Perancangan Mekanik Sistem .....	26

3.3.2 Perancangan <i>Hardware</i> Sistem .....	27
3.3.3 Perancangan <i>Software</i> Sistem .....	28
3.3.4 Pemrograman <i>Controller</i> .....	30
3.3.5 Pembuatan Alat .....	30
<b>BAB IV .....</b>	<b>44</b>
<b>ANALISA DAN EKSPERIMEN .....</b>	<b>44</b>
4.1 Pengujian dan Kalibrasi Sensor Warna .....	44
4.2 Pengujian dan Kalibrasi Sensor pH Tanah .....	57
4.3 Pengujian Performansi Sistem.....	63
<b>BAB V....</b>	<b>86</b>
<b>PENUTUP.....</b>	<b>86</b>
5.1 Kesimpulan .....	86
5.2 Saran.....	87
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>88</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>90</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Mikrokontroler ESP32 V1 .....	11
Gambar 2.2. Bentuk fisik sensor warna TCS3200 .....	13
Gambar 2.3. Karakteristik TCS3200 .....	14
Gambar 2.4. Elektrode pH Tanah.....	15
Gambar 2.5. Arsitektur logika fuzzy .....	16
Gambar 2.6. Arduino IDE .....	18
Gambar 3.1. Skema Penelitian .....	21
Gambar 3.2. Proses Penentuan Rekomendasi Jenis Tanaman.....	22
Gambar 3.3. Blok Diagram Sistem .....	25
Gambar 3.4. Rancangan Alat .....	26
Gambar 3.5. Referensi <i>laboratory setup</i> .....	27
Gambar 3.6. Blok Diagram Perancangan <i>Hardware</i> .....	28
Gambar 3.7. Sistem Arsitektur <i>Cloud System</i> .....	29
Gambar 3.8. Desain User Interface Aplikasi Android.....	29
Gambar 3.9. Desain Skematik Rangkaian Regulator 5V .....	30
Gambar 3.10. Desain Skematik Rangkaian <i>Shield Controller</i> .....	31
Gambar 3.11. Desain <i>Board Shield Hardware</i> .....	32
Gambar 3.12. Hasil Rangkaian Shield Hardware.....	32
Gambar 3.13. <i>Flowchart</i> Algoritma Akuisisi Data di Sisi <i>Transmitter</i> .....	32
Gambar 3.14. Tampilan <i>database</i> Google Spreadsheets.....	33
Gambar 3.15. Pengaturan akses Google Spreadsheet.....	34
Gambar 3.16. Blok Diagram Sisi Server .....	34
Gambar 3.17. <i>Flowchart</i> algoritma akuisisi data .....	35
Gambar 3.18. Blok diagram Algoritma fuzzy sistem pendekripsi.....	36
Gambar 3.19. <i>Membership Fuzzy</i> .....	37
Gambar 3.20. <i>Flowchart</i> Algoritma Akusisi Data pada sisi <i>Client</i> <i>(Android Application)</i> .....	40
Gambar 3.21. Tampilan aplikasi <i>Login Page</i> .....	41
Gambar 3.22. Tampilan aplikasi <i>History Data</i> .....	42
Gambar 3.23. Hasil Purwarupa Sistem .....	43
Gambar 4.1. Pengukuran dan penentuan titik sampel tanah .....	45
Gambar 4.2. Sampel tanah diambil pada kedalaman 20 cm .....	45

Gambar 4.3. Metode Pengambilan Sampel Tanah .....	45
Gambar 4.4. Hasil Pengambilan sampel tanah di Area 1 .....	46
Gambar 4.5. Area kedua dan ketiga sampel tanah kalibrasi .....	46
Gambar 4.6. Hasil pengambilan sampel tanah pada 3 area .....	47
Gambar 4.7. Perangkat Uji Tanah .....	47
Gambar 4.8. Proses memasukkan setengah sendok spatula ke tabung reaksi .....	47
Gambar 4.9. Hasil memasukkan sampel tanah ke tabung reaksi .....	48
Gambar 4.10. Tahapan dalam menambahkan pereaksi N-1 ke tabung reaksi pada masing – masing sampel.....	48
Gambar 4.11. Tahapan dalam menambahkan pereaksi N-2 ke tabung reaksi pada masing – masing sampel .....	48
Gambar 4.12. Tahapan dalam menambahkan pereaksi N-3 ke tabung reaksi pada masing – masing sampel .....	49
Gambar 4.13. Terbentuk warna pada larutan jernih berwarna oranye...	49
Gambar 4.14. Perbandingan warna larutan dengan bagan warna status N tanah.....	49
Gambar 4.15. Proses menambahkan pereaksi P-1 ke dalam tabung reaksi pada sampel tanah.....	50
Gambar 4.16. Proses menambahkan perekasi P-2 ke dalam tabung reaksi pada sampel tanah.....	50
Gambar 4.17. Perbandingan warna larutan dengan bagan warna status P tanah .....	50
Gambar 4.18. Hasil pembentukan warna pada sampel setelah didiamkan selama 10 menit.....	51
Gambar 4.19. Proses menambahkan pereaksi K-1 ke dalam tabung reaksi lalu diaduk dengan pengaduk kaca 10 menit .....	51
Gambar 4.20. Proses menambahkan pereaksi K-2 ke dalam tabung reaksi.....	52
Gambar 4.21. Proses menambahkan pereaksi K-3 ke dalam tabung reaksi.....	52
Gambar 4.22. Hasil pembentukan warna pada sampel setelah didiamkan selama 10 menit.....	52
Gambar 4.23. Perbandingan warna larutan dengan bagan warna status K tanah .....	53
Gambar 4.24. Proses penentuan range output TCS3200 pada sampel tanah yang telah terdeteksi level nutrisinya .....	53

Gambar 4.25. Kurva kalibrasi sensor warna dalam penentuan level nutrisi .....	56
Gambar 4.26. Pengukuran dan penentuan titik sampel tanah .....	58
Gambar 4.27. Sampel tanah diambil pada kedalaman 20 cm .....	58
Gambar 4.28. Metode Pengambilan Sampel Tanah .....	58
Gambar 4.29. Hasil Pengambilan sampel tanah di Area 1 .....	59
Gambar 4.30. Perangkat pengujian pH tanah.....	59
Gambar 4.31. Proses memasukkan sampel tanah ke tabung reaksi.....	59
Gambar 4.32. Tahapan menambahkan pereaksi pH-1 pada tabung reaksi, kemudian diaduk dengan pengaduk kaca.....	60
Gambar 4.33. Tahapan menambahkan pereaksi pH-2 pada tabung reaksi masing – masing sampel.....	60
Gambar 4.34. Hasil pembentukan warna pada sampel setelah didiamkan selama 10 menit.....	60
Gambar 4.35. Perbandingan warna larutan dengan bagan warna pH tanah .....	61
Gambar 4.36. Kurva hasil kalibrasi sensor pH Tanah .....	63
Gambar 4.37. Kurva Performansi Sistem Pengambilan Keputusan Tanaman dengan Menggunakan Metode Fuzzy saat Pengujian .....	65
Gambar 4.38. Grafik <i>Root Mean Square Error</i> dari Sistem.....	66
Gambar 4.39. Kurva Standar Deviasi Sistem .....	67
Gambar 4.40. Kurva Error Performansi Pengambilan Keputusan Tanaman dengan Metode Fuzzy .....	72
Gambar 4.41. Keluaran Metode Logika Fuzzy dari Simulasi MATLAB .....	74
Gambar 4.42. Hasil Keputusan Tanaman Algoritma Fuzzy pada Server (Google Spreadsheets) .....	74
Gambar 4.43. Fungsi Keanggotaan Input pH Tanah .....	74
Gambar 4.44. Fungsi Keanggotaan Input B untuk mendeteksi level nutrisi K Tanah .....	75
Gambar 4.45. Fungsi Keanggotaan Input G untuk mendeteksi level nutrisi P Tanah .....	75
Gambar 4.46. Fungsi Keanggotaan Input R untuk mendeteksi level nutrisi K Tanah .....	76

Gambar 4.47. Grafik perbandingan pengukuran pH tanah.....	82
Gambar 4.48. Grafik perbandingan pengukuran B <i>value</i> untuk pendeteksian level N tanah .....	82
Gambar 4.49. Grafik perbandingan pengukuran G <i>value</i> untuk pendeteksian level P tanah .....	83
Gambar 4.50. Grafik perbandingan pengukuran R <i>value</i> untuk pendeteksian level K tanah .....	84

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan dengan penelitian sebelumnya.....	10
Tabel 2.2 Spesifikasi NodeMCU ESP32 Devkit V1 .....	12
Tabel 2.3 <i>Range</i> panjang gelombang NPK dan LED .....	15
Tabel 3.1 Penilaian Parameter Indeks pada Tiap Parameter Tanah .....	23
Tabel 3.2 Pengelompokan level jenis tanaman berdasarkan parameter tanah .....	24
Tabel 3.3 <i>Output</i> jenis tanaman pangan berdasarkan kelompok tanah..	25
Tabel 3.4 Hasil pengujian regulator .....	31
Tabel 3.5 <i>Rule</i> kelompok tanah sebagai acuan rekomendasi tanaman ..	38
Tabel 3.6 <i>Output</i> jenis tanaman berdasarkan kelompok tanah.....	39
Tabel 4.1 Hasil pengujian status nutrisi pada sampel-sampel di 3 area berdasarkan perangkat uji tanah .....	54
Tabel 4.2 Hasil pengujian sensor warna TCS3200 dalam mendekripsi level nutrisi N, P dan K .....	55
Tabel 4.3 Data pengujian dan kalibrasi sensor pH tanah .....	62
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Pengambilan Keputusan dengan Metode Fuzzy pada Sistem di Area 1 (a) .....	68
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Pengambilan Keputusan dengan Metode Fuzzy pada Sistem di Area 1 (b) .....	68
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Pengambilan Keputusan dengan Metode Fuzzy pada Sistem di Area 2 (a) .....	69
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Pengambilan Keputusan dengan Metode Fuzzy pada Sistem di Area 2 (b) .....	70
Tabel 4.8 Hasil Pengujian Pengambilan Keputusan dengan Metode Fuzzy pada Sistem di Area 3 (a) .....	71
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Pengambilan Keputusan dengan Metode Fuzzy pada Sistem di Area 3 (b) .....	72
Tabel 4.10 Sampel Data Hasil Pengujian Pendekripsi Level nutrisi dan pH Tanah serta Rekomendasi Hasil Pengambilan Keputusan dengan Metode Fuzzy Logic di lahan Pertanian Desa Margasari Kecamatan Tigaraksa Kabupaten Tangerang .....	81
Tabel 4.11 Hasil pengujian jarak transmisi sistem .....	85

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran A. Output jenis tanaman berdasarkan kelompok tanah

Lampiran B. Gambar *Schematic Rangkaian Shield*

Lampiran C. *Rule Fuzzy* untuk kelompok tanah sebagai acuan saran pemilihan tanaman.

Lampiran D. Hasil Pengujian Sistem Terintegrasi

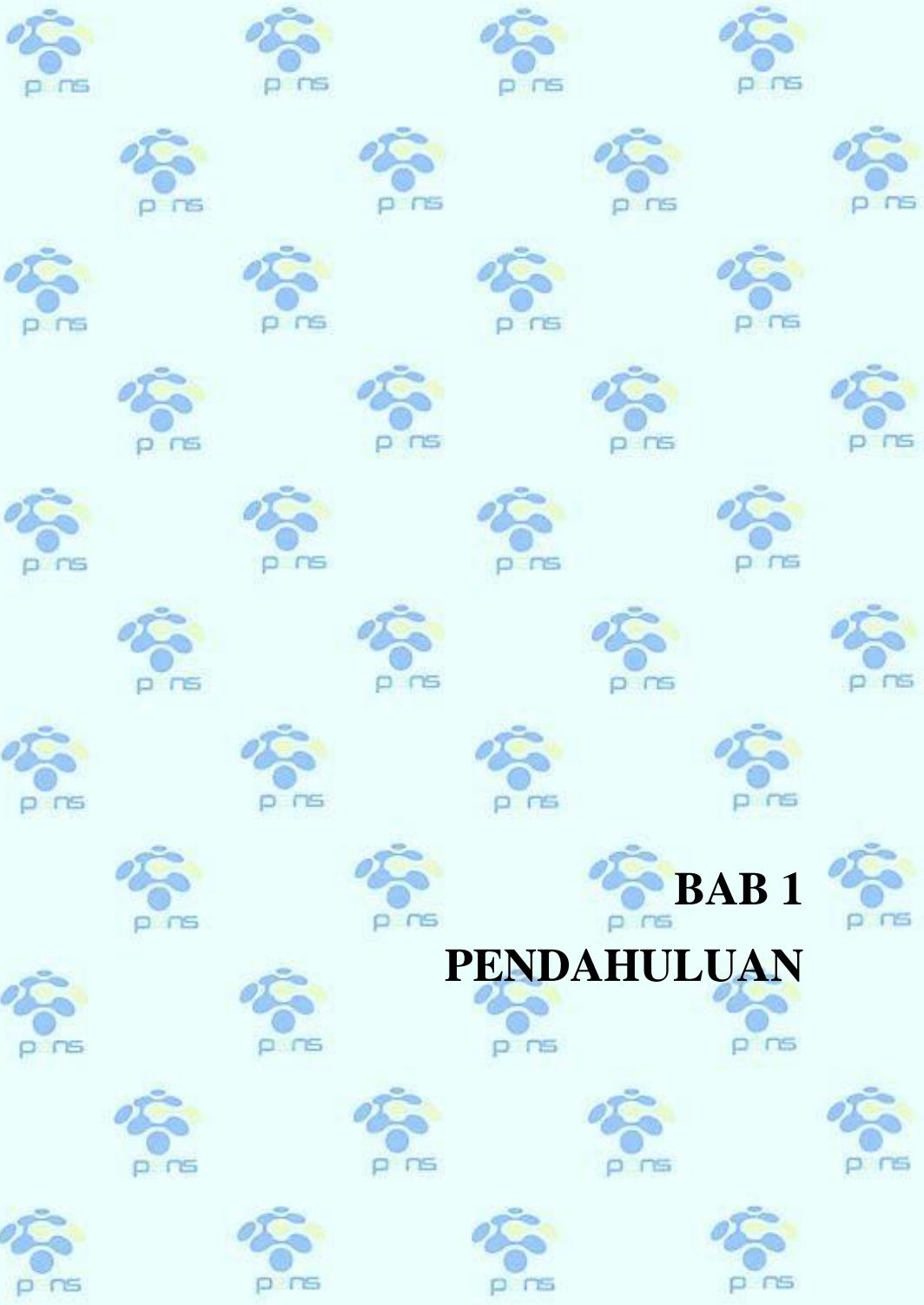
Lampiran E. *Screenshot front end database server*

Lampiran F. *Membership input dan output Algoritma Fuzzy*

Lampiran G. pH *preference list*

Lampiran H. Dokumentasi

Lampiran I. Grafik-grafik hasil pengujian



# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Sebagai salah satu negara yang termasuk dalam wilayah tropis, Indonesia memiliki potensi pertanian yang sangat baik, terutama untuk pertanian tropis. Salah satu produk pertanian tropika Indonesia yang berpotensi menjadi andalan adalah produk pertanian segar dalam bentuk buah-buahan dan sayuran. Indonesia memiliki potensi ketersediaan lahan yang cukup besar tetapi belum dimanfaatkan secara optimal. Data dari kajian akademis yang dilaksanakan oleh Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, Kementerian Pertanian pada tahun 2020 menunjukkan total luas lahan pertanian bukan sawah di Indonesia pada tahun 2019 sebesar 29,35 juta ha sedangkan luas sawah sebesar 7,46 juta ha. Luas lahan pertanian bukan sawah terdiri dari area kebun dengan luas 12,3 juta ha; area ladang dengan luas 5,1 juta ha dan 11,7 juta ha area lahan yang belum dibudidayakan.

Untuk melakukan penanaman di sebuah lahan, perlu diketahui terlebih dahulu kualitas dari tanah di lahan tersebut. Penelitian untuk mengetahui kualitas tanah dapat dilakukan dengan cara analisis terhadap struktur dan kandungannya. Analisis itu bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat dan karakteristik tanah. Dengan demikian maka dapat diketahui jenis-jenis tanaman yang cocok untuk ditanam pada lahan tersebut (Sutedjo & Kartasapoetra, 2008).

Tanah memiliki tingkat mineral, air, udara dan bahan organik yang bervariasi sehingga mempengaruhi warna tanah. Warna tanah membantu ahli agronomi memahami komposisi tanah dan mengklasifikasikannya agar petani dapat menghasilkan tanaman yang optimal. Warna tanah juga dapat memberikan informasi terkait kondisi tanah yang kekurangan nutrisi penting seperti Nitrogen, Fosfor dan Kalium (Jain, Saify, & Kate, 2020).

Tingkat Keasaman tanah atau pH (*potential of hydrogen*) juga merupakan parameter yang dapat menentukan kualitas kesuburan tanah. pH tanah sangat penting untuk diketahui karena dapat menentukan mudah tidaknya unsur-unsur hara diserap oleh tanaman dan menunjukkan keberadaan unsur-unsur yang bersifat racun bagi

tanaman. Keasaman tanah erat hubungannya dengan ketersediaan hara yang dapat mempengaruhi produksi tanaman (Triharto, 2013).

Pengukuran level nutrisi atau status hara dan tingkat pH tanah di Indonesia dapat dilakukan dengan mengikuti prosedur Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian Indonesia, yaitu dengan menggunakan PUTK (Perangkat Uji Tanah Kering) atau uji laboratorium. Analisis dengan PUTK maupun uji laboratorium memerlukan biaya yang tidak sedikit dan menghabiskan waktu yang relatif lama. Selain itu hasil dari analisisnya masih berupa data mentah sehingga memerlukan pengolahan data lebih lanjut untuk memperoleh informasi terkait rekomendasi tanaman yang bisa ditanam pada tanah tersebut.

Dengan memanfaatkan teknologi cerdas, dapat dibuat sebuah alat *portable* yang dapat mendeteksi kandungan nutrisi dalam tanah berdasarkan warna tanah dan tingkat keasaman tanah untuk mengklasifikasikan level nutrisi tanah dan menghasilkan Rekomendasi tanaman pangan yang sesuai dengan kondisi tanah. Menggunakan parameter warna tanah yang didapatkan dengan menggunakan sensor warna TCS3200, dan parameter tingkat keasaman tanah dengan pH *Soil Sensor*. Sensor warna dan pH *Soil* terintegrasi dengan mikrokontroler NodeMCU ESP32 sehingga data yang diterima dapat dikirim ke server melalui jaringan internet lalu diolah dengan metode *fuzzy logic* untuk menentukan level nutrisi tanah dan memberikan Rekomendasi tanaman yang cocok dengan kondisi tanah tersebut.

Oleh karena itu perlu dibuat sebuah ‘Rancang Bangun Sistem Deteksi Level Nutrisi Tanah Berdasarkan Warna Tanah Untuk Menentukan Rekomendasi Tanaman Pangan’. Dengan pembuatan alat ini diharapkan dapat memudahkan para pengelola lahan dalam mengetahui level nutrisi tanah dan menganalisis kualitas nutrisi tanah sehingga dalam pengambilan keputusan terkait pengelolaan tanah bisa disesuaikan seperti penambahan pupuk untuk meningkatkan produktifitas tanah dan tanaman. Selain itu data perekaman dari alat ini diharapkan dapat menjadi rekomendasi dalam penentuan tanaman

pangan yang sesuai dengan kondisi tanah sehingga berpotensi meningkatkan kualitas pemanfaatan lahan di Indonesia.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Merancang dan membuat purwarupa sistem yang berupa perangkat *portable* menggunakan sensor warna dan *elektrode* pH tanah yang terintegrasi dengan internet dan data disimpan di *Cloud* serta dapat diakses melalui *Android Apps* sehingga dapat dimanfaatkan dalam proses analisis nutrisi tanah dan dapat digunakan sebagai acuan pengelolaan tanah pada suatu lahan dengan rekomendasi tanaman pangan yang cocok ditanam pada lahan tersebut.

## 1.3 Perumusan Masalah

Berdasarkan beberapa pokok permasalahan yang telah dipaparkan pada latar belakang masalah, maka pada pembuatan alat ini didasarkan pada asumsi yang diambil sehubungan dengan perumusan masalah yang ditangani sistem, yaitu:

- a) Bagaimana cara membuat perangkat *portable* yang dapat mendekripsi nutrisi tanah yang terintegrasi dengan *internet* kemudian mampu memberikan rekomendasi tanaman pangan yang sesuai menggunakan algoritma *fuzzy*?
- b) Bagaimana cara membuat sistem yang terintegrasi antara mikrokontroller dan sensor untuk dapat mengirim data ke *Cloud Station* dan dapat diakses di aplikasi?

## 1.4 Batasan Masalah

- a) Alat hanya dapat digunakan pada kondisi yang cerah tetapi tidak ada terik cahaya matahari.
- b) *Output* rekomendasi tanaman berdasarkan nilai pH dan level kandungan nutrisi Nitrogen (N), Fosfor (P) dan Kalium (K) hanya terdiri dari 22 jenis tanaman pangan.
- c) Alat ini beroperasi menggunakan jaringan internet dan hanya dapat digunakan untuk sampel tanah pertanian yang kering.

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Beberapa manfaat yang dapat di peroleh dari pelaksanaan kegiatan ini adalah:

a) Bagi Masyarakat

- Teknologi ini dapat menjadi dasar pengenalan yang diterapkan untuk mengoptimalkan tanaman pangan pada suatu lahan dengan pengelolaan yang sesuai berdasarkan tingkat nutrisi tanah sehingga meningkatkan kualitas tanah dan tanaman dengan sebuah alat yang sederhana.
- Sebagai media yang dapat membantu pengamat maupun pengelola lahan untuk mengetahui nutrisi tanah yang terkandung dengan cara yang efisien.

b) Bagi Pengguna

Teknologi ini berdampak positif bagi pengamat maupun pengelola lahan tanaman pangan karena pengguna dapat mengetahui secara langsung dan *realtime* tingkat nutrisi tanah yang terkandung beserta rekomendasi tanaman pangan sehingga membantu pengguna dalam menentukan pengelolaan penanaman yang tepat.

c) Bagi Mahasiswa

- Dapat meningkatkan kreatifitas dan keterampilan mahasiswa dalam menangani suatu permasalahan yang ada di masyarakat.
- Mengimplementasikan mata kuliah yang telah dipelajari kepada masyarakat sehingga ilmu tersebut dapat memberikan kebermanfaatan.

## **1.6 Metodologi Penelitian**

Penelitian ini dikerjakan melalui beberapa tahap. Adapun metodologi yang akan digunakan dalam penggerjaan proyek akhir ini adalah sebagai berikut:

### **1.6.1 Perencanaan Sistem**

Perencanaan sistem meliputi proses perencanaan mulai dari perancangan desain sistem, penentuan level nutrisi dan rekomendasi tanaman, penerapan algoritma fuzzy pada server, pembuatan sistem, pengujian bagian sistem, dan integrasi sistem.

### **1.6.2 Penentuan Level Nutrisi**

Penentuan level nutrisi yang digunakan pada penelitian ini ditentukan dengan menggunakan *Color recognition sensor* dan mengacu pada nilai metode penentuan tingkat unsur hara pada Perangkat Uji Tanah Kering (PUTK) dan Perangkat Uji Tanah Sawah (PUTS) yang digunakan pada Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian.

### **1.6.3 Penentuan Rekomendasi Tanaman Pangan**

Standart pemilihan tanaman ini yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada nilai pH, dan level nutrisi pada *preferences list* dari klasifikasi data Balai Besar Peneltian dan Pengambangan Sumberdaya Lahan Pertanian, National Fertilizer Study II Departement of Agriculture – Department of Industry and Association of Fertilizer Producers of Indonesia, pH *preferences list* Hawai Cooperative Extension Tropical Agriculture. Data parameter profil tanah hasil pembacaan sensor akan diolah dengan metode *fuzzy logic* untuk mendapatkan rekomendasi tanaman yang cocok pada lahan yang diuji.

### **1.6.4 Perancangan Desain Sistem**

Pada perancangan desain sistem akan dibuat konsep kerja sistem yang akan diterapkan yakni mulai dari perancangan *hardware*, *software*, *server*, aplikasi android, proses pengiriman data hasil rekam sensor sehingga tercipta sebuah sistem pendektsian level nutrisi dan menghasilkan rekomendasi tanaman pada lahan pertanian.

### **1.6.5 Pengujian Bagian Sistem**

Pada bagian ini akan dilakukan pengujian masing-masing bagian dari sistem yaitu perancangan sistem sensor, *voltage regulator*, *server*, aplikasi android, proses pengiriman data hasil rekam sensor sehingga dapat diketahui performa masing-masing bagian sistem sebelum dilakukan integrasi.

### **1.6.6 Integrasi Sistem**

Integrasi sistem dilakukan untuk mengetahui performa sistem secara keseluruhan dengan menggabungkan seluruh komponen hasil perancangan sistem. Dimulai dari pengabungan

sistem secara keseluruhan, proses perekaman data masing-masing sensor, akuisisi data, pengiriman data dari sistem ke server, dan penampilan data level pada aplikasi android serta akan dilakukan pengujian pada lahan pertanian untuk mengetahui keakuratan pembacaan sensor serta performansi pengambilan keputusan tanaman yang cocok untuk lahan tersebut.

#### **1.6.7 Analisa dan Kesimpulan**

Setelah dilakukan integrasi sistem dan pengujian sistem, maka akan dilakukan analisa yang meliputi keakuratan hasil rekam sensor, performansi penentuan level dan pengambilan keputusan rekomendasi tanaman menggunakan algoritma fuzzy logic. Dari analisis pada parameter-parameter tersebut nantinya akan dilakukan penyimpulan akhir untuk menentukan performa sistem.

### **1.7 Sistematika Penulisan**

Sistematika pembahasan dari proyek akhir ini direncanakan sebagai berikut:

#### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisi tentang pendahuluan yang terdiri dari latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat, metodologi penelitian, serta sistematika pembahasan dari proyek akhir ini.

#### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini membahas mengenai teori-teori yang berkaitan dengan penyelesaian proyek akhir, yang didapatkan dari berbagai macam buku serta sumber-sumber terkait lainnya yang berhubungan dengan pembuatan proyek akhir ini.

#### **BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM**

Bab ini membahas mengenai perencanaan dan proses perencanaan sistem dari perencanaan bagian sistem, hingga proses integrasi antar bagian sistem untuk menjadi satu sistem yang terintegrasi.

## **BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA**

Berisi bahasan tentang implementasi secara keseluruhan, pengujian setiap elemen-elemen pembangun, pengujian elemen terintegrasi dan analisis dari pengujian dan metode yang digunakan.

## **BAB V PENUTUP**

Berisi kesimpulan dan saran-saran bagi pengembangan proyek akhir ini.

*---Halaman ini sengaja dikosongkan---*

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Pada tinjauan pustaka ini akan dibahas tentang teori-teori yang menunjang dalam menyelesaikan proyek akhir ini. Beberapa teori menunjang pada proyek akhir ini adalah sebagai berikut:

#### **2.1 State of The Art**

Penelitian sebelumnya berfungsi untuk analisis dan memperkaya pembahasan penelitian, serta membedakannya dengan penelitian yang sedang dilakukan. Dalam penelitian ini disertakan 3 jurnal internasional penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan konsep pendektsian level nutrisi tanah, penentuan rekomendasi tanaman dan *Internet of Things*. Jurnal tersebut antara lain :

1. Paper IEEE 2020 yang berjudul *Soil Health Monitoring System*. Paper ini menjelaskan tentang alat yang dapat mengukur *soil macronutrient (Nitrogen, Phosphorus dan Potassium)*, kelembaban, pH dan kepadatan tanah. Pendektsian *macronutrient* menggunakan LED sebagai sumber cahaya dan LDR sebagai pendektsi. Hasil dari setiap perekaman data ditampilkan pada *webpage* berupa *web monitoring*.
2. Paper IEEE 2020 yang berjudul *Prediction of Nutrients (N, P, K) in soil using Color Sensor (TCS3200)*. Paper ini menjelaskan tentang penggunaan color sensor untuk mendetejsi NPK level pada tanah. Hasil dari *output* frekuensi sensor warna dibaca oleh NodeMCU dan ditampilkan pada LCD. Penelitian ini menghasilkan status level nutrisi NPK pada sampel tanah.
3. Paper IEEE 2019 berjudul *Design and Development Soil pH Mapping Portable System for Crop Selection using Fuzzy Algorithms on Agricultural Land*. Paper ini menjelaskan tentang alat *mapping* pH tanah yang terdiri dari *hardware* berupa mikroprosesor, *soil sensor* (GPS, pH tanah, kelembaban) dan dc motor untuk melakukan pengeboran pada tanah. Hasil dari

*mapping* profil tanah pada suatu lahan tersebut menghasilkan keputusan tanaman yang sesuai dengan metode *fuzzy logic*.

**Tabel 2.1** Perbandingan dengan penelitian sebelumnya (*State of the Art*)

No.	Judul Jurnal dan Penelitian	Tahun, Tempat	Perbandingan yang dijadikan alasan tinjauan penelitian
1	<i>Soil Health Monitoring System</i> Peneliti: <ul style="list-style-type: none"><li>• Varnit Goswami</li><li>• Priyanshu Singh</li><li>• Pooja Dwivedi</li><li>• Sanket Chauhan</li></ul>	2020, Malaysia	Objek penelitian berupa pH sensor, kelembaban dan <i>optical tranduser</i> untuk mendeteksi kesehatan tanah. Hasil penelitian ini berupa tampilan data pengukuran setiap <i>soil sensor</i> dan level nutrisi pada monitoring <i>web</i> kondisi tanah.
2	<i>Prediction of Nutrients (N, P, K) in soil using Color Sensor (TCS3200)</i> Peneliti: <ul style="list-style-type: none"><li>• Akriti Jain</li><li>• Abizer Saify</li><li>• Vandana Kate</li></ul>	2020, Indore	Objek penelitian berupa level nutrisi tanah yang dideteksi dengan sensor warna TCS3200 dan hasil penelitiannya berupa level (High, medium dan low) kandungan NPK.
3	<i>Design and Development Soil pH Mapping Portable System for Crop Selection using Fuzzy Algorithms on Agricultural Land</i> Peneliti: <ul style="list-style-type: none"><li>• Yelsa Ferdias Dwi Prastika</li><li>• Wahyu Arifin</li><li>• Novanna Rahma Zani</li><li>• Ali Husein Alasiry</li></ul>	2019, Indonesia	Objek penelitian berupa pH tanah, sensor kelembaban, dan GPS sebagai variabel untuk penentuan jenis tanaman di lahan pertanian di Indonesia. Hasil penelitiannya berupa metode <i>Fuzzy</i> untuk penentuan jenis tanaman dengan <i>input</i> ketiga variabel tersebut.

Dari tinjauan beberapa penelitian diatas, pada sistem ini memiliki nilai tambah yaitu berupa adanya variabel baru yaitu level nutrisi tanah untuk menentukan jenis tanaman yang sesuai. Hasil dari pengamatan level nutrisi tanah ini akan diintegrasikan oleh Internet sehingga dapat dengan mudah diakses di *Android Apps*. Selain itu alat ini didesain portabel sehingga dapat dibawa kemana-mana dan siap pakai sehingga memberikan kemudahan bagi para pengguna. Dalam penelitian ini mengambil referensi dari penelitian diatas untuk digabungkan dan diterapkan untuk bisa dimanfaatkan di Indonesia. Karena di Indonesia sendiri teknologi pertanian yang ada masih menggunakan teknologi pertanian yang konvensional sehingga tidak efisien.

## 2.2 Tinjauan Teknis

Tinjauan teknis ini bertujuan untuk menganalisa dan memperkaya pembahasan mengenai komponen yang akan digunakan untuk membuat sistem pada proyek akhir ini. Komponen utama dalam pembuatan sistem pendekripsi level nutrisi dan penentu rekomendasi tanaman pangan pada lahan pertanian ini antara lain:

### 1. Mikrokontroler ESP32 DevKit V1



**Gambar 2.1.** Mikrokontroler ESP32 V1

ESP32 merupakan *board* mikrokontroler dengan 2.4GHz WiFi dan Bluetooth yang dirancang dengan teknologi TSMC *ultra-low-power* 40nm. ESP32 memiliki karakteristik berupa *low-power chips* yang sangat cocok untuk diaplikasikan ke perangkat elektronik dengan

*Internet-of-Things*. Dalam skenario pengaplikasian ESP32 dengan sensor-sensor yang harus dalam kondisi aktif secara berkala, siklus kerjanya rendah sehingga meminimalkan jumlah energi yang dikeluarkan chip. Mikrokontroler ESP32 adalah solusi untuk aplikasi IoT dengan WiFi dan Bluetooth yang terintegrasi dengan sekitar 20 eksternal komponen. Dimensinya juga mendukung perancangan PCB dengan area yang minim. Bentuk dari ESP32 ditunjukkan pada **Gambar 2.1**.

Dalam Proyek Akhir ini ESP32 digunakan untuk akuisisi data sensor dan mengirim data ke server menggunakan jaringan internet. Berikut adalah spesifikasi mengenai ESP32 DevKit V1:

**Tabel 2.2** Spesifikasi NodeMCU ESP32 Devkit V1

Spesifikasi	ESP32
Dimensi board	51mm x 28mm x 10mm
Tegangan Input	5 VDC
Tegangan operasi	3.3 V
Arus operasi	80mA
Mikroprosesor	Xtensa Dual-Core 32-bit LX6 with 600 DMIPS
Wifi	802.11 b/g/n tipe HT40
Bluetooth	V4.2 – Support BLE dan Classic Bluetooth
Memori	448 KB ROM, 520 KB SRAM, 16 KB SRAM in RTC
<i>Typical Frequency</i>	160 MHz
Resolusi ADC	12 bit
Suhu operasional kerja	-40°C to 125°C
Pin Digital I/O	34
Pin Analog Input	12-bit, 18 Channel
Pin DAC	8-bit, 2 Channel
USB port	Micro USB
Komunikasi	SPI(4), I2C(2), I2S(2), CAN, UART(2)

## 2. Sensor Warna TCS3200

TCS32 merupakan sensor warna berupa konverter yang diprogram untuk mengubah warna menjadi frekuensi yang tersusun atas konfigurasi silicon *photodiode* dan konverter arus ke frekuensi dalam IC CMOS *monolithic* tunggal. Keluaran dari sensor ini adalah gelombang *square* (*duty cycle 50%*) frekuensi yang berbanding lurus dengan intensitas cahaya (*irradiance*). Di dalam TCS3200, konverter cahaya ke frekuensi membaca sebuah array 8 x 8 dari photodioda. Photodioda tersebut terdiri dari 16 photodioda dengan filter biru, 16 photodioda dengan filter warna merah, 16 photodioda dengan filter warna hijau dan 16 photodioda tanpa filter.

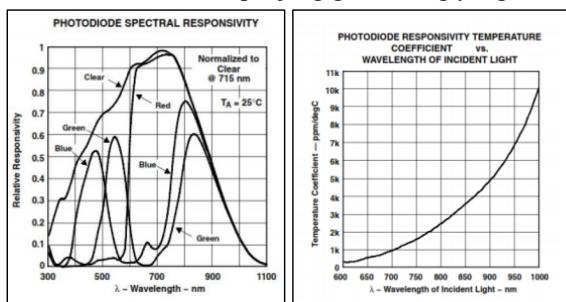


**Gambar 2.2.** Bentuk fisik sensor warna TCS3200

### Karakteristik TCS3200

IC pada TCS3200 dapat dioperasikan dengan suplai tegangan berkisar 2,7 volt – 5,5 volt. Sensor warna TCS3200 terdiri dari 4 kelompok photodioda, masing – masing kelompok memiliki sensitivitas yang berbeda satu dengan yang lainnya pada respon photodioda terhadap panjang gelombang cahaya yang dibaca. Photodioda yang mendekksi warna merah dan *clear* memiliki sensitivitas yang tinggi Ketika mendekksi intensitas cahaya dengan Panjang gelombang 715nm, sedangkan pada panjang gelombang 1100nm photodiode tersebut memiliki nilai sensitivitas yang paling rendah, hal ini menunjukkan bahwa sensor TCS3200 tidak bersifat linearitas dan memiliki sensitivitas yang berubah terhadap Panjang

gelombang yang diukur. **Gambar 2.3** menunjukkan karakteristik photodioda terhadap panjang gelombang cahaya. Semakin besar temperatur koefisien yang diperoleh dari photodioda, maka semakin jauh panjang gelombang yang dihasilkan sensor, dimana besar atau kecil temperatur koefisien tersebut dipengaruhi oleh keadaan panjang gelombang atau pencahayaan, hal ini menunjukkan bahwa sensor TCS3200 memiliki karakteristik panjang gelombang yang linear.



(a) **Gambar 2.3.** Karakteristik TCS3200

- (a)** Karakteristik sensitivitas dan linearitas photodiode terhadap panjang gelombang cahaya; **(b)** Karakteristik perbandingan antara temperatur koefisien terhadap panjang gelombang

Pada proyek akhir ini, TCS3200 sebagai sensor warna digunakan untuk mendapatkan data panjang gelombang berupa nilai output frekuensi pada setiap photodiode merah, biru dan hijau yang menunjukkan absorbansi pada sampel tanah. Dengan menerapkan teknik analisis Spektroskopi, yaitu metode optik untuk mendeteksi kandungan unsur hara dalam tanah tanpa memerlukan bahan kimia, kandungan unsur hara dapat dideteksi berdasarkan absorbansi atau reflektansi bahan, teknik spektroskopi dapat membedakan unsur-unsurnya sesuai panjang gelombang spesifiknya. (Khairunnisa, Suhaila, Hafizah, & Nurfatihah, 2016)

Sistem transmisi cahaya dengan empat LED pada sensor yang menggunakan tiga panjang gelombang yang berbeda yaitu merah, hijau dan biru memiliki keterkaitan dengan nitrogen, kalium, dan fosfor.

Perbedaan panjang gelombang yang diserap pada sampel tanah menentukan jumlah nutrisi yang terkandung (Jain, Saify, & Kate, 2020). Photodioda pada sensor menerima cahaya yang dipantulkan dari tanah sedangkan tanah menerima cahaya dari LED sebagai sumber cahaya. Tabel 2.2 menunjukkan perbedaan panjang gelombang ketiga *macronutrient* yaitu nitrogen, fosfor dan kalium serta keterkaitannya dengan panjang gelombang LED pada sensor.

**Tabel 2.3 Range** panjang gelombang NPK dan LED

Nutrisi	Absorpsi Panjang Gelombang	Warna LED	Standar Panjang Gelombang
Nitrogen(N)	445-485	Biru	450-495
Phosphorus(P)	505-565	Hijau	495-570
Kalium(K)	625-685	Merah	635-700

### 3. Elektrode pH Tanah

Elektrode pH yang digunakan pada sistem ini memiliki bentuk tipe ‘*Spear tip*’ atau ujung tombak yang dapat langsung menusuk ke bahan semipadat dan mengukur nilai pH. *Probe* pH dilindungi dengan pelindung baja tahan karat yang berbentuk tombak dengan ujung yang tajam. Sehingga bisa langsung ditusuk ke bahan semipadat yang lunak seperti tanah basah. Rentang pengukuran 0 – 10 pH dengan akurasi  $\pm 0.1\text{pH}$  di rentan suhu 5 – 60°C.



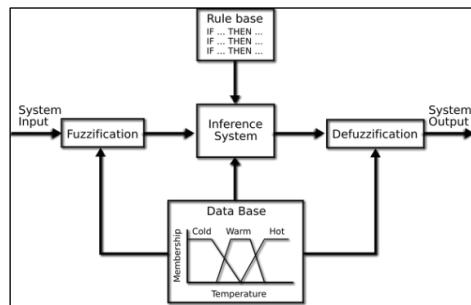
**Gambar 2.4.** Elektrode pH Tanah

### 4. Logika Fuzzy

Logika fuzzy adalah suatu cabang ilmu *Artificial Intelligence*, yaitu suatu pengetahuan yang membuat komputer dapat meniru kecerdasan manusia sehingga diharapkan komputer dapat melakukan

hal-hal yang apabila dikerjakan manusia memerlukan kecerdasan. Logika Fuzzy mampu memodelkan fungsi-fungsi nonlinier, mampu mengatasi masalah yang sangat kompleks didasarkan pada bahasa formal/alami dan memiliki toleransi terhadap data yang tidak tepat juga tidak memerlukan proses *learning* (Santoso, Azis, & Zohrahayaty, 2019). Logika Fuzzy umumnya diterapkan pada:

- Masalah yang mengandung unsur ketidakpastian (*uncertainty*), ketidaktepatan (*imprecise*), *noisy*, dan sebagainya.
- Masalah untuk menjembatani bahasa mesin yang presisi dengan bahasa manusia yang menekankan pada makna atau arti (*significance*).
- Pengembangan berdasarkan cara berpikir manusia.



**Gambar 2.5.** Arsitektur Logika Fuzzy

Ada tiga proses utama jika ingin mengimplementasikan logika fuzzy pada suatu perangkat, yaitu fuzzifikasi, evaluasi rule, dan defuzzifikasi.

- Fuzzifikasi, merupakan suatu proses untuk mengubah suatu masukan dari bentuk tegas (crisp) menjadi fuzzy yang biasanya disajikan dalam bentuk himpunan-himpunan fuzzy dengan suatu fungsi kenggotaannya masing-masing.
- Evaluasi Rule, merupakan sebagai acuan untuk menjelaskan hubungan antara variable-variabel masukan dan keluaran yang mana variabel yang diproses dan yang dihasilkan berbentuk

fuzzy. Untuk menjelaskan hubungan antara masukan dan keluaran biasanya menggunakan “IF-THEN”.

- c) Defuzzifikasi, merupakan proses pengubahan variabel berbentuk fuzzy tersebut menjadi data-data pasti (*crisp*) yang dapat dikirimkan ke peralatan pengendalian.

### Logika Fuzzy Mamdani

Metode mamdani sering dikenal dengan nama metode *min – max*. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Untuk mendapatkan output, terdapat 4 tahap yaitu:

- 1) Pembentukan himpunan fuzzy, baik variabel *input* maupun variabel *output* dibagi menjadi satu atau lebih himpunan fuzzy.
- 2) Aplikasi fungsi implikasi, fungsi implikasi yang digunakan adalah min.
- 3) Komposisi aturan, metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem fuzzy, yaitu metode min (Minimum). Secara umum dapat dituliskan:

$$\mu_{sf}[X_i] = \min(\mu_{sf}[X_i], \mu_{kf}[X_i]) \dots \quad (1)$$

Dengan:

$\mu_{sf}[X_i]$  = nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke-i  
 $\mu_{kf}[X_i]$  = nilai keanggotaan konsekuensi fuzzy aturan ke-i

- 4) Penegasan (*defuzzifikasi*), pada komposisi aturan mamdami dengan menggunakan metode *centroid*. Dimana pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah fuzzy atau metode *centroid*. Secara umum dirumuskan:

$$COA = \frac{\int_a^b x \mu(x) dx}{\int_a^b \mu(x) dx} \dots \quad (2)$$

Dengan:

$x$  = nilai keanggotaan solusi

$\mu(x)$  = nilai keanggotaan konsekuensi maximum

## 5. Arduino IDE

IDE merupakan kependekan dari *Integrated Development Environment*, atau secara mudahnya merupakan sebuah lingkungan terintegrasi yang sedang berjalan. Perangkat ini membantu

pengembang untuk menulis kode dan menawarkan penyelesaian, pembiasan, dan analisis kode. dilakukan untuk melakukan pengembangan. Disebut sebagai lingkungan karena melalui *software* inilah Arduino dilakukan pemrograman untuk melakukan fungsi-fungsi yang dibenamkan melalui sintaks pemrograman. Arduino menggunakan bahasa pemrograman sendiri yang menyerupai bahasa C.

```

//-----Define pin numbers-----/
#define VCCS_PIN 32 //Digital pin 32, the ADC reference analog output pin to analog input
#define VCC 3.3 //For Arduino uno, the ADC reference analog output pin to the AVCC, then is
#define VREF 1.1 //For Arduino uno, the ADC reference analog output pin to the AVCC, then is
#define NUMBER 30 // sum of sample point
#define analogReference(ADC) //return the analog value in the array, reading from the ADC
int analogReference(ADC);
int analogReferenceValue = 0;
int analogReferenceIndex = 0;
int analogReferenceSum = 0;
//-----Define ICS2320-----/
#define B0 24
#define B1 25
#define B2 23
#define B3 22
#define B4 21
#define B5 20
#define B6 19
#define B7 18
#define B8 17
#define B9 16
#define B10 15
#define B11 14
#define B12 13
#define B13 12
#define B14 11
#define B15 10
#define B16 9
#define B17 8
#define B18 7
#define B19 6
#define B20 5
#define B21 4
#define B22 3
#define B23 2
#define B24 1
#define B25 0
//-----Define frequency-----/
int radfrequency = 50;
int greenfrequency = 50;
int bluefrequency = 50;
//-----Define color-----/
int redColor = 0;
int greenColor = 0;
int blueColor = 0;

```

The serial monitor window shows the following data:

```

[11:05:23,788 -> ADC_value: 2702.00 , Voltage]
[11:05:24,095 -> ADC_value: 2659.00 , Voltage]
[11:05:24,392 -> ADC_value: 2659.00 , Voltage]
[11:05:24,711 -> ADC_value: 2659.00 , Voltage]
[11:05:25,009 -> ADC_value: 2659.00 , Voltage]
[11:05:25,301 -> ADC_value: 2659.00 , Voltage]
[11:05:25,414 -> ADC_value: 2654.00 , Voltage]
[11:05:25,722 -> ADC_value: 2659.00 , Voltage]
[11:05:26,203 -> ADC_value: 2659.00 , Voltage]
[11:05:26,510 -> ADC_value: 2701.00 , Voltage]
[11:05:26,817 -> ADC_value: 2659.00 , Voltage]
[11:05:27,127 -> ADC_value: 2654.00 , Voltage]
[11:05:27,434 -> ADC_value: 2659.00 , Voltage]
[11:05:27,496 -> ADC_value: 2651.00 , Voltage]
[11:05:28,005 -> ADC_value: 2492.00 , Voltage]
[11:05:29,314 -> ADC_value: 2659.00 , Voltage]

```

Gambar 2.6. Arduino IDE

Bahasa pemrograman Arduino (*Sketch*) sudah dilakukan perubahan untuk memudahkan pemula dalam melakukan pemrograman dari bahasa aslinya. Sebelum dijual ke pasaran, IC mikrokontroler Arduino telah ditanamkan suatu program bernama *Bootlader* yang berfungsi sebagai penengah antara *compiler* Arduino dengan mikrokontroler. Arduino IDE dibuat dari bahasa pemrograman JAVA. Arduino IDE juga dilengkapi dengan library C/C++ yang biasa disebut *Wiring* yang membuat operasi *input* dan *output* menjadi lebih mudah. Arduino IDE ini dikembangkan dari *software Processing* yang dirombak menjadi Arduino IDE, seperti pada **Gambar 2.6.**, khusus untuk pemrograman dengan Arduino.

Dalam proyek akhir ini, *software arduino IDE* digunakan sebagai *compiler sketch code* yang selanjutnya akan dibenamkan kepada *hardware*.

## 6. Algoritma Akuisisi Data

Sebuah sistem akuisisi data atau biasa dikenal dengan *Data Acquisistion System* (DAS) merupakan sebuah instrumentasi elektronik terdiri dari sejumlah elemen secara bersama-sama bertujuan untuk melakukan pengukuran, menyimpan, dan mengolah hasil pengukuran.

Secara aktual DAS merupakan *interface* antara lingkungan analog dengan lingkungan digital. Lingkungan analog meliputi transduser dan pengkondisian sinyal dengan segala kelengkapannya, sedangkan lingkungan analog meliputi *Analog Digital Converter* (ADC) dan selanjutnya pemrosesan digital yang dilakukan oleh mikroprosesor. Komputer yang digunakan untuk sistem akuisisi data dapat mempengaruhi kecepatan akuisisi data. Tipe-tipe transfer data yang tersedia pada komputer yang bersangkutan mempengaruhi kinerja dari sistem akuisisi data secara keseluruhan. *Direct memory access* (DMA) yang merupakan alat pengendali khusus yang disediakan untuk memungkinkan transfer blok data langsung antar perangkat eksternal dan memori utama tanpa intversi terus menerus dari prosesor, dengan penggunaan DMA ini mampu meningkatkan unjuk kerja melalui penggunaan perangkat keras terdedikasi (khusus) untuk mentransfer data langsung ke memori, sehingga prosesor bisa bebas mengerjakan tugas lain.

Algoritma akuisisi data pada proyek akhir ini digunakan untuk mengurangi jumlah paket *loss* agar data yang diolah oleh sistem hanya data lengkap tanpa loss sehingga data yang dihasilkan lebih akurat.

## 7. *Software Aplikasi Flutter*

Flutter merupakan sebuah *framework* aplikasi *mobile* yang bersifat *open source*. Flutter diciptakan oleh Google yang digunakan untuk pengembangan aplikasi yang bersifat *hybrid* yang artinya nantinya aplikasi yang dibuat bisa berjalan di sistem operasi android dan iOS. Flutter menggunakan bahasa pemrograman dart dengan konsep *Object Oriented Programming* (OOP) dan sudah didukung oleh IDE yang familiar seperti Android Studio dan Visual Code.

Pada proyek akhir ini, flutter merupakan *framework* aplikasi yang digunakan dan diintegrasikan dengan *cloud server*.

## 8. *Google Spreadsheets*

Google *spreadsheets* merupakan program *spreadsheet* yang dibangun oleh Google dan dapat digunakan untuk membuat *sheets* lalu dibagikan dengan pengguna lain serta diedit secara *real time*. Google

menyiapkan rumus atau fungsi bawaan hingga formula khusus ke dalam *sheets*. Sehingga dapat dibuat suatu formula khusus dan dengan memanfaatkan SpreadsheetApp dalam kode *Google Apps Script (GAS)* dapat berinteraksi dengan aplikasi lain.

*Cloud server* yang digunakan pada proyek akhir ini adalah Google Spreadsheets. Selain menyimpan data yang *upload* dari sistem *hardware, spreadsheet* akan ditanamkan formula khusus berupa logika fuzzy untuk mengolah hasil rekomendasi tanaman pangan berdasarkan data yang diterima.

### **BAB III**

## **PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM**

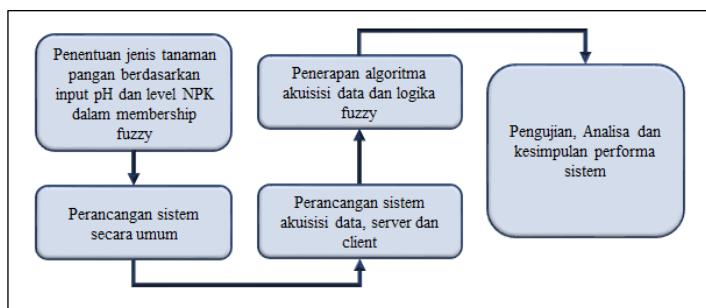
## BAB III

# PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM

Pembahasan materi dalam bab ketiga ini diarahkan pada langkah-langkah perencanaan penelitian yang meliputi perencanaan perangkat keras dan perangkat lunak secara keseluruhan, yang meliputi pokok bahasan utama penelitian.

### 3.1 Perancangan Sistem

Secara keseluruhan gambaran perencanaan sistem dijelaskan pada **Gambar 3.1.**



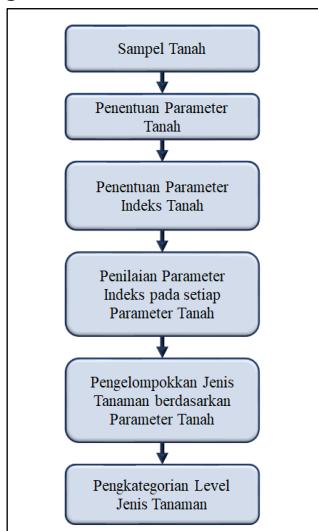
**Gambar 3.1.** Skema Penelitian

Pada penelitian ini akan dibuat sebuah sistem yang mampu merekam data pH tanah dan mendeteksi level nutrisi N, P dan K tanah kemudian data dikirim ke server Google *spreadsheet* melalui jaringan internet dengan *http request protocol* selanjutnya diolah dengan algoritma logika fuzzy untuk menentukan rekomendasi tanaman yang sesuai dengan sampel tanah pada lahan yang diuji. Penelitian dimulai dengan penentuan jenis tanaman yang sesuai untuk tanah yang diuji. Kemudian dilakukan perancangan sistem sesuai dengan parameter yang terbagi menjadi perancangan secara umum dan perancangan pada masing-masing bagian sistem hingga pengiriman data pada ke server Google spreadsheet. Selanjutnya algoritma akuisisi data dan logika fuzzy ditanamkan pada server dan diintegrasikan dengan *user interface* berupa aplikasi android. Setelah sistem terbentuk dan saling terhubung, sistem dilakukan

pengujian untuk mengetahui kinerja sistem. Sehingga dapat disimpulkan kinerja sistem untuk melakukan fungsi perekaman data pH dan pendekstrian level nutrisi NPK (Nitrogen, Phosphorus dan Kalium) pada lahan pertanian.

### 3.2 Penentuan Jenis Tanaman

Penentuan jenis tanaman yang digunakan pada penelitian ini berdasarkan pada data perekaman sensor yaitu pH tanah dan sensor warna untuk menentukan level nutrisi NPK tanah. Suatu jenis tanaman dapat tumbuh dengan baik pada lahan yang memiliki kondisi tanah yang sesuai dengan input tanaman yang akan ditanam. Standart pemilihan tanaman yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada pH dan kadar nutrisi NPK *preference list* dari klasifikasi data Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, pH *preferences list* oleh Hawai *Cooperative Extension Tropical Agriculture* dan *Preferences list Fertilizer rates recommended for crops in Indonesia* oleh *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Penentuan jenis tanaman dapat dilihat pada diagram dibawah ini.



**Gambar 3.2.** Proses Penentuan Rekomendasi Jenis Tanaman

Dari **Gambar 3.2.** dapat dilihat bahwa untuk menentukan jenis tanaman, hal yang harus dilakukan adalah menentukan parameter tanah. Parameter tanah yang digunakan adalah pH tanah dan level NPK tanah hasil dari konversi data frekuensi warna yang diterima oleh sensor warna. Setelah itu menentukan parameter indeks tanah dan melakukan penilaian parameter indeks pada tiap parameter tanah. Berikut ini tabel penilaian parameter indeks pada tiap parameter tanah yang digunakan pada sistem.

**Tabel 3.1** Penilaian Parameter Indeks pada Tiap Parameter Tanah.

Parameter	Parameter Indeks	Nilai Parameter Indeks
pH tanah	Asam 1	5,0 – 6,5 pH
	Asam 2	5,5 – 6,5 pH
	Asam 3	6,0 – 6,5 pH
	Netral 1	6,5 – 7,0 pH
	Netral 2	7,0 – 7,5 pH
	Basa	7,5 – 8,0 pH
NPK Level	N Tinggi	343 – 421 kHz [Blue]
	N Sedang	398 – 424 kHz [Blue]
	N Rendah	430 – 486 kHz [Blue]
	P Tinggi	561 – 627 kHz [Green]
	P Sedang	516 – 551 kHz [Green]
	P Rendah	462 – 543 kHz [Green]
	K Tinggi	353 – 423 kHz [Red]
	K Sedang	398 – 409 kHz [Red]
	K Rendah	430 – 486 kHz [Red]

(Sumber: Penulis)

Pada nilai NPK, penentuan level berdasarkan *output* frekuensi pada photodiode *blue* (biru) untuk leveling N, photodiode *green* (hijau) untuk leveling P dan photodiode *red* (merah) untuk leveling K oleh sensor TCS3200.

Selanjutnya dari hasil penilaian parameter indeks tiap parameter tanah, melakukan pengelompokan jenis tanaman dan mengkategorikannya menjadi 162 level tanah. Berikut pengelompokan level jenis tanaman berdasarkan parameter tanah:

**Tabel 3.2** Pengelompokan level jenis tanaman berdasarkan parameter tanah

Parameter Tanah		Level P								
		low			med			high		
		Level K								
pH Tanah	Level N	low	med	high	low	med	high	low	med	high
Asam1	low	Tanah1	Tanah2	Tanah3	Tanah4	Tanah5	Tanah6	Tanah7	Tanah8	Tanah9
	med	Tanah10	Tanah11	Tanah12	Tanah13	Tanah14	Tanah15	Tanah16	Tanah17	Tanah18
	high	Tanah19	Tanah20	Tanah21	Tanah22	Tanah23	Tanah24	Tanah25	Tanah26	Tanah27
Asam2	low	Tanah28	Tanah29	Tanah30	Tanah31	Tanah32	Tanah33	Tanah34	Tanah35	Tanah36
	med	Tanah37	Tanah38	Tanah39	Tanah40	Tanah41	Tanah42	Tanah43	Tanah44	Tanah45
	high	Tanah46	Tanah47	Tanah48	Tanah49	Tanah50	Tanah51	Tanah52	Tanah53	Tanah54
Asam3	low	Tanah55	Tanah56	Tanah57	Tanah58	Tanah59	Tanah60	Tanah61	Tanah62	Tanah63
	med	Tanah64	Tanah65	Tanah66	Tanah67	Tanah68	Tanah69	Tanah70	Tanah71	Tanah72
	high	Tanah73	Tanah74	Tanah75	Tanah76	Tanah77	Tanah78	Tanah79	Tanah80	Tanah81
Netral1	low	Tanah82	Tanah83	Tanah84	Tanah85	Tanah86	Tanah87	Tanah88	Tanah89	Tanah90
	med	Tanah91	Tanah92	Tanah93	Tanah94	Tanah95	Tanah96	Tanah97	Tanah98	Tanah99
	high	Tanah100	Tanah101	Tanah102	Tanah103	Tanah104	Tanah105	Tanah106	Tanah107	Tanah108
Netral2	low	Tanah109	Tanah110	Tanah111	Tanah112	Tanah113	Tanah114	Tanah115	Tanah116	Tanah117
	med	Tanah118	Tanah119	Tanah120	Tanah121	Tanah122	Tanah123	Tanah124	Tanah125	Tanah126
	high	Tanah127	Tanah128	Tanah129	Tanah130	Tanah131	Tanah132	Tanah133	Tanah134	Tanah135
Basa	low	Tanah136	Tanah137	Tanah138	Tanah139	Tanah140	Tanah141	Tanah142	Tanah143	Tanah144
	med	Tanah145	Tanah146	Tanah147	Tanah148	Tanah149	Tanah150	Tanah151	Tanah152	Tanah153
	high	Tanah154	Tanah155	Tanah156	Tanah157	Tanah158	Tanah159	Tanah160	Tanah161	Tanah162

(Sumber: Penulis)

Tabel diatas menunjukkan data pengelompokan tanaman berdasarkan parameter tingkat pH tanah dan level makronutrisi tanah yaitu nitrogen (N), fosfor (P) dan kalium (K). Pada parameter pH tanah dikelompokkan menjadi 6 kondisi yaitu asam1, asam2, asam3, netral1, netral2 dan basa. Sedangkan pada parameter level NPK terdapat 3 kondisi dimasing-masing nutrisi yaitu *low*, *med* dan *high*. Dari hasil pengelompokan level jenis tanaman diperoleh 162 jenis level tanah. Pengelompokan level tanah tersebut didapatkan dengan mengkombinasikan variasi kondisi pH dan level NPK. Dari masing – masing level jenis tanah yang sudah dikelompokkan, selanjutnya adalah melakukan klasifikasi jenis tanaman dari setiap jenis level tanah. Jenis tanaman inilah yang akan menjadi *output* dari pengambilan keputusan rekomendasi tanaman berdasarkan level tanah. Level tanah ini digunakan sebagai acuan dalam menentukan output tanaman hasil algoritma logika fuzzy yang didesain. Setiap *output* level tanah diberi nilai fix dalam *membership output*. Berikut daftar tanaman berdasarkan jenis tanah yang sudah terklasifikasi.

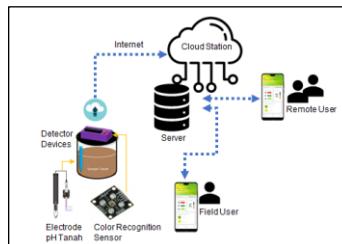
**Tabel 3.3** *Output* jenis tanaman pangan berdasarkan kelompok tanah

Kelompok Tanah	Rekomendasi Tanaman Pangan
Tanah1	-
Tanah2	-
Tanah3	-
Tanah4	-
Tanah5	-
Tanah6	-
Tanah7	-
Tanah8	-
Tanah9	-
Tanah10	-
Tanah11	Teh
...	
Tanah42	Ubi, wortel
Tanah43	Kubis
Tanah44	Kacang Panjang, Tomat
Tanah45	Cabai, Terong, Jambu, Lobak
...	
Tanah162	-

(Sumber: Penulis)

Tabel diatas merupakan hasil klasifikasi jenis tanaman pangan. Diperoleh 162 kelompok jenis tanaman sesuai level tanah yaitu tanah1 – tanah162. Setiap level tanah terdapat jenis tanaman pangan yang digunakan sebagai variabel *output* dari logika fuzzy pengambilan keputusan tanaman pangan sebagai rekomendasi tanaman pangan yang sesuai untuk setiap lahan yang diuji. Data secara lengkap ditunjukkan pada **Lampiran A**. *Output* jenis tanaman berdasarkan kelompok tanah.

### 3.3 Perancangan Desain Sistem

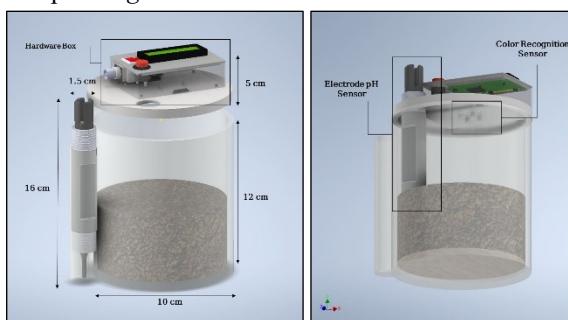


**Gambar 3.3.** Blok Diagram Sistem

Pada **Gambar 3.3.** Blok Diagram Sistem menunjukkan rancangan sistem yang terdiri dari Perancangan mekanik dari *detector device* sebagai perangkat pendeksi berisi *hardware* yang saling terintergrasi, dan *Software* yang terhubung dengan *cloud station* dan perangkat pendeksi yang akan dibuat. Perangkat pendeksi dirancang dapat merekam parameter pH dan level nutrisi tanah dan dikendalikan oleh mikrokontroler berbasis WiFi sebagai prosesor utama kemudian dikirimkan datanya ke *Cloud Station* melalui jaringan internet. *Cloud station* menyediakan sebuah unit penerimaan data dari perangkat pendeksi untuk menerima data perekaman pH dan level nutrisi tanah. *Cloud Station* juga terintegrasi dengan Aplikasi Android sehingga dapat datanya dapat diakses.

### 3.3.1 Perancangan Mekanik Sistem

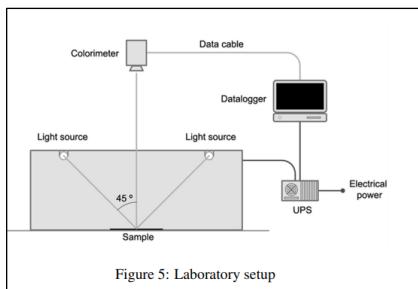
Alat didesain seperti pada **Gambar 3.4.**, *casing* alat berbentuk tabung dari *container* berbahan plastik dengan ukuran yang cukup ringkas sehingga mudah dibawa pengguna dalam melakukan pengamatan langsung di suatu lahan. Desain ini juga dilengkapi dengan penyimpanan elektrode pH sehingga tidak perlu dilepas pasang dari alat dan bisa langsung digunakan. Posisi *hardware* seperti mikrokontroler, *color recognition sensor* dan LCD berada pada *hardware box* yang terpasang di tutup *casing*.



**Gambar 3.4.** Rancangan Alat

Sensor warna atau *color recognition sensor* berada dibawah tutup *casing* alat. Posisi sensor warna diatur dengan konfigurasi pada setup laboratorium yang ditunjukkan pada **Gambar 3.5. Referensi Laboratory**

*Setup.* Pengamatan warna sampel tanah dengan sudut  $45^\circ$  dipilih untuk menghindari pantulan spekular atau silau dan efek optik lain yang tidak diinginkan dan memastikan bahwa warna yang direkam adalah milik sampel tanah, bukan cahaya. Sehingga pada rancangan alat ini, sensor akan diposisikan di tengah tutup *container* dan menggunakan konfigurasi tersebut untuk memaksimalkan hasil pengambilan data warna sampel tanah.



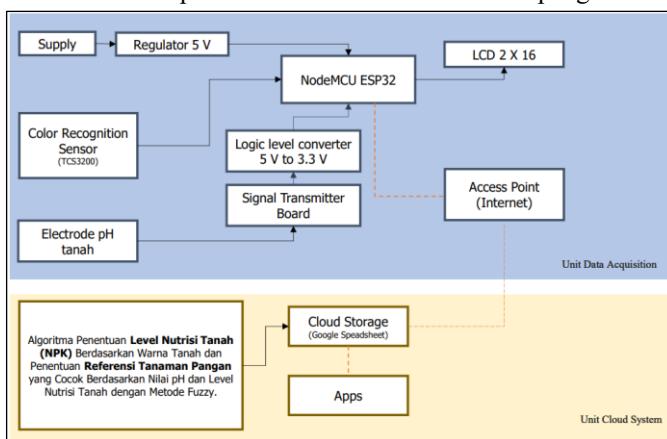
**Gambar 3.5.** Referensi *Laboratory Setup*

Jarak sensor warna terhadap sampel tanah juga dirancang untuk mendapatkan data R, G dan B dengan baik. Berdasarkan hasil evaluasi karakteristik deteksi sensor warna RGB sensor TCS3200 berdasarkan jarak dan dimensi objek, pada objek dengan dimensi  $7,4 \times 10,5 \text{ cm}^2$  sensor TCS3200 dapat mendeteksi warna merah, hijau dan biru pada jangkauan jarak 6 cm sampai 10 cm (Athifa & Rachmat, 2019). Sehingga pada rancangan alat ini, sensor warna akan diposisikan berjarak 6 cm dari sampel tanah, yaitu jarak minimal yang dapat mendeteksi warna merah, hijau mupun biru dengan baik pada dimensi objek pada jurnal yang mendekati dimensi alat. Dengan jarak tersebut berarti ketinggian sampel tanah yang dibutuhkan adalah 6 cm karena tinggi *container* adalah 12 cm.

### 3.3.2 Perancangan *Hardware* Sistem

*Hardware* pada sistem berfungsi sebagai unit akuisisi data untuk merekam pH tanah dan mendeteksi level nutrisi NPK tanah yang dikendalikan oleh mikrokontroler utama berbasis WiFi yaitu NodeMCU ESP32 yang akan mengirimkan hasil perekaman data ke *Cloud station* melalui jaringan internet. Komponen utama dalam perancangan

hardware pada perangkat pendekripsi ini seperti pada **Gambar 3.6**. Blok diagram perancangan *hardware* yaitu *electrode pH tanah* dan sensor warna TCS3200 sebagai perekam tingkat keasaman dan warna tanah, NodeMCU ESP32 sebagai mikrokontroler dan pengirim data sensor ke *cloud station*, regulator 5v sebagai pengatur tegangan input dari baterai sebagai catu daya utama *hardware* pada sistem. LCD dipasang pada sistem untuk menampilkan status alat saat melakukan pengiriman data.



**Gambar 3.6.** Blok Diagram Perancangan *Hardware*

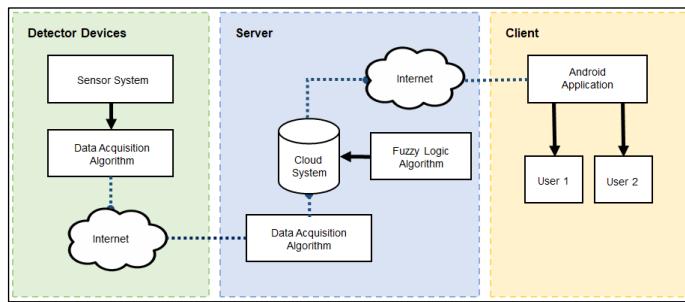
### 3.3.3 Perancangan *Software* Sistem

Perancangan *software* pada sistem ini terdiri dari dua bagian yaitu perancangan sistem server *database* unit penerima data dan pengolahan data yang diterima dari *hardware* sensor di server menggunakan algoritma logika fuzzy untuk menentukan keputusan rekomendasi tanaman. Kemudian dilanjutkan dengan perancangan sistem *software* untuk menampilkan data hasil perekaman pH tanah, pendekripsi level nutrisi NPK dan rekomendasi tanaman.

#### A. Perancangan *Cloud Station*

Data yang direkam oleh sistem *hardware* dikirim ke *Cloud Station* melalui jaringan internet. *Cloud Station* menyediakan unit penerimaan data dari perekaman data pH dan pendekripsi level nutrisi. *Cloud station* akan menyimpan data dari sampel tanah yang kemudian dapat diakses dengan aplikasi Android. Perancangan

*Cloud station* seperti pada **Gambar 3.7.** Sistem Arsitektur *Cloud Station*.

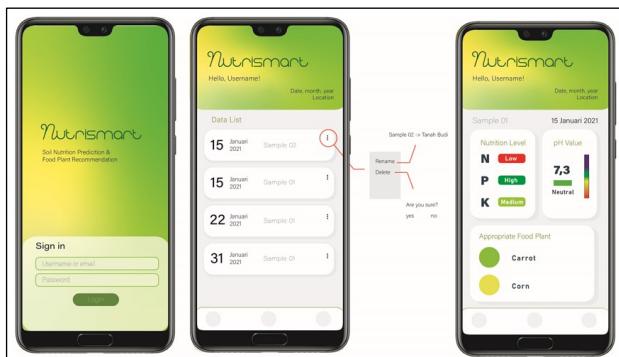


**Gambar 3.7.** Sistem Arsitektur *Cloud System*

Pada *Cloud Station*, terdapat dua bagian yaitu *front-end* dan *back-end*. Di sisi *front-end* yaitu penyimpanan datanya pada sistem ini menggunakan Google Spreadsheet, sedangkan di sisi *back-end* yaitu untuk penanaman algoritma akuisisi data dan logika fuzzy menggunakan Google Apps Script dengan Bahasa pemrograman node.js berbasis javascript.

## B. Peracangan Aplikasi Android

Aplikasi android berfungsi untuk menampilkan data perekaman pH, hasil pendekstrian level nutrisi NPK pada sampel tanah beserta hasil keputusan rekomendasi tanaman. Desain *User Interface* untuk aplikasi android seperti pada **Gambar 3.8.** Desain *User Interface* Aplikasi Android.



**Gambar 3.8.** Desain *User Interface* Aplikasi Android

### 3.3.4 Pemrograman *Controller*

Proses pengaturan pembacaan data sensor (electrode pH tanah dan sensor warna) dan pengiriman data ke *cloud station* oleh NodeMCU ESP32 V1 sebagai *controller* utama dilakukan pada *software* Arduino.

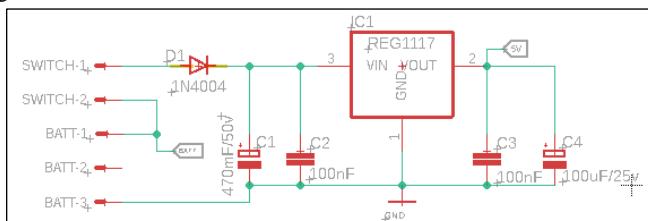
### 3.3.5 Pembuatan Alat

Pembuatan alat merupakan proses perakitan mekanik, *hardware* dan *software* agar ketiganya saling terhubung dan dapat menjalankan fungsinya sesuai dengan bagiannya masing-masing. Adapun proses pembuatan setiap bagian dari sistem ini sebagai berikut:

#### A. Pembuatan *Hardware*

##### 1. Pembuatan Rangkaian Regulator

Rangkaian regulator pada alat ini digunakan untuk mengatur tegangan dari tegangan input 7.4V menjadi tegangan 5V. Tegangan 5V ini selanjutnya digunakan untuk *supply* pada elektrode pH, sensor warna dan mikrokontroler NodeMCU ESP32 V1. Berikut hasil desain skematik rangkaian regulator 5V menggunakan *software* Eagle.



Gambar 3.9. Desain Skematik Rangkaian Regulator 5V

Komponen utama dalam desain regulator ini adalah IC REG1117 sebagai regulator tegangan DC dengan arus maksimum 1A. Pembuatan regulator ini menggunakan komponen SMD dan *detching* pada *pcb double layer*. Dari *board* yang telah jadi selanjutnya dilakukan pengujian pada rangkaian regulator untuk mengetahui output dari regulator, berikut hasil pengujian rangkaian regulator.

Pada pengujian regulator ini menggunakan input 8,4 Volt – 6,5 Volt dan hasil pengujinya menunjukkan bahwa hasil output stabil yaitu 5,0 Volt.

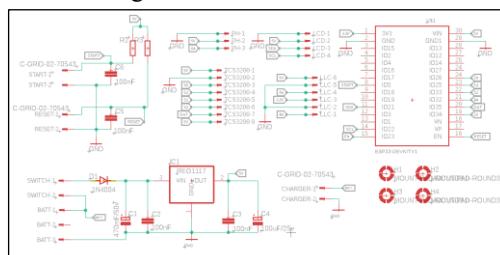
**Tabel 3.4** Hasil Pengujian Regulator

Vin (V)	Vout (V)
8,4	5,0
8,4	5,0
8,0	5,0
8,0	5,0
7,5	5,0
7,5	5,0
7,0	5,0
7,0	5,0
6,5	5,0
6,5	5,0

Dari hasil pengujian rangkaian regulator dapat diketahui bahwa regulator 5V dapat bekerja dan menghasilkan output yang sesuai jika mendapat tegangan input lebih besar dari tegangan *output* yang diharapkan. Jika tegangan *input* diberi tegangan dibawah nilai tegangan output yang diharapkan nilai output regulator akan *drop* atau turun sehingga tegangan *output* yang dihasilkan tidak stabil.

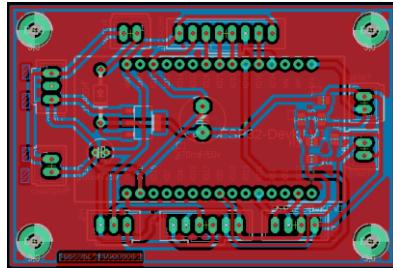
## 2. Pembuatan *Shield Controller* NodeMCU ESP32

*Shield Controller* NodeMCU ESP32 adalah rangkaian yang berfungsi untuk menggabungkan rangkaian regulator, elektrode pH, sensor warna dan mikrokontroler yang diganti dengan pin *header* agar lebih ringkas dan rapi. Berikut hasil desain skematik dan board rangakian *shield controller* NodeMCU ESP32 dengan menggunakan *software* Eagle. Gambar selengkapnya terlampir pada **Lampiran B**. Gambar Schematic Rangkaian Shield.



**Gambar 3.10.** Desain Skematik Rangkaian *Shield Controller*

Fungsi dari *shield hardware* ini adalah untuk mengintegrasikan keseluruhan sistem sehingga sistem mampu merekam data sampel tanah tanpa merangkai menggunakan kabel.



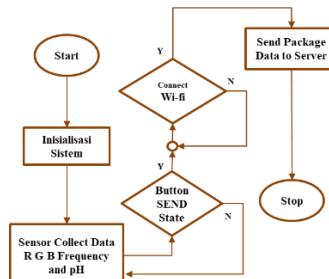
Gambar 3.11. Desain Board Shield Hardware



Gambar 3.12. Hasil Rangkaian Shield Hardware

### 3. Penerapan Algoritma Akuisisi Data di Sisi *Transmitter*

Algoritma akuisisi data pada sisi *transmitter* ditampilkan pada diagram sebagai berikut:



Gambar 3.13. Flowchart Algoritma Akuisisi Data pada Sisi Transmitter

Dari *flowchart* pada **Gambar 3.13.** diketahui bahwa saat sistem dinyalakan, mikrokontroler NodeMCU ESP32 akan melakukan inisialisasi parameter-parameter sensor. Kemudian data parameter yang diperoleh dipaket menjadi sebuah *frame* data yang nantinya akan dikirimkan ke server melalui jaringan internet ketika *button send state* dalam kondisi *low* karena aktif *low*.

## B. Pembuatan Software

### 1. Pembuatan Cloud Station

*Cloud station* merupakan unit penyimpanan data yang diterima dari *transmitter (Hardware)*. Pada *cloud station* sebagai *database* menggunakan salah satu *database* google yaitu google spreadsheet. Salah satu kelebihan google spreadsheet adalah dapat diakses secara *online*. Sehingga ketika akses *database* dibuka, setiap akun bisa memperoleh data-datanya. Setelah data berhasil dikirim dari sisi *transmitter* selanjutnya pengolahan data dan sistem unit akuisisi data dilakukan pada server. Pada proyek akhir ini *database* yang digunakan adalah *Google spreadsheet* dengan server Google.

Row	A	B	C	D	E	F
1		pH value	ADC			
2	04/06/2021	5.5219	1609	409	531	1
3	04/06/2021	5.5219	1609	409	532	1
4	04/06/2021	5.5219	1609	409	532	1
5	04/06/2021	5.5219	1609	407	531	1
6	04/06/2021	5.5219	1609	408	531	1
7	04/06/2021	5.5219	1609	408	532	1
8	04/06/2021	5.5219	1609	418	531	1
9	14/06/2021	7.0492	2093	368	485	1
10	14/06/2021	7.0492	2095	367	484	1
11	14/06/2021	7.0492	2092	367	484	1
12						

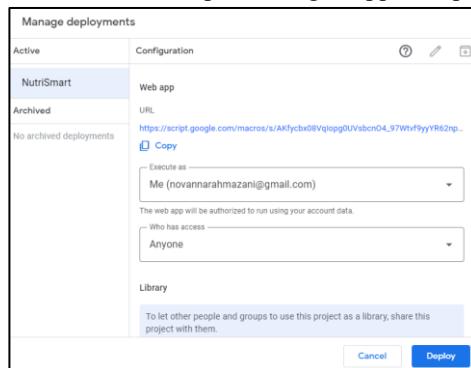
(a)

Row	A	B	C	D	E	F
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						

(b)

**Gambar 3.14.** Tampilan database Google Spreadsheets

**Gambar 3.14.** (a) menunjukkan penggunaan Google Spreadsheet sebagai *database* dan berhasil menyimpan data hasil perekaman dengan format seperti pada gambar diatas. *Database* menyimpan data parameter tanah berupa data pH tanah, *output* R, G dan B dan hasil pengolahan datanya seperti level N, P, K, level keasaman tanah dan rekomendasi tanaman dari pengolahan fuzzy. Pengolahan data yang diterima dari *hardware* sensor diolah oleh Google Apps Script menggunakan algoritma akuisisi data pada server dan algoritma fuzzy untuk pemilihan rekomendasi tanaman. Selanjutnya data ditampilkan pada Google Spreadsheets seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 3.14.** (b). Data-data tersebut nantinya akan diakses oleh *client* melalui android *application*. Agar *database* dapat diakses oleh semua *client* atau *host* maka harus mengatur *privilege database*. Pengaturan *database* ini berada pada Google Apps Script.



**Gambar 3.15.** Pengaturan akses Google Spreadsheet  
Pengaturan akses *database* seperti pada **Gambar 3.15.**, untuk dapat diakses semua orang maka *privilege* dipilih *anyone*.

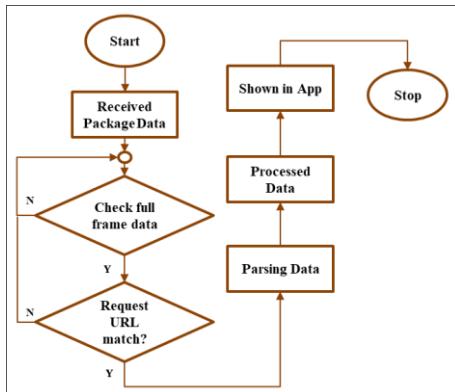
#### a. Akuisisi Data pada Sisi Server

Server terdiri dari Google spreadsheet sebagai *database*-nya. Berikut ini blok diagram blok pada bagian penerima.



**Gambar 3.16.** Blok Diagram Sisi Server

Dari **Gambar 3.16.** diatas terdapat sebuah google spreadsheet yang berfungsi sebagai penerima sekaligus unit penyimpanan (*database*). Proses akuisisi data pada sisi server ditunjukkan pada *flowchart* berikut.



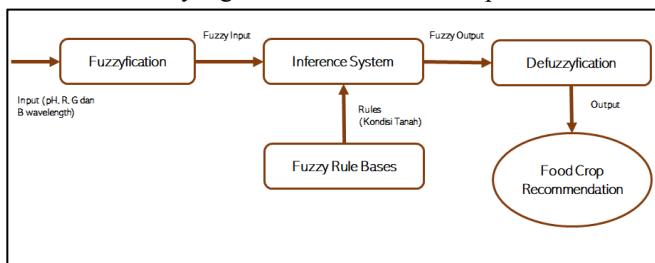
**Gambar 3.17.** Flowchart algoritma akuisisi data

Dari *flowchart* pada **Gambar 3.17.**, paket data yang diterima oleh google spreadsheet disisi *receiver* kemudian diolah dengan google app script. Setelah data diterima maka akan dilakukan pengecekan apakah data yang diterima sesuai dengan paket data yang dikirim. Jika memang benar, maka *frame* data akan dicek lagi sampai karakter url yang diterima sama. Pengecekan ini bertujuan untuk menyeleksi *frame* data yang utuh dan *frame* data yang terjadi *loss*. Jika *frame* data utuh maka data akan diproses namun jika *frame* data tidak utuh akan memberikan nilai data yang kurang akurat. Kemudian jika *frame* data yang diterima utuh, maka selanjutnya *frame* data yang berisi kumpulan data sensor diterima oleh Google apps script dikelompokkan menjadi data masing-masing parameter tanah melalui sebuah proses *parsing* data. Proses *parsing* data merupakan proses pengambilan data masing-masing sensor dari sebuah *frame* data yang diawali oleh *header* (ditandai dengan sebuah karakter khusus yang menunjukkan awal *frame* data) dan diakhiri oleh *terminator* (ditandai dengan sebuah karakter khusus yang menunjukkan akhir *frame* data). Kemudian data-data tersebut akan diolah

dengan algoritma fuzzy untuk dapat menentukan rekomendasi tanaman yang sesuai dengan data perekaman pada suatu sampel tanah. Semua data yang direkan akan ditampilkan pada Google spreadsheet dan diakses melalui aplikasi secara *realtime*.

### b. Penerapan Algoritma Fuzzy pada Sisi Server

Algoritma fuzzy logic dipakai untuk mengolah data sensor yang telah diterima oleh server (Google spreadsheets) agar diketahui tanaman yang sesuai untuk suatu sampel tanah.

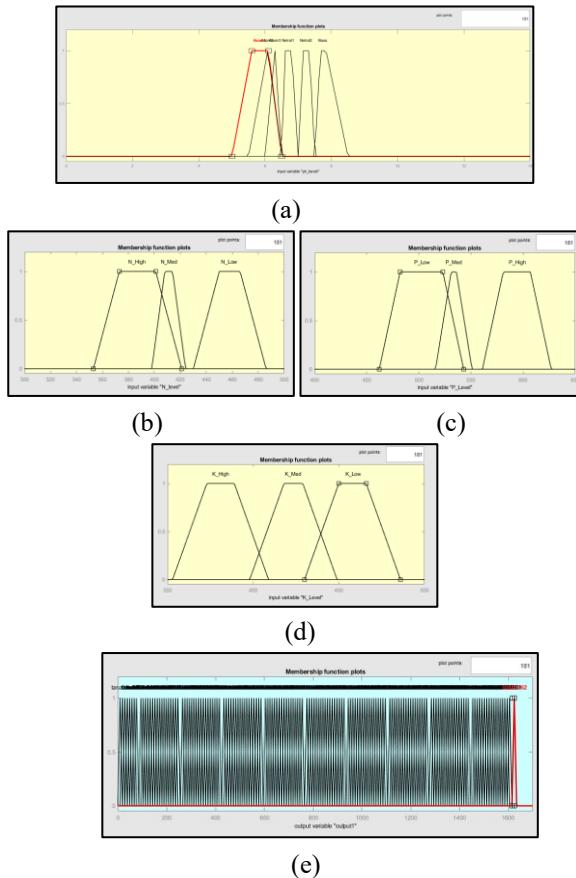


**Gambar 3.18.** Blok diagram Algoritma fuzzy *logic* pada sistem pendektsian

Dari **Gambar 3.18.** blok diagram diatas dapat terlihat bahwa input dari sistem Fuzzy adalah nilai pH tanah, panjang gelombang R, G dan B yang akan diubah menjadi input fuzzy pada proses fuzzification. Berikut gambar proses pembuatan *membership input* dan *output* proses fuzzifikasi. Adapun *membership input* terdiri dari *membership input* pH, level N, level P dan Level K dengan *membership output* berupa level tanah.

Pada **Gambar 3.19.** menunjukkan *membership function* dari perubahan pH tanah, level N berdasarkan panjang gelombang Blue, level P berdasarkan panjang gelombang Green dan level N berdasarkan panjang gelombang Red. Gambar *membership* lebih jelas dilampirkan pada **Lampiran F**. Membership *input* dan *output* Algoritma Fuzzy. Dari gambar tersebut perubahan pH memiliki 6 level [asam1, asam2, asam3, netral1, netral2, basa], level N, P dan K masing-masing memiliki level yang sama [low, med, high]. Nilai *membership* pada proses fuzzifikasi mengacu

pada pH *preferences* dan nutrient available *preferences* berdasarkan buku petunjuk teknis evaluasi lahan untuk komoditas pertanian oleh Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian Bogor dan buku *Fertilizer use by crop in Indonesia* oleh *Food and Agriculture Organization of The United Nations*.



**Gambar 3.19.** Membership Fuzzy

(a) *Membership function* pH tanah. (b) *Membership function* Level N tanah. (c) *Membership function* Level P tanah. (d) *Membership function* Level K tanah. (e) *Output* berupa kelompok tanah.

Setelah mengetahui nilai input termasuk pada *membership*, maka program selanjutnya akan masuk pada fungsi. Misalnya fungsi asam1\_phtanah, Fungsi ini berisi perhitungan *range membership* nilai input terhadap bentuk kurva membership asam1. Karena semua membership memakai kurva berbentuk *trapezium* maka nilai input yang masuk akan dihitung menggunakan rumus *trapezium* dan akan didapatkan nilai range membership antara 0 sampai 1.

Kemudian data dari ketiga *membership* akan diolah sehingga menghasilkan *output* berupa kelompok tanah dengan 162 level [tanah1, tanah2,...,tanah162]. Proses pengolahan nilai *membership* dilakukan pada proses *inference* sistem. Metode *inference* sistem yang digunakan adalah metode mamdami. Pada metode mamdani menggunakan fungsi implikasi MIN untuk menentukan predikat tiap-tiap *rule* dan *rule* pada metode mamdami dalam bentuk IF..THEN. Karena terdapat 4 input dengan 6 *membership function* untuk nilai pH tanah terukur, 3 *membership* untuk panjang gelombang Red, 3 *membership* untuk panjang gelombang Green dan 3 *membership* untuk panjang gelombang Blue maka terdapat 162 rule (6x3x3x3).

**Tabel 3.5** Rule pada kelompok tanah sebagai acuan rekomendasi tanaman.

pH Tanah	Level N	Level P	Level K	Kelompok Tanah
Asam1	rendah	rendah	rendah	Tanah1
Asam1	rendah	rendah	sedang	Tanah2
Asam1	rendah	rendah	tinggi	Tanah3
Asam1	rendah	sedang	rendah	Tanah4
Asam1	rendah	sedang	sedang	Tanah5
Asam1	rendah	sedang	tinggi	Tanah6
....	....	....	....	....
Basa	tinggi	tinggi	tinggi	Tanah162

Pada **Tabel 3.5** menunjukkan *rule* untuk *output* kelompok tanah, Daftar tabel selengkapnya untuk *rule* fuzzy terlampir pada **Lampiran C. Rule Fuzzy** untuk kelompok tanah sebagai acuan

saran pemilihan tanaman.

*Rule* tersebut mengkombinasikan *input-input* dengan fungsi pada *inference* sistem sehingga dapat dihasilkan *output* berupa kelompok tanah. Di dalam kelompok tanah tersebut terdapat jenis tanaman yang cocok untuk masing-masing kelompok tanah. Antara *rule* satu dengan *rule* yang lain dikombinasikan dengan operator “AND”. Berikut tabel jenis tanaman berdasarkan kelompok tanah yang dibuat. Untuk tabel jenis tanaman berdasarkan kelompok tanah selengkapnya terlampir pada **Lampiran A**. Output jenis tanaman berdasarkan kelompok tanah

**Tabel 3.6** *Output* jenis tanaman berdasarkan kelompok tanah

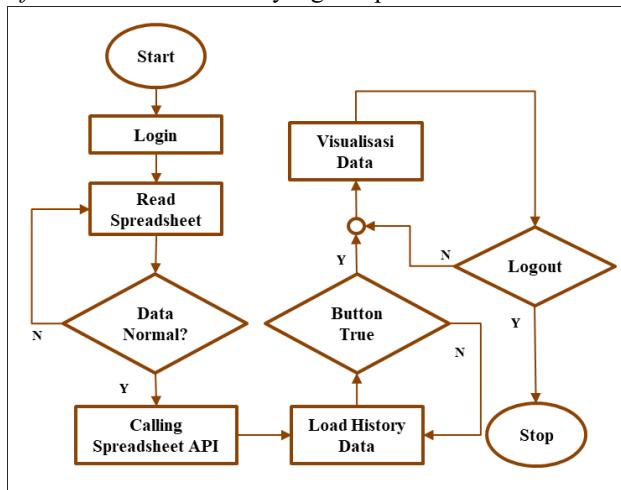
Kelompok Tanah	Rekomendasi Tanaman Pangan
Tanah1	-
...	-
Tanah10	-
Tanah11	Teh
Tanah12	-
Tanah13	-
Tanah14	-
Tanah15	-
Tanah16	-
Tanah17	-
Tanah18	Kelapa, tembakau
...	...
Tanah42	Ubi, wortel
Tanah43	Kubis
Tanah44	Kacang Panjang, Tomat
Tanah45	Cabai, Terong, Jambu, Lobak
Tanah42	Ubi, wortel
...	
Tanah162	-

Proses selanjutnya adalah defuzzifikasi. Pada proses defuzzifikasi menggunakan metode mamdani yang menggunakan metode *Center of Area* untuk menentukan nilai *output* yang sebenarnya. Hasil akhir adalah nilai *center of area* yang dijasakan dasar penentuan tanaman yang cocok untuk lahan yang diukur sesuai dengan indeks nilai masing-masing ke kelompok tanah.

Kemudian data-data yang telah diolah di Google Apps Script selanjutnya ditampilkan pada Google Spreadsheet.

## 2. Pembuatan *Android Application*

*Android application* berfungsi sebagai *client*. Data-data yang telah disimpan dan diolah pada google spreadsheet dapat diakses melalui *android application* sebagai *client*. Pembuatan aplikasi android ini menggunakan Android studio dengan Bahasa pemrograman dart. Pada sisi *client* terdapat algoritma akuisisi data. Berikut *flowchart* akuisisi data yang ada pada sisi *client*.

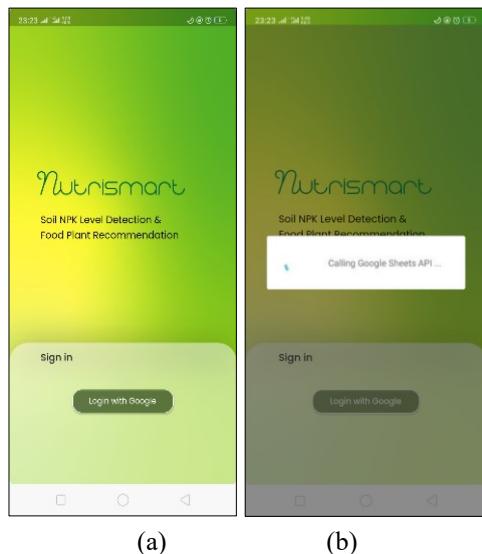


**Gambar 3.20.** *Flowchart* Algoritma Akuisisi Data pada sisi Client (*Android Application*)

**Gambar 3.20.** menunjukkan *flowchart* dari sistem akuisisi data yang ada pada sisi *client*. Dimulai dengan sistem login. Login pada aplikasi android ini menggunakan sistem *hard coded account*, selanjutnya setelah login sukses, sistem melakukan read spreadsheet data apabila data pada google spreadsheet ada yang tidak normal maka data harus dinormalisasi ulang pada server. Sedangkan ketika data yang ada pada google spreadsheet normal atau tidak ada karakter yang tidak diinginkan maka aplikasi akan melakukan calling spreadsheet API, sehingga data hasil perekaman dapat

ditampilkan dalam bentuk *history* data. *History* data ditampilkan sesuai waktu pengambilan data dengan format tanggal-bulan-tahun dan jumlah data. Setelah itu klik pada list *history* data maka akan muncul hasil data pada sampel tanah yang diuji dalam bentuk visualisasi level nutrisi, tingkat pH tanah dan list rekomendasi tanaman.

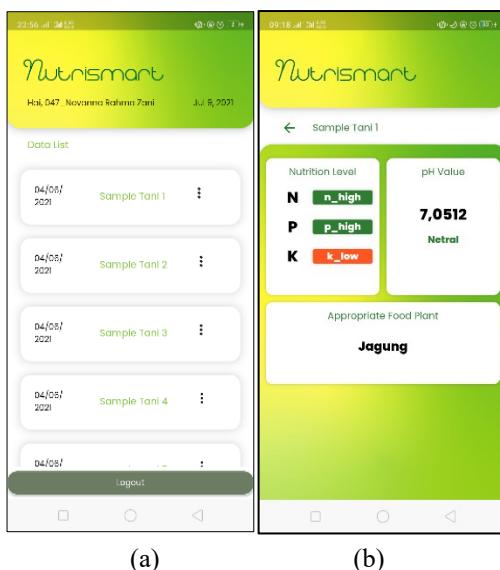
Sehingga *client* yang ingin mengetahui hasil pendekatan sampel tanah pada lahan pertaniannya dapat dengan mudah mengetahuinya dengan mengakses aplikasi android pada *smartphone*-nya. Berikut ini tampilan antarmuka *android application*, yaitu tampilan login *page* dan tampilan *calling google spreadsheet API* untuk memanggil data dari google spreadsheets.



**Gambar 3.21.** (a) Tampilan *Login Page* (b) Tampilan aplikasi saat berhasil *Calling Google Sheets API*

**Gambar 3.21.** (a) menunjukkan tampilan awal aplikasi yaitu *Login Page* yang berfungsi untuk proses masuk ke jaringan server dengan memasukan akun Google yang terdiri dari *email* pengguna dan *password* untuk mendapatkan hak akses. Fungsi *login* ini adalah

sebagai *security* dan privasi *client*. Sehingga hanya *client* yang memiliki hak akses yang dapat mengakses data yang ada pada server. Sistem login ini menggunakan sistem *hard coded account*. Pada **Gambar 3.21. (b)** menunjukkan ketika *login* sukses dan data yang ada pada *Google Spreadsheet* normal, maka sistem android melakukan *calling spreadsheet API* untuk *request* data dari server.



**Gambar 3.22.** (a) Tampilan *History Data*, (b) Tampilan Data Pendektsian

Pada **Gambar 3.22.** (a) menunjukkan tampilan aplikasi android yang menampilkan *history* data atau data sebelumnya yang tersimpan dari hasil pendektsian. *History* data tertulis dalam format tanggal-bulan-tahun pengambilan data oleh *user (client)*. Sedangkan pada **Gambar 3.22. (b)** menunjukkan tampilan hasil pendektsian sampel tanah. Data yang ditampilkan merupakan hasil dari data sampel tanah yang diambil dari lahan kebun Desa Margasari pada beberapa titik. Tampilan pada halaman ini menunjukkan level nutrisi N, P dan K, nilai pH, kondisi pH dan *appropriate food plant* yang terukur dan diakses dari database google spreadsheet.

### C. Pembuatan Mekanik *Frame* Alat



**Gambar 3.23.** Hasil Purwarupa Sistem

Pembatan mekanik purwarupa sistem ini menggunakan *container* dari plastik untuk tempat sampel tanah dan *box* akrilik sebagai tempat penyimpanan *hardware*. Terdapat tempat penyimpanan sensor pH dan baterai disamping, sehingga sensor dan baterai tidak perlu dilepas dan disimpan di tempat lain setelah melakukan pendeksiian.

## **BAB IV**

# **ANALISIS DAN EKSPERIMEN**

## **BAB IV**

### **ANALISA DAN EKSPERIMEN**

Pada bab ini akan dibahas mengenai pengujian sistem program beserta integrasi antara sistem alat dan sistem program yang telah direncanakan, dibuat dan dianalisa. Tujuan dari pengujian dan analisa ini adalah untuk mengetahui keberhasilan dari keseluruhan alat dan program yang telah dirancang. Pengujian dilakukan pada masing-masing bagian terlebih dahulu, kemudian masing-masing bagian tersebut diuji secara integrasi keseluruhan. Setelah proses pengujian dan pengambilan data, langkah selanjutnya adalah menganalisa hasil pengujian tersebut. Acuan yang digunakan dalam proses analisa adalah data yang didapat pada saat proses perencanaan dan juga data-data hasil analisa secara teori. Proses selanjutnya adalah memberikan kesimpulan dari masing-masing analisa yang telah dilakukan sebelumnya. Pengujian yang dilakukan dalam setiap tahap ini antara lain:

- 1) Pengujian dan kalibrasi sensor warna
- 2) Pengujian dan kalibrasi sensor pH tanah
- 3) Pengujian performansi sistem

#### **4.1 Pengujian dan Kalibrasi Sensor Warna**

##### **4.1.1 Tujuan**

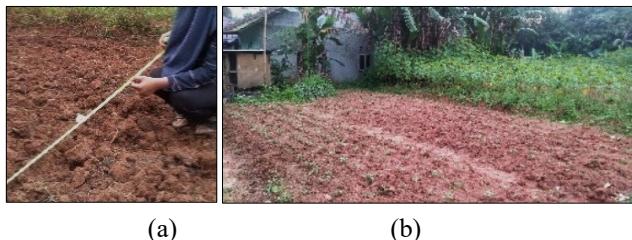
- 1) Untuk mengetahui keakuratan pendektsian level NPK tanah
- 2) Untuk mengetahui error pembacaan sensor pH tanah

##### **4.1.2 Peralatan**

- 1) Mikrokontroler ESP32
- 2) Sensor Warna TCS3200
- 3) Perangkat Kalibrasi Perangkat Uji Tanah, terdiri dari: Larutan ekstraksi penetapan N, P dan K, Tabung reaksi, dan pengaduk kaca.
- 4) Sampel Tanah
- 5) Kabel data
- 6) Laptop
- 7) Meteran

#### 4.1.3 Prosedur Pengujian

- 1) Mempersiapkan sampel tanah
- 2) Adapun SOP pengambilan sampel tanah sebagai berikut:
  - a. Menentukan lokasi dilahan pertanian,
  - b. Menentukan titik sampel tanah dengan syarat minimal 2,5meter dari pematang



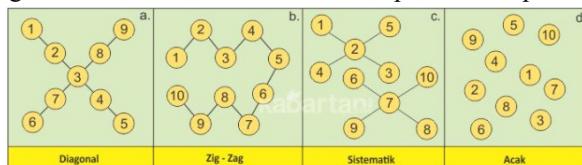
**Gambar 4.1.** (a) Pengukuran 2,5 meter dari pematang untuk masing – masing sudut petak sawah, (b) hasil penandaan petak lahan pertanian yang akan diambil sampel tanahnya

- c. Pengambilan sampel tanah kedalaman 0 – 20 cm tiap titik,



**Gambar 4.2.** Sampel tanah diambil pada kedalaman 20 cm

- d. Pengambilan rata-rata 5 titik untuk satu petak lahan pertanian.



**Gambar 4.3.** Metode Pengambilan Sampel Tanah

Pada **Gambar 4.3.** menunjukkan metode pengambilan sampel tanah yaitu metode diagonal, zig-zag, sistematis dan acak. Untuk yang digunakan saat pengambilan sampel tanah untuk kalibrasi yaitu menggunakan metode diagonal.

Pertama – tama menetapkan satu titik sebagai pusat pada lahan yang diambil sampel tanahnya. Lalu kemudian menentukan titik – titik sekelilingnya, jumlah titik yang dibuat sebanyak 5 buah (1 titik pusat dan 4 titik diagonal). Jarak antara setiap titik kurang lebih 50 meter diukur dari titik pusat.

Kemudian mengambil 5 sampel tanah individu tersebut dengan sekop lalu memasukkannya ke dalam kantong plastik dan memberi label sampel tanah seperti pada **Gambar 4.4.** berikut.



**Gambar 4.4.** Hasil Pengambilan sampel tanah di Area 1

Selanjutnya mendapatkan sampel tanah di area lahan yang berbeda untuk mendapatkan beberapa variasi tanah dengan mengikuti SOP Pengambilan sampel tanah. Saya mengambil area kedua di petak yang berbeda di sekitar lahan pertanian Desa Margasari seperti area yang terlihat pada **Gambar 4.5. (a)** dan area ketiga pada **Gambar 4.5. (b)** di lahan pertanian Desa Kaduagung, Kabupaten Tangerang.



**Gambar 4.5.** (a) Area lahan kedua pengambilan sampel tanah  
(b) Area lahan ketiga pengambilan sampel tanah

Pada area lahan kedua dan ketiga masing – masing diambil sebanyak 5 sampel sesuai dengan metode pengambilan sampel tanah. **Gambar 4.6.** menunjukkan perbedaan sampel tanah pada ketiga area yang akan diamati level nutrisinya.



**Gambar 4.6.** Hasil pengambilan sampel tanah pada 3 area

- 3) Menyiapkan Perangkat pengujian tanah yang terdiri dari larutan pengujian N, P dan K.



**Gambar 4.7.** Perangkat Uji Tanah

- 4) Penetapan status N tanah
  - a. Memasukkan  $\frac{1}{2}$  sendok spatula sampel tanah uji ke dalam tabung reaksi, atau jumlah tanah sebanyak 0.5 ml sesuai yang tertera pada tabung reaksi



**Gambar 4.8.** Proses memasukkan setengah sendok spatula ke tabung reaksi



**Gambar 4.9.** Hasil memasukkan sampel tanah ke tabung reaksi

- b. Menambahkan 2 ml Pereaksi N-1, kemudian diaduk rata sampai homogen dengan pengaduk kaca



(a)



(b)



(c)

**Gambar 4.10.** Tahapan dalam menambahkan pereaksi N-1 ke tabung reaksi pada masing – masing sampel

Proses pengadukan pereaksi dengan tanah dilakukan sampai larutan dan tanah menjadi homogen terlihat pada Gambar 4.10. (b) pereaksi masih berwarna bening setelah dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian pada Gambar 4.10 (c) pereaksi dalam tabung berubah warnanya menjadi lebih keruh setelah diaduk.

- c. Menambahkan 2 ml Pereaksi N-2, dikocok sampai rata,



**Gambar 4.11.** Tahapan dalam menambahkan pereaksi N-2 ke tabung reaksi pada masing – masing sampel

- d. Menambahkan 3 tetes Pereaksi N-3, dikocok sampai rata,



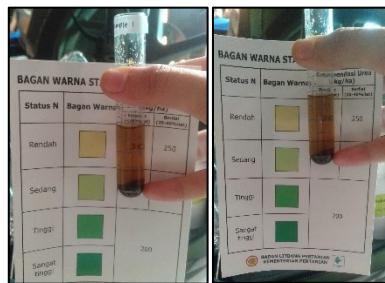
**Gambar 4.12.** Tahapan dalam menambahkan pereaksi N-3 ke tabung reaksi pada masing – masing sampel

- Diamkan selama  $\pm$  10 menit,



**Gambar 4.13.** Terbentuk warna pada larutan jernih berwarna oranye

- Membandingkan warna yang muncul pada larutan jernih di permukaan tanah dengan bagan warna N tanah dan baca status hara N tanah.



**Gambar 4.14.** Perbandingan warna larutan dengan bagan warna status N tanah

- Penetapan status P tanah
  - Memasukkan  $\frac{1}{2}$  sendok spatula sampel tanah uji ke dalam tabung reaksi, atau jumlah tanah sebanyak 0.5 ml sesuai yang tertera pada tabung reaksi,

- b. Menambahkan 3 ml Perekasi P-1, kemudian diaduk sampai merata dengan pengaduk kaca,



**Gambar 4.15.** Proses menambahkan perekasi P-1 ke dalam tabung reaksi pada sampel tanah

- c. Menambahkan 5-10 butir atau seujung spatula Perekasi P-2, lalu dikocok 1 menit,



**Gambar 4.16** Proses menambahkan perekasi P-2 ke dalam tabung reaksi pada sampel tanah

- d. Mendiamkan selama  $\pm$  10 menit,



**Gambar 4.17** Perbandingan warna larutan dengan bagan warna status P tanah

- e. Membandingkan warna biru yang muncul dari larutan jernig di permukaan tanah dengan bagan warna P tanah.



**Gambar 4.18.** Hasil pembentukan warna pada sampel setelah didiamkan selama 10 menit

6) Penetapan status K tanah

- Memasukkan  $\frac{1}{2}$  sendok spatula sampel tanah uji ke dalam tabung reaksi, atau jumlah tanah sebanyak 0.5 ml sesuai yang tertera pada tabung reaksi,
- Menambahkan 2 ml Pereaksi K-1, kemudian diaduk hingga merata dengan pengaduk kaca,



**Gambar 4.19.** Proses menambahkan pereaksi K-1 ke dalam tabung reaksi lalu diaduk dengan pengaduk kaca

- Menambahkan 1 tetes Pereaksi K-2, lalu dikocok selama 1 menit,



**Gambar 4.20.** Proses menambahkan pereaksi K-2 ke dalam tabung reaksi

- d. Menambahkan 1 tetes Pereaksi K-3, lalu dikocok sampai merata



**Gambar 4.21.** Proses menambahkan pereaksi K-3 ke dalam tabung reaksi

- e. Mendiamkan selama  $\pm$  10 menit,



**Gambar 4.22.** Hasil pembentukan warna pada sampel setelah didiamkan selama 10 menit

- f. Membandingkan warna kuning yang muncul pada larutan jernih di permukaan tanah dengan bagan warna K tanah.



**Gambar 4.23.** Perbandingan warna larutan dengan bagan warna status K tanah

- 7) Setelah mendapatkan kalibrator untuk sensor warna selanjutnya menyiapkan unit perekaman data untuk sensor warna tanah antara lain: laptop, programmer arduino IDE, sensor warna TCS3200, mikrokontroler ESP32, sampel tanah yang sudah teruji, dan kabel data.



**Gambar 4.24.** Proses penentuan *range output* TCS3200 pada sampel tanah yang telah terdeteksi level nutrisinya

- 8) Mengupload program untuk test sensor warna dan menghubungkan sensor warna TC3200 ke mikrokontroler ESP32.
- 9) Melakukan perekaman data warna pada salah satu sampel dengan menggunakan serial monitor arduino IDE.
- 10) Menentukan range *output* merah (*Red value*) kemudian dijadikan nilai kalibrator pada status Kalium (K) yang sesuai dengan hasil pendekstrian menggunakan perangkat uji tanah.
- 11) Menentukan range *output* biru (*Blue value*) kemudian dijadikan nilai kalibrator pada status Nitrogen (N) yang sesuai dengan hasil pendekstrian menggunakan perangkat uji tanah.

- 12)Menentukan range *output* hijau (*Green value*) kemudian dijadikan nilai kalibrator pada status Phosphorus (P) yang sesuai dengan hasil pendektsian menggunakan perangkat uji tanah.
- 13)Setelah mendapatkan range output frekuensi untuk menentukan setiap level nutrisi N, P dan K selanjutnya melakukan pendektsian kembali pada setiap sampel yang lain pada satu area yang sama.
- 14)Mengolah data kalibrasi dan pengujian sensor warna dalam bentuk grafik dan tabel.
- 15)Mengulangi Langkah 3 sampai 13 untuk sampel tanah pada area lahan pertanian kedua dan ketiga.

#### **4.1.4 Hasil dan Analisa**

Pengujian dan kalibrasi sensor warna TCS3200 untuk pendektsian level nutrisi tanah ini dilakukan di rumah. Sebelum melakukan pengujian dan kalibrasi dilakukan, terlebih dahulu mengambil sampel tanah pada Area lahan pertanian terdekat di Kab. Tangerang. Proses pengujian sampel tanah untuk kalibrasi sensor warna dalam menentukan level nutrisi menggunakan Perangkat uji tanah. Perangkat uji tanah merupakan perangkat standar yang digunakan oleh Balai Penelitian dan Pengembangan Dinas Pertanian untuk menguji kondisi tanah di lahan pertanian. Proses pertama yang dilakukan adalah mengambil sampel tanah pada sebuah petak tanah. Proses pengambilan sampel tanah ini harus memperhatikan SOP dari pengambilan sampel tanah antara lain menentukan lokasi pengambilan sampel tanah. Setelah didapatkan sampel tanah selanjutnya diakukan pengujian sampel tanah tersebut untuk dijadikan kalibrator.

**Tabel 4.1.** Hasil pengujian status nutrisi berdasarkan perangkat uji tanah.

<b>Area 1</b>	<b>Level N</b>	<b>Level P</b>	<b>Level K</b>
Sampel 1 - 5	Rendah	Tinggi	Rendah
<b>Area 2</b>	<b>Level N</b>	<b>Level P</b>	<b>Level K</b>
Sampel 1 - 5	Tinggi	Rendah	Tinggi
<b>Area 3</b>	<b>Level N</b>	<b>Level P</b>	<b>Level K</b>
Sampel 1 - 5	Sedang	Sedang	Sedang

Dari hasil pengujian 5 sampel tanah pada Area 1 diperoleh sampel tanah dengan level Nutrisi N rendah, Nutrisi P tinggi dan Nutrisi K

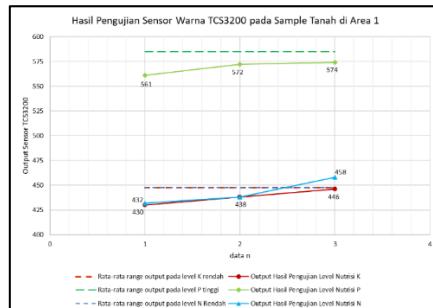
rendah. Untuk memperoleh data level nutrisi yang beragam dilakukan pengujian status nutrisi sampel tanah pada beberapa yaitu area 2 dan area 3 yang menghasilkan hasil pengujian status nutrisi seperti pada **Tabel 4.1**. Hasil pengujian status nutrisi berdasarkan perangkat uji tanah.

**Tabel 4.2.** Hasil pengujian sensor warna TCS3200 dalam mendeteksi level nutrisi N, P dan K

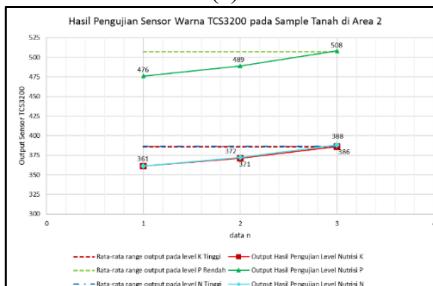
	Level Nutrisi berdasarkan Perangkat Uji Tanah	Range Output TCS3200 pada sampel tanah (kHz)	Rata-rata Range Output (kHz)	Output Hasil Pengujian (kHz)	Error (%)
<b>Sampel 1 – Area 1</b>					
Red value	K Rendah	430 - 486	448.18	430	4.23
				438	2.32
				446	0.49
Green value	P Tinggi	561 - 627	584.85	561	4.25
				572	2.25
				574	1.89
Blue value	N Rendah	430 - 486	448.99	432	3.93
				438	2.51
				458	1.97
<b>Sampel 1 – Area 2</b>					
Red value	K Tinggi	353 - 423	385.92	361	6.90
				371	4.02
				386	0.02
Green value	P Rendah	462 - 543	507.09	476	6.53
				489	3.70
				508	0.18
Blue value	N Tinggi	343 - 421	386.13	361	6.96
				372	3.80
				388	0.48
<b>Sampel 1 – Area 3</b>					
Red value	K Sedang	398 - 449	421.94	402	4.96
				406	3.93
				411	2.66
Green value	P Sedang	516 - 551	530.58	522	1.64
				525	1.06
				527	0.68
Blue value	N Sedang	398 - 424	409.54	403	1.62
				407	0.62
				410	0.11

Lalu salah satu sampel dari masing-masing area dideteksi *range output* R, G dan B selama 3 menit dengan sensor warna TCS3200 sehingga didapatkan *range output* R, G dan B yang mewakili level nutrisi

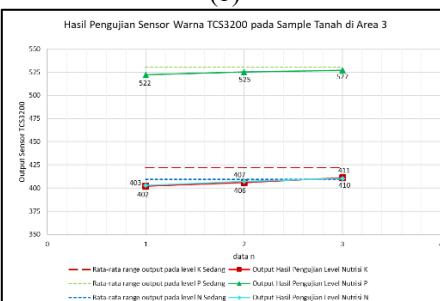
K, P dan N pada sampel tanah tersebut. Lalu dari range output tersebut didapatkan nilai rata-rata untuk dibandingkan dengan output hasil pengujian pada sampel yang lain di area yang sama sehingga menghasilkan data seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 4.2**.



(a)



(b)



(c)

**Gambar 4.25.** Kurva kalibrasi sensor warna dalam penentuan level nutrisi (a) Pada sampel tanah di Area 1; (b) Pada sampel tanah di Area 2; (c) Pada sampel tanah di Area 3

Kurva pada **Gambar 4.25.** dilampirkan pada **Lampiran I.** Grafik-grafik hasil pengujian. Dari hasil pengujian yang ditunjukkan pada **Tabel 4.2.** dan **Gambar 4.25.** terlihat bahwa sensor warna TCS3200 dalam mendeteksi level N, P dan K pada suatu sampel tanah memiliki respon time untuk mencapai hasil pengukuran yang stabil dan dengan nilai error yang semakin kecil. Sehingga dalam setiap kali pendekripsi level nutrisi tanah dengan sensor warna TCS3200 memerlukan respon  $time \pm 1$  menit dengan acuan datasheet sensor warna TCS3200.

#### **4.1.5 Kesimpulan**

Dari kalibrasi dan pengujian sensor warna TCS3200 dalam menentukan level nutrisi N, P dan K diatas dapat diketahui untuk mencapai kondisi stabil dan error pendekripsi yang kecil, sensor pH tanah memiliki respon time  $\pm 1$  menit dengan tingkat akurasi  $\pm 2\%$ .

### **4.2 Pengujian dan Kalibrasi Sensor pH Tanah**

#### **4.2.1 Tujuan**

- 1) Untuk mengetahui keakuratan pembacaan sensor pH tanah
- 2) Untuk mengetahui error pembacaan sensor pH tanah

#### **4.2.2 Peralatan**

- 1) Mikrokontroler ESP32
- 2) Sensor pH tanah
- 3) Perangkat kalibrasi PUTK (Perangkat Uji Tanah Kering), terdiri dari: perekksi PH-1, perekksi PH-2, aquades, Tabung reaksi, dan pengaduk kaca
- 4) Sampel tanah
- 5) Kabel data
- 6) Laptop
- 7) Meteran

#### **4.2.3 Prosedur Pengujian**

- 1) Mempersiapkan sampel tanah
- 2) Adapun SOP pengambilan sampel tanah sebagai berikut:
  - a. Menentukan lokasi dilahan pertanian

- b. Menentukan titik sampel tanah dengan syarat minimal 2,5meter dari pematang



(a)

(b)

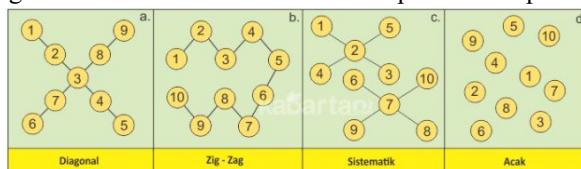
**Gambar 4.26.** (a) Pengukuran 2,5 meter dari pematang untuk masing – masing sudut petak sawah, (b) hasil penandaan petak lahan pertanian yang akan diambil sampel tanahnya

- c. Pengambilan sampel tanah kedalam 0 – 20 cm tiap titik



**Gambar 4.27.** Sampel tanah diambil pada kedalaman 20 cm

- d. Pengambilan rata-rata 5 titik untuk satu petak lahan pertanian



**Gambar 4.28.** Metode Pengambilan Sampel Tanah

Pada **Gambar 4.28.** menunjukkan metode pengambilan sampel tanah yaitu metode diagonal, zig-zag, sistematis dan acak. Untuk yang digunakan saat pengambilan sampel tanah untuk kalibrasi yaitu menggunakan metode diagonal.

Pertama – tama menetapkan satu titik sebagai pusat pada lahan yang diambil sampel tanahnya. Lalu kemudian menentukan titik –

titik sekelilingnya, jumlah titik yang dibuat sebanyak 5 buah (1 titik pusat dan 4 titik diagonal). Jarak antara setiap titik kurang lebih 50 meter diukur dari titik pusat.

Kemudian mengambil sampel – sampel tanah individu tersebut dengan sekop lalu memasukkannya ke dalam kantong plastik dan memberi label sampel tanah seperti pada **Gambar 4.29**. berikut.



**Gambar 4.29.** Hasil Pengambilan sampel tanah di Area 1

- 3) Menyiapkan perangkat pengujian tanah yang terdiri dari larutan pengujian pH yaitu: Larutan pereaksi pH-1, larutan pereaksi pH-2 dan Aquades.



**Gambar 4.30.** Perangkat pengujian pH tanah

- 4) Memasukkan  $\frac{1}{2}$  sendok spatula sampel tanah uji ke dalam tabung reaksi, atau jumlah tanah sebanyak 0.5 ml sesuai yang tertera pada tabung reaksi.



**Gambar 4.31.** Proses memasukkan sampel tanah ke tabung reaksi

- 5) Menambahkan 4 ml pereaksi pH-1, kemudian diaduk sampai homogen dengan pengaduk kaca.



**Gambar 4.32.** Tahapan menambahkan pereaksi pH-1 pada tabung reaksi, kemudia diaduk dengan pengaduk kaca

- 6) Menambahkan 1 – 2 tetes indicator warna pereaksi pH-2



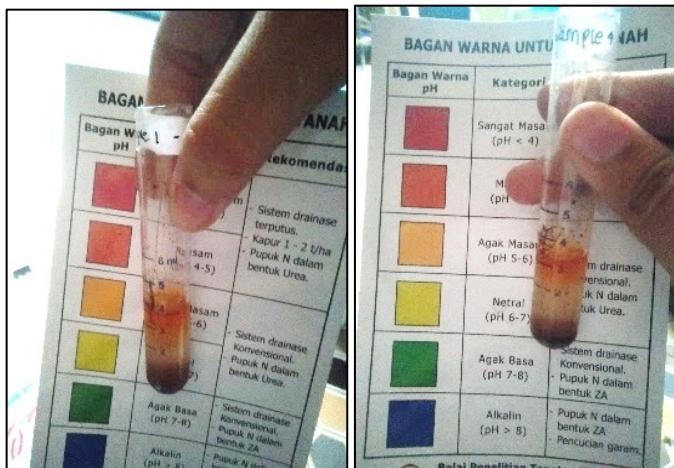
**Gambar 4.33.** Tahapan menambahkan pereaksi pH-2 pada tabung reaksi masing – masing sampel

- 7) Mendiamkan larutan selama  $\pm$  10 menit hingga suspense mengedap dan terbentuk warna pada cairan jernih di bagian atas.



**Gambar 4.34.** Hasil pembentukan warna pada sampel setelah didiamkan selama 10 menit

- 8) Membandingkan warna yang muncul pada larutan jernih di permukaan tanah dengan bagan warna pH tanah.



**Gambar 4.35.** Perbandingan warna larutan dengan bagan warna pH tanah

Pada **Gambar 4.35.** menunjukkan bahwa tanah dalam kategori Agak Masam yaitu pH 5 - 6 karena warna larutan yang dihasilkan adalah orange terang dan serupa dengan warna pada bagan warna Agak Masam.

- 9) Setelah mendapatkan kalibrator untuk sensor pH selanjutnya menyiapkan unit perekaman data untuk perekaman data, sensor pH tanah, mikrokontroler ESP32, Programmer Arduino IDE, sampel tanah yang sudah teruji, aquades dan kabel data.
- 10) Mengupload program test sensor pH dan menghubungkan sensor pH ke mikrokontroler.
- 11) Melakukan perekaman data dengan menggunakan serial monitor Arduino IDE.
- 12) Membandingkan hasil perekaman sensor pH tanah dengan nilai kalibrator sampel tanah.
- 13) Mengolah data kalibrasi sensor pH dalam bentuk grafik dan tabel.
- 14) Mengulangi Langkah 9 – 13 untuk kalibrator larutan buffer dengan pH 4,00; 6,86 dan 9,18.

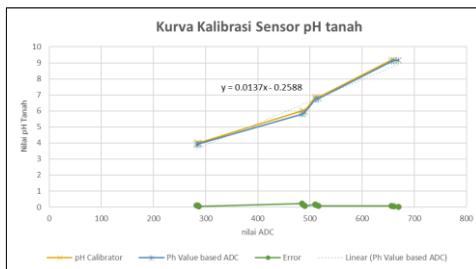
#### 4.2.4 Hasil dan Analisa

Pengujian dan kalibrasi sensor pH tanah ini dilakukan di rumah. Sebelum melakukan pengujian dan kalibrasi dilakukan, terlebih dahulu mengambil sampel tanah pada Area lahan pertanian terdekat di Kab. Tangerang. Proses pengujian sampel tanah untuk kalibrasi pH tanah menggunakan Perangkat uji tanah. Perangkat uji tanah merupakan perangkat standart yang digunakan oleh Balai Penelitian dan Pengembangan Dinas Pertanian untuk menguji kondisi tanah di lahan pertanian. Proses pertama yang dilakukan adalah mengambil sampel tanah pada sebuah petak tanah. Proses pengambilan sampel tanah ini harus memperhatikan SOP dari pengambilan sampel tanah antara lain menentukan lokasi pengambilan sampel tanah. Setelah didapatkan sampel tanah selanjutnya diakukan pengujian sampel tanah tersebut untuk dijadikan kalibrator.

Dari hasil pengujian sampel tanah ini diperoleh sampel tanah dengan pH 6, selanjutnya sampel tanah ini digunakan sebagai alibrator untuk pengujian kalibrasi sensor pH ditambah dengan kalibrasi menggunakan larutan buffer dengan nilai pH 4,00; 6,86; dan 9,18. Berikut data hasil kalibrasi sensor pH tanah.

**Tabel 4.3.** Data pengujian dan kalibrasi sensor pH tanah

No.	Kalibrator (pH)	ADC	Vout (V)	Sensor (pH)	Error (pH)
1.	4,00	283	1,38	3,89	0,11
2.	4,00	285	1,39	3,91	0,09
3.	4,00	287	1,4	3,95	0,05
4.	6,00	485	2,23	5,79	0,21
5.	6,00	487	2,31	5,84	0,16
6.	6,00	490	2,34	5,93	0,07
7.	6,86	510	2,42	6,70	0,16
8.	6,86	512	2,45	6,73	0,13
9.	6,86	516	2,47	6,78	0,08
10.	9,18	656	3,2	9,10	0,08
11.	9,18	661	3,26	9,14	0,04
12.	9,18	670	3,28	9,16	0,02



**Gambar 4.36.** Kurva hasil kalibrasi sensor pH Tanah

Pada pengujian dan kalibrasi sensor pH tanah ini diperoleh data seperti yang ada pada **Tabel 4.3.** dan **Gambar 4.36.** Kurva hasil kalibrasi sensor pH tanah, dari kurva diatas sensor pH memiliki karakteristik bahwa sensor pH tanah dalam mengukur pH tanah memiliki respon time untuk mencapai hasil pengukuran yang stabil dan nilai errornya semakin kecil. Sehingga dalam setiap kali pengukuran sensor pH tanah memerlukan respon time  $\pm 1$  menit dengan acuan datasheet sensor pH tanah. Sedangkan hubungan dari nilai pH tanah yang terukur dengan nilai ADC yang dihasilkan, bahwa dapat diketahui dari kurva diatas semakin besar nilai ADC maka nilai pH tanah yang terukur juga semakin besar, berarti nilai ADC berbanding kurus dengan nilai pH tanah. Dari garis diatas diperoleh persamaan yaitu  $y = 0.0137x - 0.2588$ , persamaan inilah yang digunakan pada program dalam menentukan nilai pH tanah.

#### 4.2.5 Kesimpulan

Dari pengujian dan kalibrasi sensor pH tanah diatas dapat diketahui untuk mencapai kondisi stabil dan hasil pengukuran dengan error yang kecil, sensor pH tanah memiliki respon time  $\pm 1$  menit dengan tingkat akurasi  $\pm 0,10$  pH.

#### 4.3 Pengujian Performansi Sistem

Keseluruhan sistem yang sudah dirancang selanjutnya dilakukan pengujian langsung pada lokasi lahan pertanian di **Desa Margasari, Kecamatan Tigaraksa Kabupaten Tangerang**.

##### 4.3.1 Tujuan

Pengujian performansi sistem ini dilakukan untuk menguji kinerja sistem yang telah dibuat, jarak transmisi, dan mengukur performansi pengambilan keputusan rekomendasi tanaman.

#### **4.3.2 Peralatan**

- 1) Mikrokontroler ESP32
- 2) Sensor warna TCS3200
- 3) Sensor pH tanah
- 4) Rangkaian pengkondisi sinyal sensor pH tanah
- 5) Baterai Lippo 2S 7,4 V
- 6) Shield Hardware
- 7) Voltage regulator
- 8) Laptop
- 9) Larutan Aquades
- 10) Tissue/Kain lap
- 11) Sekop Tanah
- 12) Meteran

#### **4.3.3 Prosedur Pengujian**

- 1) Menyiapkan seluruh peralatan yang akan digunakan.
- 2) Menentukan titik sampel pada tanah yang akan diuji dengan sistem. Penentuan titik ini mengambil 5 titik sampel dari 5 petak lahan lahan pertanian dengan luas masing masing petak lahan yaitu  $7 \times 4$  meter persegi.
- 3) Melakukan pengambilan sampel tanah kedalam 0 – 20 cm pada titik pertama dengan bantuan sekop dan meteran.
- 4) Memasukkan sampel tanah ke dalam container sistem hingga ketinggian 6 cm.
- 5) Menyambungkan sistem *hardware* terintegrasi pada *power* yaitu baterai lippo 2S 7,4 Volt.
- 6) Mengaktifkan sistem dengan menekan *button power*.
- 7) Setelah indikator LCD menampilkan *ready*, data dapat dikirimkan dengan menekan tombol *send* data.
- 8) Mengamati dan menganalisa data yang telah diterima oleh server google spreadsheet.
- 9) Setelah selesai melakukan perekaman di satu titik, sistem di nonaktifkan dengan menekan *button power*, selanjutnya adalah mengeluarkan tanah dari dalam container lalu membersihkan

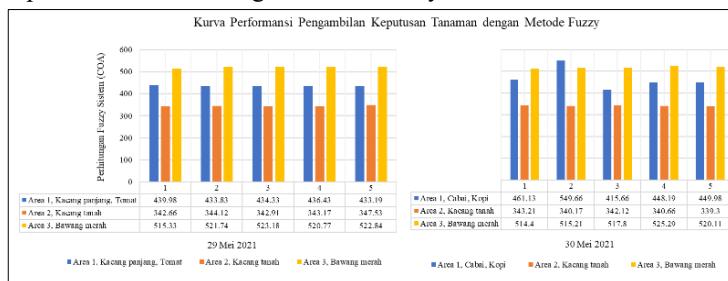
*probe* elektrode pH tanah dengan larutan aquades untuk menjaga keakuratan data saat merekam data di titik berikutnya.

- 10) Melakukan perekaman data pada titik selanjutnya dengan mengulangi Langkah 3 – 9 mulai dari sampel tanah di titik 1 – titik 5 pada area lahan pertanian.

#### 4.3.4 Hasil Pengujian dan Analisa

##### A. Performansi Pengambilan Keputusan

Pada pengujian performansi pengambilan keputusan ini adalah untuk menguji sistem algoritma fuzzy yang diterapkan pada server dengan mengambil 5 titik sampel dari 3 area lahan pertanian yang berbeda dengan luas masing – masing petak lahan yaitu  $\pm 7 \times 4 meter persegi. Dimana disetiap petak lahan diambil 5 kali pengukuran sample dalam sehari dan pengujian ini dilakukan selama 2 hari untuk melihat *output* dari pengambilan keputusan tanaman dan uji keakuratan pembacaan sensor. Dari data yang diperoleh setiap titik diperoleh hasil yang seragam. Dengan rata – rata nilai pH tanah yang terukur yaitu  $\pm 6$  pH. Dari hasil perhitungan fuzzy yang dilakukan server diperoleh *output* yang seragam di masing – masing titik. Berikut adalah kurva hasil pengujian performansi sistem pengambilan keputusan tanaman dengan metode fuzzy.$

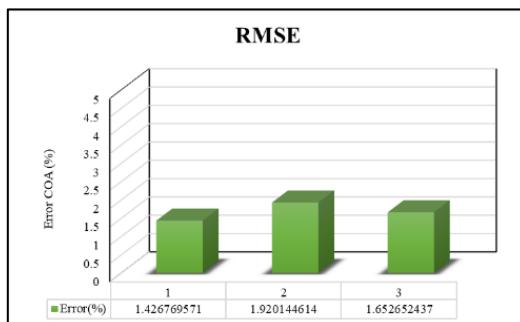


**Gambar 4.37.** Kurva Performansi Sistem Pengambilan Keputusan Tanaman dengan Menggunakan Metode Fuzzy saat Pengujian

Gambar dilampirkan lebih besar pada **Lampiran I**. Grafik-grafik hasil pengujian. Pada **Gambar 4.37.** menunjukkan kurva performansi pengambilan keputusan tanaman. Hasil keputusan berupa COA yaitu

hasil perhitungan Fuzzy pada sistem saat melakukan pengujian di 3 Area yang berbeda dengan mengambil 5 titik sampel pada masing-masing area selama dua hari. Pada kurva tersebut, Area 1 ditandai dengan warna biru, Area 2 dengan warna oranye dan Area 3 dengan warna kuning. Pengambilan keputusan pada sistem tampak seragam pada setiap titik sampel di hari pertama dan kedua kecuali pada Area 1. Di hari pertama, kelima titik sampel dari area 1 menghasilkan rekomendasi Kacang Panjang dan Tomat sedangkan pada hari kedua menghasilkan rekomendasi Cabai dan Kopi. Saat pengujian sistem di Area 1 di hari kedua, kondisi cahaya sangat terik, pengujian dilakukan sekitar jam 11 siang. Cahaya terik saat pengujian mempengaruhi output fuzzy sistem. Pada area 2 dan 3, pengujian dilakukan pada jam 2 hingga jam 3 siang dengan suasana yang mendung dan tidak terik sehingga hasil *output* fuzzy di hari kedua stabil.

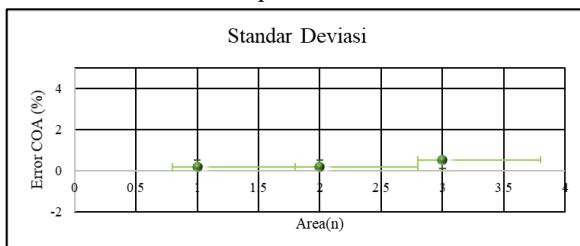
Jika dibandingkan dengan hasil pengujian pada hari pertama dan kedua, hasil *output* setiap titik sampel di satu area cukup stabil. Sehingga dapat diketahui bahwa perubahan nilai parameter tanah cukup lama sedangkan pada pendekstrian level nutrisi dari warna tanah cenderung berubah tergantung dengan kondisi cahaya saat pendekstrian dilakukan. Hasilnya output tanaman hasil perhitungan fuzzy menjadi tidak seragam disebabkan karena kondisi cahaya saat pengujian yang berbeda dan mempengaruhi nilai *output* R, G dan B dari sensor warna.



**Gambar 4.38.** Grafik Root Mean Square Error dari Sistem

RMSE adalah metode alternatif untuk mengevaluasi Teknik peramalan yang digunakan untuk mengukur tingkat akurasi hasil

prakiraan suatu model. RMSE merupakan nilai rata-rata dari jumlah kuadrat kesalahan, juga dapat menyatakan ukuran besarnya kesalahan yang dihasilkan oleh suatu model prakiraan. Nilai RMSE rendah menunjukkan bahwa variasi nilai yang dihasilkan oleh suatu model prakiraan mendekati variasi nilai observasinya. Pada **Gambar 4.39.** Grafik Root Mean Square Error dari sistem menunjukkan rata – rata error perhitungan fuzzy dari 3 area pada masing – masing titik, rata – rata error dari keseluruhan sampel adalah sekitar 1,67%.



**Gambar 4.39.** Kurva Standar Deviasi Sistem

Standar deviasi digunakan untuk mengetahui nilai sebaran data error pada suatu sampel data dan seberapa dekat titik data individu dengan garis nilai rata – rata data error. Dapat dilihat grafik standar deviasi dari sistem dari ketiga titik sampel yang tersebut mendapatkan satu nilai standar deviasi yaitu sebesar 0.1596, dengan begitu dapat disimpulkan bahwa jarak setiap titik data cukup kecil dengan nilai rata – rata, hal itu menunjukkan bahwa sistem pengambilan keputusan tanaman yang telah dibuat cukup stabil dan telah bekerja dengan baik.

Metode Fuzzy untuk pengambilan keputusan yang telah dirancang perlu diuji dan divalidari untuk memastikan telah sesuai dengan algoritma yang benar. Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil dari kontrol fuzzy yang berasal dari *software* Matlab dengan hasil dari kontrol fuzzy yang dibuat di server. Matlab dipilih karena telah menjadi standar dalam simulasi yang dilakukan di Lembaga Pendidikan dunia. Jika hasil perbandingan sama atau mendekati maka sistem fuzzy yang dirancang adalah benar. Hasil pengujian dapat dilihat dari tabel berikut

**Tabel 4.4.** Hasil Pengujian Pengambilan Keputusan dengan Metode Fuzzy pada Sistem di Area 1 (a)

Hari Pengujian	Area	Sample ke -	Masukan				Keluaran		Error (%)	
			pH Tanah (pH)	R (kHz)	G (kHz)	B (kHz)	Simulasi (COA)	Sistem (COA)		
Hari Pertama	1	1	6.37	423	584	420	440	439.98	0.04	
		2	6.32	418	507	417	440	433.83	1.40	
		3	6.3	411	485	431	443	434.33	1.95	
		4	6.33	405	501	408	442	436.43	1.26	
		5	6.32	401	511	408	438	433.19	1.09	
Rata - rata									1.14	
Output Rekomendasi Tanaman			Sampel 1 – 5				Kacang Panjang, Tomat			

Pada pengujian di Area 1 pada hari pertama dengan data seperti **Tabel 4.4**. Untuk pH tanah berada pada kisaran 6,32 – 6,37 sedangkan output R pada kisaran 401 – 423, output G pada kisaran 485 – 584 dan output B pada kisaran 408 – 431. Hasil simulasi COA pada Sample 1 sebesar 440 dan untuk hasil sistem yang diperoleh sebesar 439.98 sehingga diketahui error sebesar 0.04%. Dari 5 sampel yang dideteksi, rata – rata error yang dihasilkan sebesar 1.14%. Nilai error ini cukup kecil dibandingkan dengan simulasi Matlab.

**Tabel 4.5.** Hasil Pengujian Pengambilan Keputusan dengan Metode Fuzzy pada Sistem di Area 1 (b)

Hari Pengujian	Area	Sample ke -	Masukan				Keluaran		Error (%)	
			pH Tanah (pH)	R (kHz)	G (kHz)	B (kHz)	Simulasi (COA)	Sistem (COA)		
Hari Kedua	1	1	6.31	390	510	401	464	461.13	0.61	
		2	6.35	385	514	392	558	549.66	1.49	
		3	6.33	400	509	405	421	415.66	1.26	
		4	6.33	403	541	405	463	448.19	3.19	
		5	6.37	401	535	398	459	449.98	1.96	
Rata - rata									1.70	
Output Rekomendasi Tanaman			Sampel 1 – 5				Cabai, Kopi			

Selanjutnya pada pengujian di Area 1 dihari kedua dengan data seperti pada **Tabel 4.5.** pengambilan data dilakukan pada 5 sampel. Dari hasil pengujian diperoleh output tanaman berupa Cabai dan Kopi. Untuk pH tanah berada pada kisaran 6,31 – 6,37 sedangkan output R pada kisaran 385 – 401, output G pada kisaran 509 – 535 dan output B pada kisaran 392 – 405. Hasil simulasi COA pada Sample 1 sebesar 464 dan untuk hasil sistem yang diperoleh sebesar 461.13 sehingga diketahui error sebesar 0.61%. Dari 5 sampel yang dideteksi, rata – rata error yang dihasilkan sebesar 1.70%. Nilai error ini cukup kecil dibandingkan dengan simulasi Matlab. Sehingga pada pengujian di area 1 pada hari kedua menunjukkan sistem cukup sesuai.

Jika dibandingkan dengan hasil pengujian sistem pada hari pertama, area 1 menghasilkan output rekomendasi yang berbeda. Hal ini disebabkan oleh pendektsian level nutrisi yang berbeda akibat dari nilai R, G dan B yang cenderung berbeda di hari pertama dan kedua. Di hari pertama, pengujian sistem dilakukan pada sore hari dengan cuaca cerah tetapi tidak terik sehingga cahaya dari luar tidak mempengaruhi output R, G dan B. Sedangkan pada hari kedua, pengujian sistem dilakukan pada siang hari dengan cahaya matahari yang terik dan membuat output R, G dan B terpengaruh dan menghasilkan *output* rekomendasi yang berbeda.

**Tabel 4.6.** Hasil Pengujian Pengambilan Keputusan dengan Metode Fuzzy pada Sistem di Area 2 (a)

Hari Pengujian	Area	Sample ke -	Masukan				Keluaran		Error (%)	
			pH Tanah (pH)				Simulasi (COA)	Sistem (COA)		
				R (kHz)	G (kHz)	B (kHz)				
Hari Pertama	2	1	6.40	441	513	441	347	342.66	1.25	
		2	6.28	465	539	460	351	344.12	1.96	
		3	6.37	445	517	346	350	342.91	2.02	
		4	6.38	451	496	348	348	343.17	1.38	
		5	6.38	455	449	451	352	347.53	1.26	
Rata - rata									1.57	
Output Rekomendasi Tanaman			Sampel 1 – 5				Kacang Tanah			

Pada pengujian di Area 2 pada hari pertama dengan data seperti **Tabel 4.6.**, pengambilan data dilakukan sebanyak 5 sampel. Dari hasil pengujian diperoleh output tanaman berupa Kacang tanah. Untuk pH

tanah berada pada kisaran 6,28 – 6,38 sedangkan output R pada kisaran 441 – 465, output G pada kisaran 449 – 539 dan output B pada kisaran 348 – 451. Hasil simulasi COA pada Sampel 1 sebesar 347 dan untuk hasil sistem yang diperoleh sebesar 342.66 sehingga diketahui error sebesar 1.25%. Dari 5 sampel yang dideteksi, rata – rata error yang dihasilkan sebesar 1.57%. Nilai error ini cukup kecil dibandingkan dengan simulasi Matlab. Sehingga pada pengujian di area 2 pada hari pertama menunjukkan sistem cukup sesuai.

**Tabel 4.7.** Hasil Pengujian Pengambilan Keputusan dengan Metode Fuzzy pada Sistem di Area 2 (b)

Hari Pengujian	Area	Sample ke -	Masukan				Keluaran		Error (%)	
			pH Tanah (pH)	R (kHz)	G (kHz)	B (kHz)	Simulasi (COA)	Sistem (COA)		
Hari Kedua	2	1	6.39	464	530	461	351	343.21	2.21937322	
		2	6.31	445	517	451	346	340.17	1.6849711	
		3	6.37	455	537	451	350	342.12	2.25142857	
		4	6.38	445	517	450	346	340.66	1.5433526	
		5	6.38	449	507	452	352	339.3	3.60795455	
Rata - rata								2.26		
Output Rekomendasi Tanaman			Sampel 1 – 5				Kacang Tanah			

Pada pengujian di Area 2 pada hari kedua dengan data seperti Tabel 4.7., pengambilan data dilakukan sebanyak 5 sampel. Dari hasil pengujian diperoleh output tanaman berupa Kacang tanah. Untuk pH tanah berada pada kisaran 6,31 – 6,38 sedangkan output R pada kisaran 445 – 464, output G pada kisaran 507 – 537 dan output B pada kisaran 450 – 461. Hasil simulasi COA pada Sampal 1 sebesar 351 dan untuk hasil sistem yang diperoleh sebesar 343.21 sehingga diketahui error sebesar 2.21%. Dari 5 sampel yang dideteksi, rata – rata error yang dihasilkan sebesar 2.26%. Nilai error ini cukup kecil dibandingkan dengan simulasi Matlab. Sehingga pada pengujian di area 1 pada hari pertama menunjukkan sistem cukup sesuai.

Jika dibandingkan dengan hasil pengujian sistem pada hari pertama, area 2 menghasilkan output rekomendasi yang stabil. Hal ini disebabkan oleh pendekstrian level nutrisi yang dilakukan pada cuaca cerah tetapi tidak terik sehingga cahaya dari luar tidak mempengaruhi

output R, G dan B. Begitupun pada hari kedua, pengujian sistem dilakukan pada sore hari dengan cahaya matahari yang tidak terik sehingga membuat output R, G dan B stabil dan menghasilkan output rekomendasi yang sama.

**Tabel 4.8.** Hasil Pengujian Pengambilan Keputusan dengan Metode Fuzzy pada Sistem di Area 3 (a)

Hari Pengujian	Area	Sample ke -	Masukan			Keluaran		Error (%)	
			pH Tanah (pH)	R (kHz)	G (kHz)	B (kHz)	Simulasi (COA)		
Hari Pertama	3	1	6.1	385	605	441	525	515.33	1.84
		2	6.07	388	567	431	528	521.74	1.18
		3	6.38	398	530	397	532	523.18	1.65
		4	6.2	380	570	419	530	520.77	1.74
		5	6.4	402	520	402	526	522.84	0.60
Rata - rata								1.40	
Output Rekomendasi Tanaman		Sampel 1 – 5			Bawang Merah				

Pada pengujian di Area 3 pada hari pertama dengan data seperti **Tabel 4.8.**, pengambilan data dilakukan sebanyak 5 sampel. Dari hasil pengujian diperoleh *output* tanaman berupa Bawang merah. Untuk pH tanah berada pada kisaran 6,07 – 6,38 sedangkan output R pada kisaran 380 – 402, output G pada kisaran 520 – 605 dan output B pada kisaran 402 – 441. Hasil simulasi COA pada Sampel 1 sebesar 525 dan untuk hasil sistem yang diperoleh sebesar 515.33 sehingga diketahui error sebesar 1.84%. Dari 5 sampel yang dideteksi, rata – rata error yang dihasilkan sebesar 1.4%. Nilai error ini cukup kecil dibandingkan dengan simulasi Matlab. Sehingga pada pengujian di area 3 pada hari pertama menunjukkan sistem cukup sesuai.

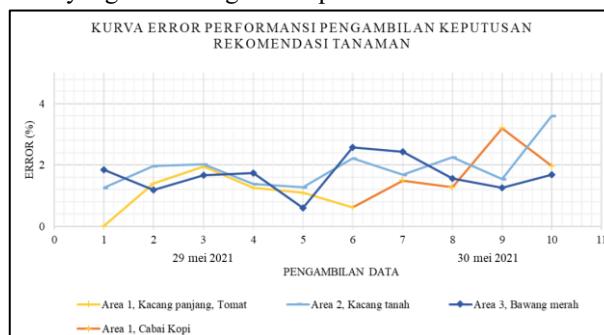
Pada pengujian di Area 3 pada hari kedua dengan data seperti Tabel 4.9., pengambilan data dilakukan sebanyak 5 sampel. Dari hasil pengujian diperoleh output tanaman berupa Bawang merah. Untuk pH tanah berada pada kisaran 6,08 – 6,48 sedangkan output R pada kisaran 380 – 402, output G pada kisaran 525 – 598 dan output B pada kisaran 390 – 432. Hasil simulasi COA pada Sampel 1 sebesar 528 dan untuk hasil sistem yang diperoleh sebesar 514.4 sehingga diketahui error sebesar 2.57%. Dari 5 sampel yang dideteksi, rata –

rata error yang dihasilkan sebesar 1.89%. Nilai error ini cukup kecil dibandingkan dengan simulasi Matlab. Sehingga pada pengujian di area 3 pada hari pertama menunjukkan sistem cukup sesuai.

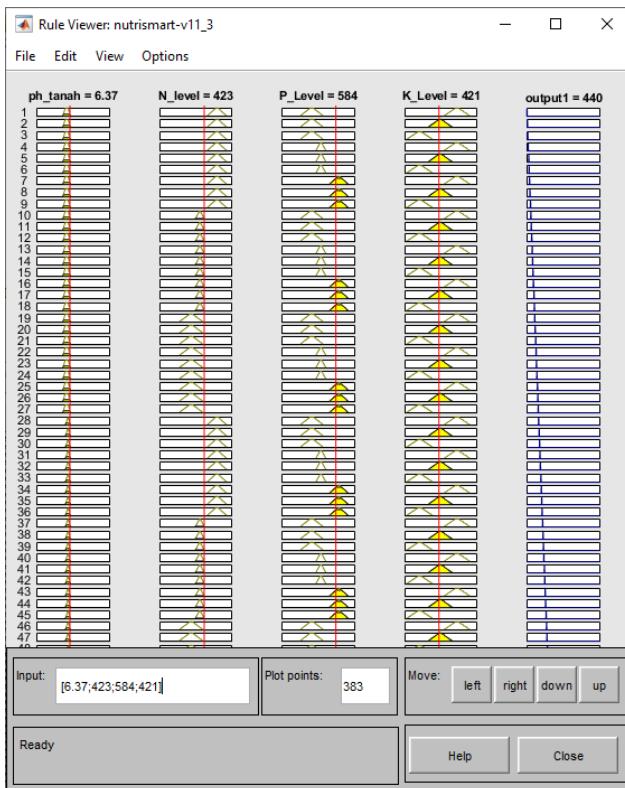
**Tabel 4.9.** Hasil Pengujian Pengambilan Keputusan dengan Metode Fuzzy pada Sistem di Area 3 (b)

Hari Pengujian	Area	Sample ke -	Masukan				Keluaran		Error (%)	
			pH Tanah (pH)	R (kHz)	G (kHz)	B (kHz)	Simulasi (COA)	Sistem (COA)		
Hari Kedua	3	1	6.08	385	569	430	528	514.4	2.57	
		2	6.1	380	598	390	528	515.21	2.42	
		3	6.48	402	525	406	526	517.8	1.55	
		4	6.3	396	530	397	532	525.29	1.26	
		5	6.37	397	575	432	529	520.11	1.68	
Rata - rata									1.89	
Output Rekomendasi Tanaman		Sampel 1 – 5				Bawang Merah				

Jika dibandingkan dengan hasil pengujian sistem pada hari pertama, area 3 menghasilkan output rekomendasi yang stabil. Hal ini disebabkan oleh pendektsian level nutrisi yang dilakukan pada cuaca cerah tetapi tidak terik sehingga cahaya dari luar tidak mempengaruhi output R, G dan B. Begitupun pada hari kedua, pengujian sistem dilakukan pada sore hari dengan cahaya matahari yang tidak terik sehingga membuat output R, G dan B stabil dan menghasilkan output rekomendasi yang sama dengan hari pertama.



**Gambar 4.40.** Kurva Error Performansi Pengambilan Keputusan Tanaman dengan Metode Fuzzy



**Gambar 4.41.** Keluaran Metode Logika Fuzzy dari Simulasi MATLAB

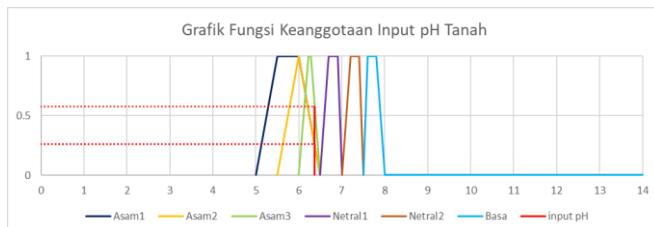
**Gambar 4.41.** Keluaran Metode Logika Fuzzy dari Simulasi MATLAB memperlihatkan hasil perhitungan rule Matlab untuk satu titik pengamatan dan memperlihatkan hasil perhitungan fuzzy di server yang ditampilkan di Google Spreadsheet. Perbandingan hasil dilakukan dengan mengambil nilai pH, nilai R untuk level nutrisi K, nilai G untuk level nutrisi P, dan nilai B untuk level nutrisi N kemudian mengamati nilai keluaran.

I	J	K	L
Level	K_Level	Fuzzy Value	Keputusan Tanaman
gh	p_high	430,1729633	Kacang Panjang
gh	p_high	433,8311726	Tomat
gh	p_high	434,3360057	Kacang Panjang
gh	p_high	436,4323666	Tomat
gh	p_high	433,1910363	Kacang Panjang

**Gambar 4.42.** Hasil Keputusan Tanaman Algoritma Fuzzy pada Server (Google Spreadsheets)

Untuk menguji apakah sistem pengambilan keputusan dengan metode fuzzy yang dibangun sudah benar antara simulasi, server dan perhitungan perlu dibuktikan dengan menggunakan persamaan fuzzy yang sudah diterapkan pada sistem. Berikut ini adalah perhitungan logika fuzzy menggunakan metode mamdani.

- 1) Menghitung nilai  $\mu$  fungsi keanggotaan input pH tanah, nutrisi tanah ( N, P dan K) hasil konversi dari data R, G dan B sensor warna.



**Gambar 4.43.** Fungsi Keanggotaan Input pH Tanah

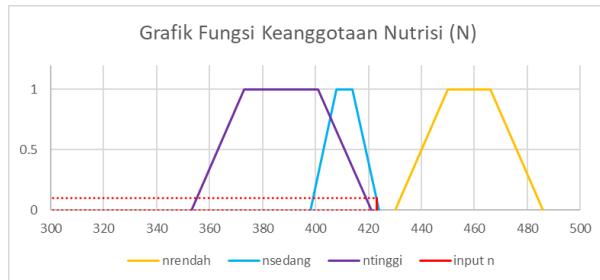
Untuk  $\mu$  membership dari input pH tanah = 6,37

$$\begin{aligned}\mu \text{ Asam1}[6,37] &= (d - x) / (d - c) \\ &= (6,5 - 6,37) / (6,5 - 6) \\ &= 0,26\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu \text{ Asam2}[6,37] &= (c - x) / (c - b) \\ &= (6,5 - 6,37) / (6,5 - 6) \\ &= 0,26\end{aligned}$$

$$\mu \text{ Asam3}[6,37] = (d - x) / (d - c)$$

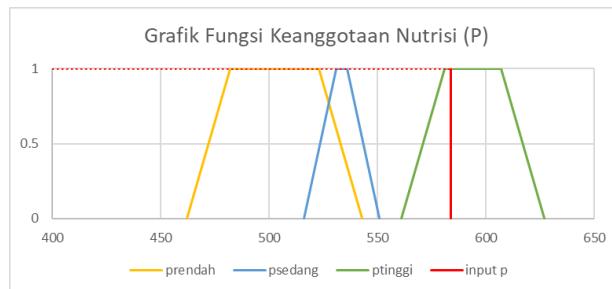
$$\begin{aligned}
 &= (6.5 - 6.37) / (6.5 - 6.275) \\
 &= 0.577
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.44.** Fungsi Keanggotaan Input B untuk mendeteksi level nutrisi N Tanah

Untuk  $\mu$  membership dari input R, level N = 423

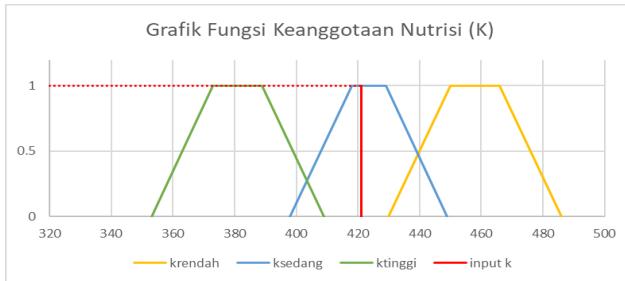
$$\begin{aligned}
 \mu_{nsedang}[423] &= (d - x) / (d - c) \\
 &= (424 - 423) / (424 - 414) \\
 &= 0.1
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.45.** Fungsi Keanggotaan Input G untuk mendeteksi level nutrisi P Tanah

Untuk  $\mu$  membership dari input G, level P = 584

$$\mu_{ptinggi}[584] = 1$$



**Gambar 4.46.** Fungsi Keanggotaan Input R untuk mendeteksi level nutrisi K Tanah

Untuk  $\mu$  membership dari input B, level N = 421  
 $\mu$  ptinggi [421] = 1

- 2) Setelah memperoleh derajat keanggotaan untuk tiap-tiap input, langkah selanjutnya adalah menerapkan operator-operator logika. Karena dalam sistem ini menggunakan operator AND maka AND akan mengindikasikan penggunaan fungsi MIN. Selanjutnya adalah mencocokkan rules dengan nilai derajat keanggotaan yang telah diperoleh untuk memperoleh nilai tanah.

$$\begin{aligned}
 \text{Rule 17} &= (\text{Asam1 AND nsedang AND ptinggi AND ksedang}) \\
 \text{Tanah 17} &= \text{MIN } (\mu \text{ Asam1}[6,37], \mu \text{ nsedang}[423], \mu \text{ ptinggi}[584], \mu \text{ ksedang}[421]) \\
 &= \text{MIN } (0.26, 0.1, 1, 1) \\
 &= 0.1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rule 44} &= (\text{Asam 2 AND ntinggi AND psedang AND ksedang}) \\
 \text{Tanah 44} &= \text{MIN } (\mu \text{ Asam2 } [6,37], \mu \text{ nsedang}[423], \mu \text{ ptinggi}[584], \mu \text{ ksedang}[421]) \\
 &= \text{MIN } (0.26, 0.1, 1, 1) \\
 &= 0.1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rule 71} &= (\mu_{\text{Asam3}}[6,37] \text{ AND } \mu_{\text{ntinggi}}[584] \text{ AND } \mu_{\text{psedang}}[423] \text{ AND } \mu_{\text{ktinggi}}[421]) \\
 \text{Tanah 71} &= \text{MIN}(\mu_{\text{Asam3}}[6,37], \mu_{\text{ntinggi}}[584], \mu_{\text{psedang}}[423], \mu_{\text{ktinggi}}[421]) \\
 &= \text{MIN}(0.577, 0.1, 1, 1) \\
 &= 0.1
 \end{aligned}$$

3) Menerapkan fungsi implikasi untuk mencari nilai  $x$  pada membership Output tanah. Berikut perhitungan fungsi implikasi MIN.

Tanah17 0.1

$$\begin{aligned}
 0.1 &= (x - 165) / (166 - 165) \quad \text{atau} \quad 0.1 = (175 - x) / (175 - 174) \\
 0.1 &= x - 165 \\
 x &= 165.1
 \end{aligned}
 \qquad
 \begin{aligned}
 0.1 &= 175 - x \\
 x &= 174.9
 \end{aligned}$$

Tanah44 0.1

$$\begin{aligned}
 0.1 &= (x - 435) / (436 - 435) \quad \text{atau} \quad 0.1 = (445 - x) / (445 - 444) \\
 0.1 &= x - 435 \\
 x &= 435.1
 \end{aligned}
 \qquad
 \begin{aligned}
 0.1 &= 445 - x \\
 x &= 444.9
 \end{aligned}$$

Tanah71 0.1

$$\begin{aligned}
 0.1 &= (x - 705) / (706 - 705) \quad \text{atau} \quad 0.1 = (715 - x) / (715 - 714) \\
 0.1 &= x - 705 \\
 x &= 705.1
 \end{aligned}
 \qquad
 \begin{aligned}
 0.1 &= 715 - x \\
 x &= 714.9
 \end{aligned}$$

4) Mengkomposisikan semua hasil implikasi output, setelah memperoleh daerah implikasi yaitu melakukan defuzzifikasi. Berikut adalah persamaan untuk fungsi implikasi output.

$$\mu_{tanah}[z] = \begin{cases} 0, & x \leq 165 \text{ atau } x \geq 175 \\ & x \leq 435 \text{ atau } x \geq 445 \\ & x \leq 705 \text{ atau } x \geq 715 \\ \frac{x - 165}{166 - 165}, & 165 \leq x \leq 165.1 \\ 0.1, & 165.1 \leq x \leq 174.9 \\ \frac{175 - x}{175 - 174}, & 174.9 \leq x \leq 175 \\ \frac{x - 435}{436 - 435}, & 435 \leq x \leq 435.1 \\ 0.1, & 435.1 \leq x \leq 444.9 \\ \frac{445 - x}{445 - 444}, & 444.9 \leq x \leq 445 \\ \frac{x - 705}{706 - 705}, & 705 \leq x \leq 705.1 \\ 0.1, & 705.1 \leq x \leq 714.9 \\ \frac{715 - x}{715 - 714}, & 714.9 \leq x \leq 715 \end{cases}$$

### 5) Menghitung Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan mencari nilai akhir dari output fuzzy, dimana hasil akhir berupa angka. Metode yang digunakan pada defuzzifikasi ini adalah Centroid. Berikut rumus matematisnya

$$Z^* = \frac{\int \mu_{tanah}(z) \cdot z dz}{\int \mu_{tanah}(z) dz}$$

Untuk mencari pusat daerah implikasi, rumusnya yaitu dengan membagi momen dengan luas daerah. Pertama yaitu mencari luas daerah implikasi pada output dengan menggunakan rumus dari segitiga dan persegi panjang karena luasan daerah implikasi membentuk luasan trapezium, dari trapezium akan

dibagi menjadi segitiga dan persegi panjang. Berikut perhitungan luas daerah implikasi:

$$A1 = \frac{(165.1 - 165) \times 0.1}{2}$$

$$= 0.005$$

$$A2 = (174.9 - 165.1) \times 0.1$$

$$= 0.98$$

$$A3 = \frac{(175 - 174.9) \times 0.1}{2}$$

$$= 0.005$$

$$A4 = \frac{(435.1 - 435) \times 0.1}{2}$$

$$= 0.005$$

$$A5 = (444.9 - 435.1) \times 0.1$$

$$= 0.98$$

$$A6 = \frac{(445 - 444.9) \times 0.1}{2}$$

$$= 0.005$$

$$A7 = \frac{(705.1 - 705) \times 0.1}{2}$$

$$= 0.005$$

$$A8 = (714.9 - 705.1) \times 0.1$$

$$= 0.98$$

$$A9 = \frac{(715 - 714.9) \times 0.1}{2}$$

$$= 0.005$$

Setelah diperoleh luas daerah tiap fungsi keanggotaan output, selanjutnya adalah menghitung momen. Perhitungan momen dilakukan dengan melakukan integral terhadap variable z pada persamaan fungsi implikasi output. Dengan demikian variable x pada persamaan fungsi implikasi output harus diubah ke z kemudian di integralkan. Berikut hasil perhitungan integral momen.

$$M1 = \int_{165}^{165.1} (z - 165)z \, dz$$

$$= 0.825$$

$$M6 = \int_{444.9}^{445} (445 - z)z \, dz$$

$$= 2.224$$

$$\begin{array}{ll}
 M2 & \int_{165.1}^{174.9} (0.1)z \cdot dz \\
 & = 166.6 \\
 \\ 
 M3 & \int_{174.9}^{175} (175 - z)z \cdot dz \\
 & = 0.874 \\
 \\ 
 M4 & \int_{435}^{435.1} (z - 435)z \cdot dz \\
 & = 2.175 \\
 \\ 
 M5 & \int_{435.1}^{444.9} (0.1)z \cdot dz \\
 & = 431.2
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{ll}
 M7 & \int_{705}^{705.1} (z - 705)z \cdot dz \\
 & = 3.525 \\
 \\ 
 M8 & \int_{705.1}^{714.9} (0.1)z \cdot dz \\
 & = 695.8 \\
 \\ 
 M9 & \int_{714.9}^{715} (715 - z)z \cdot dz \\
 & = 5.574
 \end{array}$$

Selanjutnya adalah menerapkan rumus *centroid* yaitu jumlah momen dibagi dengan total luasan daerah implikasi.

$$Z^* = \frac{M1+M2+M3+M4+M5+M6+M7+M8+M9}{A1+A2+A3+A4+A5+A6+A7+A8+A9}$$

$$Z^* = \frac{0.005+0.98+0.005+0.005+0.98+0.005+0.005+0.98+0.005}{0.825+166.6+0.874+2.175+431.2+2.224+3.525+695.8+3.574}$$

$$Z^* = \frac{1306.797}{2.97}$$

$$Z^* = 439.988$$

Dari hasil perhitungan diatas diperoleh nilai COA (*Center of Area*) 439.988, artinya nilai hasil perhitungan mendekati nilai hasil simulasi dan nilai hasil perhitungan sistem pengambilan keputusan tanaman.

## B. Pengujian Sistem Terintegrasi

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui performansi sistem secara keseluruhan dan untuk mengetahui apakah sensor sudah dapat melakukan proses perekaman pada suatu lahan pertanian. Pengujian ini dilakukan di lahan pertanian yang berlokasi di Desa Margasari

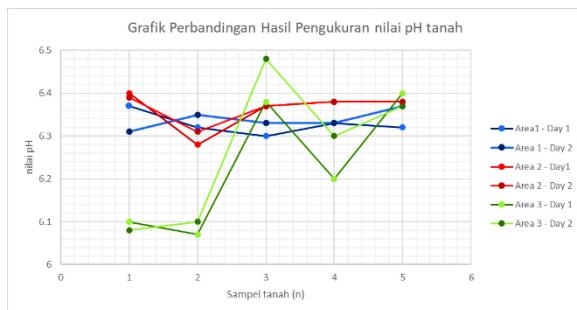
Kecamatan Tigaraksa Kabupaten Tangerang selama 2 hari. Pengujian dilakukan dengan mengambil data pada 5 titik sampel dari 3 area petak lahan pertanian dengan luas masing – masing petak lahan yaitu 7 x 4 meter persegi. Dimana disetiap petak sawah diambil 5 kali pengukuran dalam sehari dan pengujian ini dilakukan selama 2 hari untuk melihat performansi sistem secara keseluruhan. Dari hasil pengujian diperoleh data sebagai berikut.

**Tabel 4.10.** Sampel Data Hasil Pengujian Pendekripsi Level nutrisi dan pH Tanah Beserta Rekomendasi Hasil Pengambilan Keputusan dengan Metode Fuzzy Logic di lahan Pertanian Desa Margasari Kecamatan Tigaraksa Kabupaten Tangerang.

Hari Pengujian	Area	Sample ke -	Masukan				Keluaran		Output Tanaman
			pH Tanah (pH)	R (kHz)	G (kHz)	B (kHz)	Simulasi (COA)	Sistem (COA)	
Hari Pertama	2	1	6.4	441	513	441	347	342.66	Kacang Tanah
		2	6.28	465	539	460	351	344.12	Kacang Tanah
		3	6.37	445	517	346	350	342.91	Kacang Tanah
		4	6.38	451	496	348	348	343.17	Kacang Tanah
		5	6.38	455	449	451	352	347.53	Kacang Tanah
Hari Kedua	2	1	6.39	464	530	461	351	343.21	Kacang Tanah
		2	6.31	445	517	451	346	340.17	Kacang Tanah
		3	6.37	455	537	451	350	342.12	Kacang Tanah
		4	6.38	445	517	450	346	340.66	Kacang Tanah
		5	6.38	449	507	452	352	339.3	Kacang Tanah

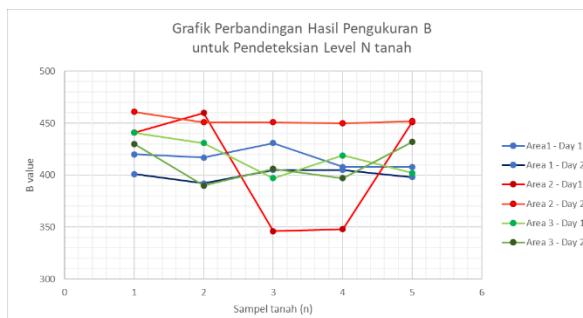
Dari data sampel hasil pengujian hari pertama seperti pada tabel diatas menunjukkan bahwa kondisi pH tanah di lahan pertanian Desa Margasari, Tigaraksa, Kab. Tangerang cukup stabil dengan rentang nilai 6.28 – 6.4 dan untuk nilai R, G dan B berubah-ubah dari sample setiap sampel di hari pertama dan kedua. Dari sis pembacaan error pada simulasi dan sistem COA dapat dikatakan hasil hari sistem sesuai dengan yang diharapkan karena hasil perhitungan error yang dilakukan dari hasil simulasi dan hasil dari perhitungan sistem tidak lebih dari 5% dan output tanaman yang direkomendasikan pada area

lahan juga memperoleh hasil yang seragam dari 5 sampel titik pengujian. Begitupun pada hari kedua, hasil rekomendasi tanamannya sama seperti hari pertama yaitu Kacang Tanah. Selanjutnya untuk data hasil pengujian keseluruhan terlampir pada **Lampiran D**. Hasil Pengujian Sistem Terintegrasi.



**Gambar 4.47.** Grafik perbandingan pengukuran pH tanah

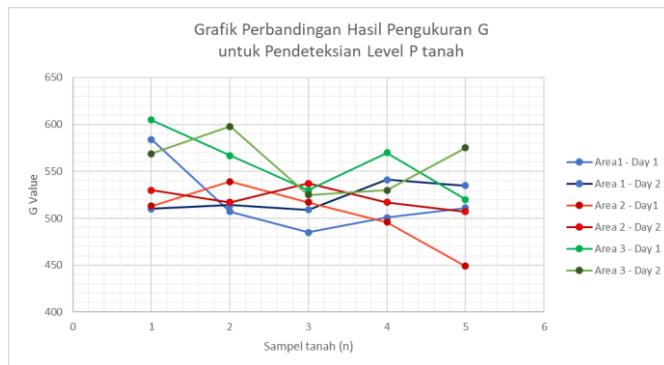
Grafik diatas merupakan perbandingan hasil pengukuran pH tanah pada 3 area pengujian yang dilakukan selama 2 hari dengan pengambilan 5 titik sample yang berbeda pada area lahan pertanian. Dari grafik diatas menunjukkan bahwa kondisi pH tanah di lahan pertanian Desa Margasari, Tigaraksa, Kab. Tangerang termasuk dalam kondisi tanah dengan tingkat keasaman yang sedang yang pada sistem ditandai sebagai Asam2 yaitu rentang nilai pH tanah 5,5 – 6,5.



**Gambar 4.48.** Grafik perbandingan pengukuran pH tanah

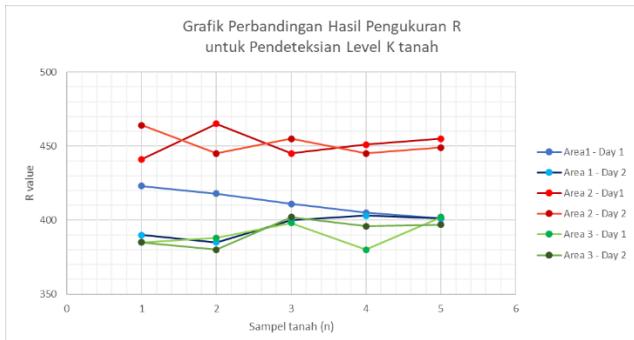
Grafik diatas merupakan perbandingan hasil pengukuran sensor warna dengan photodiode biru untuk pendekripsi level nutrisi N tanah pada 3

area pengujian yang dilakukan selama hari dengan pengambilan 5 titik sample yang berbeda pada area lahan pertanian. Dari grafik diatas menunjukkan bahwa nilai B bervariasi dan tidak merekam nilai yang sama pada hari pertama dan kedua, hal ini disebabkan oleh nilai output sensor warna yang terpengaruh oleh cahaya saat melakukan pendektsian. Pengujian sistem pada lahan pertanian Desa Margasari, Tigaraksa, Kab. Tangerang menunjukkan bahwa level kandungan nutrisi N yang tampak beragam, pada area 1 terdeteksi kandungan N sedang, pada area 2 terdeteksi kandungan N rendah dan pada area 3 terdeteksi kandungan N tinggi.



**Gambar 4.49.** Grafik perbandingan pengukuran pH tanah

Grafik diatas merupakan perbandingan hasil pengukuran sensor warna dengan *photodiode* hijau untuk pendektsi level nutrisi P tanah pada 3 area pengujian yang dilakukan selama 2 hari dengan pengambilan 5 titik sampel yang berbeda pada area lahan pertanian. Dari grafik diatas menunjukkan bahwa nilai G bervariasi dan tidak merekam nilai yang sama pada hari pertama dan kedua, hal ini disebabkan oleh nilai *output* sensor warna yang terpengaruh oleh cahaya saat melakukan pendektsian. Pengujian sistem pada lahan pertanian Desa Margasari, Tigaraksa, Kab. Tangerang menunjukkan bahwa level kandungan nutrisi P yang sama, yaitu pada area 1, area 2 dan area 3 terdeteksi pada level kandungan P tinggi.



**Gambar 4.50.** Grafik perbandingan pengukuran pH tanah

Grafik diatas merupakan perbandingan hasil pengukuran sensor warna dengan *photodiode* merah untuk pendeketksi level nutrisi K tanah pada 3 area pengujian yang dilakukan selama 2 hari dengan pengambilan 5 titik sampel yang berbeda pada area lahan pertanian. Dari grafik diatas menunjukkan bahwa nilai R bervariasi dan tidak merekam nilai yang sama pada hari pertama dan kedua, hal ini disebabkan oleh nilai *output* sensor warna yang terpengaruh oleh cahaya yang berbeda-beda saat melakukan pendeketksian. Pengujian sistem pada lahan pertanian Desa Margasari, Tigaraksa, Kab. Tangerang menunjukkan bahwa level kandungan pada lahan memiliki level nutrisi K yang sama, yaitu pada area 1, area 2 dan area 3 terdetksi pada level kandungan K Sedang.

### C. Pengujian Jarak Transmisi (Jarak pengiriman data dari hardware ke server)

Pada pengujian jarak transmisi, sistem diuji seberapa jauh sistem mampu untuk berkomunikasi. Selain itu untuk mengetahui jarak maksimum dari penempatan access point yaitu WiFi atau Hotspot Smartphone agar hardware dapat tetap terhubung dengan jaringan internet. Karena proses transmisi data jika loss dengan jaringan Wi-Fi atau Hotspot maka data tidak terkirim. Dari hasil pengujian sistem tetap mampu berkomunikasi pada jarak 38 meter. Maka sistem mampu digunakan pada area apertanian yang luas. Alternatifnya untuk tetap mendapat jaringan internet yaitu membawa *hotspot* dari *smartphone* setiap kali melakukan pendeketksian. Hasil pengujian jarak transmisi ditunjukkan pada table dibawah.

**Tabel 4.11.** Hasil Pengujian Jarak Transmisi Sistem

Jarak (m)	Hasil	Pengiriman Data	Data yang diterima
2	Terhubung	Terkirim	100%
8	Terhubung	Terkirim	100%
15	Terhubung	Terkirim	100%
25	Terhubung	Terkirim	100%
35	Terhubung	Terkirim	100%
38	Tidak Terhubung	Tidak Terkirim	0%

#### 4.3.5 Kesimpulan

Pada pengujian performansi sistem pengambilan keputusan tanaman dan pendekripsi level nutrisi tanah dengan metode fuzzy menunjukkan bahwa sistem pengambilan keputusan rekomendasi dan pendekripsi level nutrisi yang telah dibuat cukup valid dan bekerja dengan baik. Diambil satu data peremakan yang telah divalidasi dengan perhitungan manual dan menggunakan simulasi matlab memiliki nilai yang mendekati nilai hasil pengujian. Tingkat rata-rata error dari perhitungan sistem fuzzy adalah 1,66%. Sedangkan dari hasil pengujian jarak transmisi, sistem tetap mampu berkomunikasi dengan jarak maksimal 35 meter yang berarti sistem ini dapat digunakan pada area pertanian yang luas. Sehingga untuk mendapatkan jaringan internet, sistem dapat terhubung dengan hotspot smartphone setiap melakukan pendekripsi.



p ns



p ns



p ns



p ns



p ns



p ns



p ns



p ns



p ns



p ns



p ns



p ns



p ns



p ns



p ns



p ns



p ns



p ns



p ns



p ns



p ns



p ns



p ns



p ns



p ns



p ns



p ns



p ns



p ns



p ns



p ns



p ns



p ns



p ns



p ns



p ns



p ns



p ns



p ns



p ns



p ns



p ns



p ns



p ns

**BAB V  
PENUTUP**

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Setelah dilakukan proses perencanaan, pembuatan dan pengujian sistem serta berdasarkan data yang diperoleh, maka dapat disimpulkan mengenai sistem pendekripsi level nutrisi tanah dan pengukuran pH tanah untuk pemilihan tanaman pangan pada lahan pertanian sebagai berikut:

- Pada sistem akuisisi data, sistem sudah dapat merekam data dengan baik dibuktikan dengan hasil kalibrasi dari pengujian sensor pH tanah dan sensor warna, sensor pH tanah memiliki tingkat akurasi  $\pm 0,10$  pH dengan acuan datasheet sensor pH tanah. Sedangkan data hasil pembacaan sensor warna dalam mendekripsi level nutrisi N, P dan K memiliki tingkat error  $\pm 2,73$  dibandingkan dengan nilai rata-rata nilai range pendekripsi level nutrisi yang diamati dari hasil pendekripsi status hara oleh Perangkat Uji Tanah.
- Dari hasil pengujian performansi sistem pengambilan keputusan tanaman menggunakan algoritma fuzzy bahwa sistem pengambilan keputusan tanaman yang dibuat cukup valid dan telah bekerja dengan baik. Dari salah satu data sampel hasil perekaman sistem diperoleh nilai COA sebesar 440 yang telah divalidasi dengan perhitungan manual diperoleh nilai COA 439,98 dan menggunakan simulasi matlab diperoleh nilai 159. Sehingga dapat disimpulkan nilai perhitungan mendekati nilai hasil pengujian. Tingkat rata – rata error dari perhitungan fuzzy sistem yaitu  $\pm 1,66\%$ .
- Sedangkan dari hasil pengujian jarak transmisi, sistem tetap mampu berkomunikasi pada jarak 35 meter dengan tingkat keberhasilan data yang diterima sebesar 100%. Hal ini menunjukkan bahawa sistem mampu digunakan pada area lahan pertanian yang cukup luas. Alternatifnya untuk tetap mendapat jaringan internet yaitu dengan membawa hotspot smartphone setiap kali melakukan pendekripsi.
- Dari hasil pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa 3 area lahan pertanian di Desa Margasari, Tigaraksa, Kab. Tangerang memiliki kondisi tanah dengan tingkat keasaman sedang, memiliki kandungan nutrisi N yang kurang merata,

kandungan nutrisi P pada level tinggi dan kandungan nutrisi K di level sedang. Dan output keputusan tanaman pada satu waktu pendektsian memiliki hasil yang seragam.

- Pada hasil pengujian di Area 1 memiliki *output* rekomendasi tanaman yang berbeda di hari pertama yaitu Kacang panjang dan Tomat sedangkan pada hari kedua merekomendasikan Cabai dan Kopi, hal ini disebabkan oleh pengaruh cahaya matahari saat melakukan pendektsian. Pada hari pertama dilakukan pada sore hari dengan kondisi cahaya yang cerah tetapi tidak ada terik matahari sedangkan di hari kedua pengujian area 1 dilakukan pada siang hari dengan sinar matahari yang terik dan mempengaruhi output sensor warna meskipun pada container alat sudah diwarnai hitam.

## 5.2 Saran

Pada proses dan hasil penggerjaan proyek akhir ini tidak lepas dari berbagai macam kekurangan dan kelemahan, baik pada sistem maupun peralatan yang dibuat. Oleh karena itu, perlu adanya saran atau rekomendasi yang dibuat agar kedepannya penelitian ini dapat lebih baik, diantaranya:

- *Container* pada alat dapat didesain ulang supaya hasil pendektsian warna tidak terpengaruh oleh cahaya disekitarnya.
- Untuk pengembangan kedepannya bisa ditambahkan variasi pengambilan keputusan mengikuti trens musim penghujan dan kemarau.

## DAFTAR PUSTAKA

- Athifa, S. F., & Rachmat, H. H. (2019). Evaluasi karakteristik deteksi warna RGB sensor TCS3200 berdasarkan jarak dan dimensi objek. *JETri*, 16, 105-120. doi:<http://dx.doi.org/10.25105/jetri.v16i2.3459>
- Goswami, V., Singh, P., Dwivedi, P., & Chauhan, S. (2020, May). Soil health monitoring system. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*, 8, 1536-1540. doi:10.22214/ijraset.2020.5248
- Jain, A., Saify, A., & Kate, V. (2020). Prediction of nutrients (N, P, K) in soil using color sensor TCS3200. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)*, 1768-1771. doi:10.35940/ijitee.B7089.019320
- Khairunnisa, Suhaila, Hafizah, N., & Nurfatihah. (2016). LED based soil spectroscopy. *Buletin Optik*, 1-7. doi:eISSN 2504-8546
- Masrie, M., Rosman, M. S., Sam, R., & Janin, Z. (2017). Detection of nitrogen, phosphorus, and potassium (NPK) nutrients of soil using optical tranducer. *International Conference on Smart Instrumentation, Measurement and Applications (ICSIMA)*, 1-4. doi:10.1109/ICSIMA.2017.8312001
- Prastika, Y. F., Arifin, W., Zani, N. R., & Alasiry, A. H. (2019). Design and development soil pH mapping portable system for crop selection using fuzzy algorithms on agricultur land. *Asia-Pacific Conference on Geoscience, Electronics and Remote Sensing Technology (AGERS)*, 43-48. doi:10.1109/AGERS48446.2019.9034381
- Rahaman, S., M, H., R, A., YR, B., & M, C. (2017). Detection of NPK ratio level using SVM algorithm and smart. *International Journal of Latest Research in Engineering and Technology (IJLRET)(03)*, 11-15.
- Santoso, B., Azis, A. I., & Zohrahayaty. (2019). *Machine learning & reasoning fuzzy logic algoritma, manual, matlab, & rapid miner*. Sleman: DEEPUBLISH.
- Sutedjo, M., & Kartasapoetra. (2008). *Pengantar Ilmu Tanah Terbentuknya Tanah dan Tanah Pertanian*. Jakarta: Rineka Cipta.

Triharto, S. (2013). Survei dan pemetaan unsur hara N,P,K dan pH tanah pada lahan sawah tada hujan di desa durian kecamatan pantai labu. *Skripsi*.

## **LAMPIRAN**

Lampiran A. Output jenis tanaman berdasarkan kelompok tanah

<b>Kelompok Tanah</b>	<b>Rekomendasi Tanaman Pangan</b>
Tanah1	-
Tanah2	-
Tanah3	-
Tanah4	-
Tanah5	-
Tanah6	-
Tanah7	-
Tanah8	-
Tanah9	-
Tanah10	-
Tanah11	Teh
Tanah12	-
Tanah13	-
Tanah14	-
Tanah15	-
Tanah16	-
Tanah17	-
Tanah18	Kelapa, Tembakau
Tanah19	-
Tanah20	-
Tanah21	-
Tanah22	-
Tanah23	-
Tanah24	-
Tanah25	-

Tanah26	-
Tanah27	-
Tanah28	-
Tanah29	Cengkeh
Tanah30	-
Tanah31	-
Tanah32	-
Tanah33	-
Tanah34	-
Tanah35	Kacang Tanah
Tanah36	-
Tanah37	-
Tanah38	-
Tanah39	-
Tanah40	-
Tanah41	-
Tanah42	Ubi
Tanah43	Kubis
Tanah44	Kacang Panjang, Tomat
Tanah45	Cabai, kopi
Tanah46	-
Tanah47	-
Tanah48	-
Tanah49	-
Tanah50	-
Tanah51	-
Tanah52	-
Tanah53	Bawang merah
Tanah54	Kentang
Tanah55	-

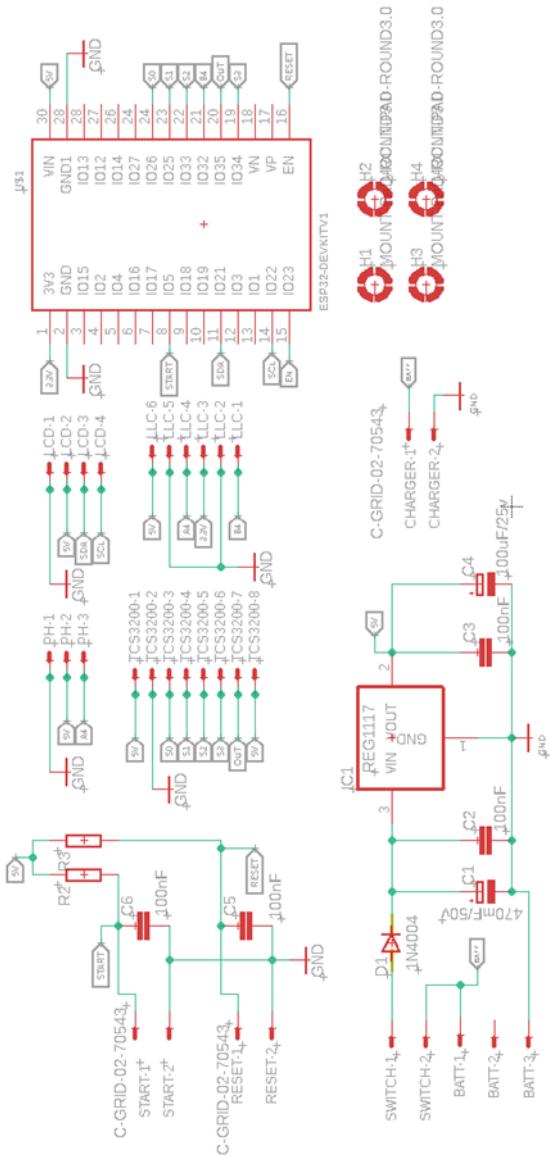
Tanah56	-
Tanah57	-
Tanah58	-
Tanah59	-
Tanah60	-
Tanah61	-
Tanah62	-
Tanah63	-
Tanah64	-
Tanah65	-
Tanah66	-
Tanah67	-
Tanah68	-
Tanah69	Singkong
Tanah70	-
Tanah71	-
Tanah72	Biji coklat(Kakao), tebu
Tanah73	-
Tanah74	-
Tanah75	-
Tanah76	-
Tanah77	Biji coklat(Kakao), tebu
Tanah78	-
Tanah79	-
Tanah80	-
Tanah81	-
Tanah82	-
Tanah83	-
Tanah84	-
Tanah85	Kacang hijau

Tanah86	-
Tanah87	-
Tanah88	-
Tanah89	Kedelai
Tanah90	-
Tanah91	-
Tanah92	-
Tanah93	-
Tanah94	-
Tanah95	-
Tanah96	-
Tanah97	-
Tanah98	-
Tanah99	-
Tanah100	-
Tanah101	-
Tanah102	-
Tanah103	-
Tanah104	-
Tanah105	-
Tanah106	-
Tanah107	Sawi hijau
Tanah108	-
Tanah109	-
Tanah110	-
Tanah111	-
Tanah112	-
Tanah113	-
Tanah114	-
Tanah115	-

Tanah116	-
Tanah117	-
Tanah118	-
Tanah119	-
Tanah120	-
Tanah121	-
Tanah122	-
Tanah123	-
Tanah124	-
Tanah125	<u>Jagung</u>
Tanah126	-
Tanah127	-
Tanah128	-
Tanah129	-
Tanah130	-
Tanah131	-
Tanah132	-
Tanah133	-
Tanah134	<u>Alpukat, Jambu</u>
Tanah135	-
Tanah136	-
Tanah137	-
Tanah138	-
Tanah139	-
Tanah140	-
Tanah141	-
Tanah142	-
Tanah143	-
Tanah144	-

Tanah145	-
Tanah146	-
Tanah147	-
Tanah148	-
Tanah149	-
Tanah150	-
Tanah151	-
Tanah152	-
Tanah153	-
Tanah154	-
Tanah155	-
Tanah156	-
Tanah157	-
Tanah158	-
Tanah159	-
Tanah160	-
Tanah161	-
Tanah162	-

## Lampiran B. Gambar Schematic Rangkaian Shield



Lampiran C. Rule Fuzzy untuk kelompok tanah sebagai acuan saran pemilihan tanaman

pHTanah	Level N	Level P	Level K	Kelompok Tanah
Asam1	low	low	low	<b>Tanah1</b>
Asam1	low	low	med	<b>Tanah2</b>
Asam1	low	low	high	<b>Tanah3</b>
Asam1	low	med	low	<b>Tanah4</b>
Asam1	low	med	med	<b>Tanah5</b>
Asam1	low	med	high	<b>Tanah6</b>
Asam1	low	high	low	<b>Tanah7</b>
Asam1	low	high	med	<b>Tanah8</b>
Asam1	low	high	high	<b>Tanah9</b>
Asam1	med	low	low	<b>Tanah10</b>
Asam1	med	low	med	<b>Tanah11</b>
Asam1	med	low	high	<b>Tanah12</b>
Asam1	med	med	low	<b>Tanah13</b>
Asam1	med	med	med	<b>Tanah14</b>
Asam1	med	med	high	<b>Tanah15</b>
Asam1	med	high	low	<b>Tanah16</b>
Asam1	med	high	med	<b>Tanah17</b>
Asam1	med	high	high	<b>Tanah18</b>
Asam1	high	low	low	<b>Tanah19</b>
Asam1	high	low	med	<b>Tanah20</b>
Asam1	high	low	high	<b>Tanah21</b>
Asam1	high	med	low	<b>Tanah22</b>
Asam1	high	med	med	<b>Tanah23</b>
Asam1	high	med	high	<b>Tanah24</b>
Asam1	high	high	low	<b>Tanah25</b>
Asam1	high	high	med	<b>Tanah26</b>

Asam1	high	high	high	<b>Tanah27</b>
Asam2	low	low	low	<b>Tanah28</b>
Asam2	low	low	med	<b>Tanah29</b>
Asam2	low	low	high	<b>Tanah30</b>
Asam2	low	med	low	<b>Tanah31</b>
Asam2	low	med	med	<b>Tanah32</b>
Asam2	low	med	high	<b>Tanah33</b>
Asam2	low	high	low	<b>Tanah34</b>
Asam2	low	high	med	<b>Tanah35</b>
Asam2	low	high	high	<b>Tanah36</b>
Asam2	med	low	low	<b>Tanah37</b>
Asam2	med	low	med	<b>Tanah38</b>
Asam2	med	low	high	<b>Tanah39</b>
Asam2	med	med	low	<b>Tanah40</b>
Asam2	med	med	med	<b>Tanah41</b>
Asam2	med	med	high	<b>Tanah42</b>
Asam2	med	high	low	<b>Tanah43</b>
Asam2	med	high	med	<b>Tanah44</b>
Asam2	med	high	high	<b>Tanah45</b>
Asam2	high	low	low	<b>Tanah46</b>
Asam2	high	low	med	<b>Tanah47</b>
Asam2	high	low	high	<b>Tanah48</b>
Asam2	high	med	low	<b>Tanah49</b>
Asam2	high	med	med	<b>Tanah50</b>
Asam2	high	med	high	<b>Tanah51</b>
Asam2	high	high	low	<b>Tanah52</b>
Asam2	high	high	med	<b>Tanah53</b>
Asam2	high	high	high	<b>Tanah54</b>
Asam3	low	low	low	<b>Tanah55</b>
Asam3	low	low	med	<b>Tanah56</b>

Asam3	low	low	high	<b>Tanah57</b>
Asam3	low	med	low	<b>Tanah58</b>
Asam3	low	med	med	<b>Tanah59</b>
Asam3	low	med	high	<b>Tanah60</b>
Asam3	low	high	low	<b>Tanah61</b>
Asam3	low	high	med	<b>Tanah62</b>
Asam3	low	high	high	<b>Tanah63</b>
Asam3	med	low	low	<b>Tanah64</b>
Asam3	med	low	med	<b>Tanah65</b>
Asam3	med	low	high	<b>Tanah66</b>
Asam3	med	med	low	<b>Tanah67</b>
Asam3	med	med	med	<b>Tanah68</b>
Asam3	med	med	high	<b>Tanah69</b>
Asam3	med	high	low	<b>Tanah70</b>
Asam3	med	high	med	<b>Tanah71</b>
Asam3	med	high	high	<b>Tanah72</b>
Asam3	high	low	low	<b>Tanah73</b>
Asam3	high	low	med	<b>Tanah74</b>
Asam3	high	low	high	<b>Tanah75</b>
Asam3	high	med	low	<b>Tanah76</b>
Asam3	high	med	med	<b>Tanah77</b>
Asam3	high	med	high	<b>Tanah78</b>
Asam3	high	high	low	<b>Tanah79</b>
Asam3	high	high	med	<b>Tanah80</b>
Asam3	high	high	high	<b>Tanah81</b>
Netral1	low	low	low	<b>Tanah82</b>
Netral1	low	low	med	<b>Tanah83</b>
Netral1	low	low	high	<b>Tanah84</b>
Netral1	low	med	low	<b>Tanah85</b>
Netral1	low	med	med	<b>Tanah86</b>

Netral1	low	med	high	<b>Tanah87</b>
Netral1	low	high	low	<b>Tanah88</b>
Netral1	low	high	med	<b>Tanah89</b>
Netral1	low	high	high	<b>Tanah90</b>
Netral1	med	low	low	<b>Tanah91</b>
Netral1	med	low	med	<b>Tanah92</b>
Netral1	med	low	high	<b>Tanah93</b>
Netral1	med	med	low	<b>Tanah94</b>
Netral1	med	med	med	<b>Tanah95</b>
Netral1	med	med	high	<b>Tanah96</b>
Netral1	med	high	low	<b>Tanah97</b>
Netral1	med	high	med	<b>Tanah98</b>
Netral1	med	high	high	<b>Tanah99</b>
Netral1	high	low	low	<b>Tanah100</b>
Netral1	high	low	med	<b>Tanah101</b>
Netral1	high	low	high	<b>Tanah102</b>
Netral1	high	med	low	<b>Tanah103</b>
Netral1	high	med	med	<b>Tanah104</b>
Netral1	high	med	high	<b>Tanah105</b>
Netral1	high	high	low	<b>Tanah106</b>
Netral1	high	high	med	<b>Tanah107</b>
Netral1	high	high	high	<b>Tanah108</b>
Netral2	low	low	low	<b>Tanah109</b>
Netral2	low	low	med	<b>Tanah110</b>
Netral2	low	low	high	<b>Tanah111</b>
Netral2	low	med	low	<b>Tanah112</b>
Netral2	low	med	med	<b>Tanah113</b>
Netral2	low	med	high	<b>Tanah114</b>
Netral2	low	high	low	<b>Tanah115</b>
Netral2	low	high	med	<b>Tanah116</b>

Netral2	low	high	high	<b>Tanah117</b>
Netral2	med	low	low	<b>Tanah118</b>
Netral2	med	low	med	<b>Tanah119</b>
Netral2	med	low	high	<b>Tanah120</b>
Netral2	med	med	low	<b>Tanah121</b>
Netral2	med	med	med	<b>Tanah122</b>
Netral2	med	med	high	<b>Tanah123</b>
Netral2	med	high	low	<b>Tanah124</b>
Netral2	med	high	med	<b>Tanah125</b>
Netral2	med	high	high	<b>Tanah126</b>
Netral2	high	low	low	<b>Tanah127</b>
Netral2	high	low	med	<b>Tanah128</b>
Netral2	high	low	high	<b>Tanah129</b>
Netral2	high	med	low	<b>Tanah130</b>
Netral2	high	med	med	<b>Tanah131</b>
Netral2	high	med	high	<b>Tanah132</b>
Netral2	high	high	low	<b>Tanah133</b>
Netral2	high	high	med	<b>Tanah134</b>
Netral2	high	high	high	<b>Tanah135</b>
Basa	low	low	low	<b>Tanah136</b>
Basa	low	low	med	<b>Tanah137</b>
Basa	low	low	high	<b>Tanah138</b>
Basa	low	med	low	<b>Tanah139</b>
Basa	low	med	med	<b>Tanah140</b>
Basa	low	med	high	<b>Tanah141</b>
Basa	low	high	low	<b>Tanah142</b>
Basa	low	high	med	<b>Tanah143</b>
Basa	low	high	high	<b>Tanah144</b>
Basa	med	low	low	<b>Tanah145</b>
Basa	med	low	med	<b>Tanah146</b>

Basa	med	low	high	<b>Tanah147</b>
Basa	med	med	low	<b>Tanah148</b>
Basa	med	med	med	<b>Tanah149</b>
Basa	med	med	high	<b>Tanah150</b>
Basa	med	high	low	<b>Tanah151</b>
Basa	med	high	med	<b>Tanah152</b>
Basa	med	high	high	<b>Tanah153</b>
Basa	high	low	low	<b>Tanah154</b>
Basa	high	low	med	<b>Tanah155</b>
Basa	high	low	high	<b>Tanah156</b>
Basa	high	med	low	<b>Tanah157</b>
Basa	high	med	med	<b>Tanah158</b>
Basa	high	med	high	<b>Tanah159</b>
Basa	high	high	low	<b>Tanah160</b>
Basa	high	high	med	<b>Tanah161</b>
Basa	high	high	high	<b>Tanah162</b>

## Lampiran D. Hasil Pengujian Sistem Terintegrasi

Hari Pengujian	Area	Sample ke -	Masukan				Keluaran		Output Tanaman
			pH Tanah (pH)	R	G	B	Simulasi (COA)	Sistem (COA)	
Hari Pertama	1	1	6.37	423	584	420	440	439.98	Kacang panjang, Tomat
		2	6.32	418	507	417	440	433.83	Kacang panjang, Tomat
		3	6.3	411	485	431	443	434.33	Kacang panjang, Tomat
		4	6.33	405	501	408	442	436.43	Kacang panjang, Tomat
		5	6.32	401	511	408	438	433.19	Kacang panjang, Tomat
Hari Kedua	2	1	6.31	390	510	401	464	461.13	Cabai, Kopi
		2	6.35	385	514	392	558	549.66	Cabai, Kopi
		3	6.33	400	509	405	421	415.66	Cabai, Kopi
		4	6.33	403	541	405	463	448.19	Cabai, Kopi
		5	6.37	401	535	398	459	449.98	Cabai, Kopi

Hari Pengujian	Area	Sample ke -	Masukan				Keluaran		Output Tanaman
			pH Tanah (pH)	R	G	B	Simulasi (COA)	Sistem (COA)	
Hari Pertama	2	1	6.4	441	513	441	347	342.66	Kacang Tanah
		2	6.28	465	539	460	351	344.12	Kacang Tanah
		3	6.37	445	517	346	350	342.91	Kacang Tanah
		4	6.38	451	496	348	348	343.17	Kacang Tanah
		5	6.38	455	449	451	352	347.53	Kacang Tanah
Hari Kedua	2	1	6.39	464	530	461	351	343.21	Kacang Tanah
		2	6.31	445	517	451	346	340.17	Kacang Tanah
		3	6.37	455	537	451	350	342.12	Kacang Tanah
		4	6.38	445	517	450	346	340.66	Kacang Tanah
		5	6.38	449	507	452	352	339.3	Kacang Tanah

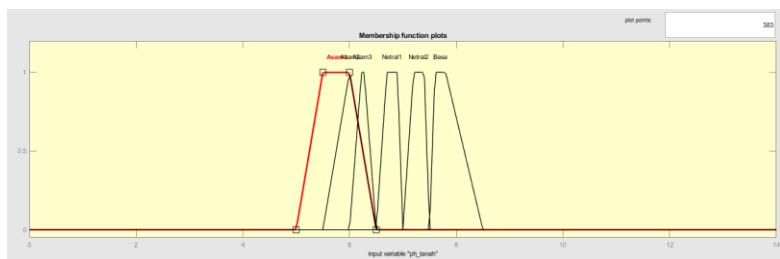
Hari Pengujian	Area	Sample ke -	Masukan			Keluaran		Output Tanaman	
			pH Tanah (pH)	R	G	B	Simulasi (COA)	Sistem (COA)	
Hari Pertama	3	1	6.1	385	605	441	525	515.33	Bawang merah
		2	6.07	388	567	431	528	521.74	Bawang merah
		3	6.38	398	530	397	532	523.18	Bawang merah
		4	6.2	380	570	419	530	520.77	Bawang merah
		5	6.4	402	520	402	526	522.84	Bawang merah
Hari Kedua	3	1	6.08	385	569	430	528	514.4	Bawang merah
		2	6.1	380	598	390	528	515.21	Bawang merah
		3	6.48	402	525	406	526	517.8	Bawang merah
		4	6.3	396	530	397	532	525.29	Bawang merah
		5	6.37	397	575	432	529	520.11	Bawang merah

## Lampiran E. Screenshot front end database server

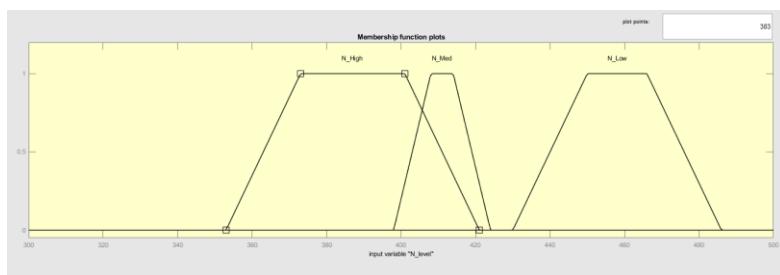
Alat Pengena Bantuan		Semua cederaan dimana di Ditemui									
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
408	531	408	Asam2	n_low	D_low	K_low	0	Tidak ada lataran yang bisa umbut optimal ditahan ini			
409	531	408	Asam2	n_low	D_low	K_low	0	Tidak ada lataran yang bisa umbut optimal ditahan ini			
408	532	409	Asam2	n_low	D_low	K_low	0	Tidak ada lataran yang bisa umbut optimal ditahan ini			
408	532	408	Asam2	n_low	D_low	K_low	0	Tidak ada lataran yang bisa umbut optimal ditahan ini			
407	531	409	Asam2	n_low	D_low	K_low	0	Tidak ada lataran yang bisa umbut optimal ditahan ini			
408	531	408	Asam2	n_low	D_low	K_low	0	Tidak ada lataran yang bisa umbut optimal ditahan ini			
408	532	409	Asam2	n_low	D_low	K_low	0	Tidak ada lataran yang bisa umbut optimal ditahan ini			
418	531	410	Asam2	n_low	D_low	K_low	0	Tidak ada lataran yang bisa umbut optimal ditahan ini			
368	485	369	Nerita2	n_low	D_low	K_low	1338.0138229	Jambu	Apeliat	Apeliat	
367	484	367	Nerita2	n_low	D_low	K_low	1338.0138229	Jambu	Apeliat	Apeliat	
367	484	367	Nerita2	n_low	D_low	K_low	1338.0138229	Jambu	Apeliat	Apeliat	
367	484	367	Nerita2	n_low	D_low	K_low	1338.0138229	Jambu	Apeliat	Apeliat	
366	484	367	Nerita2	n_low	D_low	K_low	1338.0138229	Jambu	Apeliat	Apeliat	
367	484	367	Nerita2	n_low	D_low	K_low	1338.0138229	Jambu	Apeliat	Apeliat	
367	483	366	Nerita2	n_low	D_low	K_low	1338.0138229	Jambu	Apeliat	Apeliat	
367	485	367	Nerita2	n_low	D_low	K_low	1338.0138229	Jambu	Apeliat	Apeliat	
367	484	368	Nerita2	n_low	D_low	K_low	1338.0138229	Jambu	Apeliat	Apeliat	
368	485	368	Nerita2	n_low	D_low	K_low	1338.0138229	Jambu	Apeliat	Apeliat	
367	484	367	Nerita2	n_low	D_low	K_low	1338.0138229	Jambu	Apeliat	Apeliat	

## Lampiran F. Membership *input* dan *output* Algoritma Fuzzy

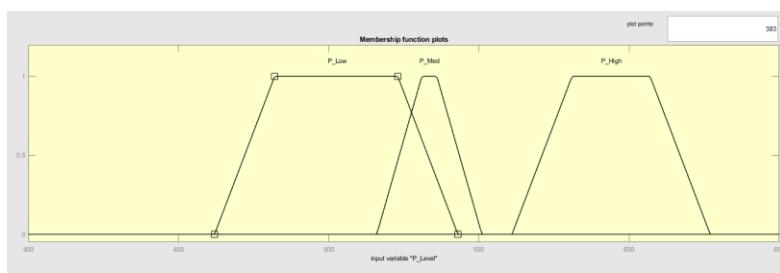
### G.1 Membership Input pH Tanah



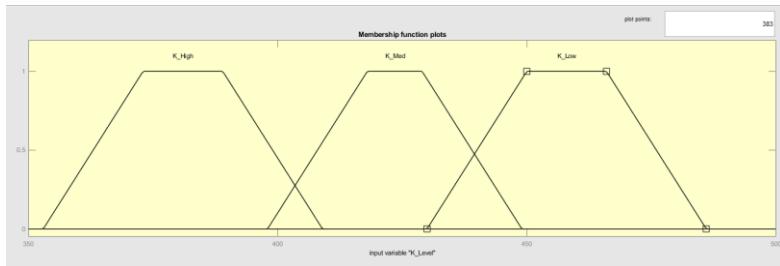
### G.2 Membership Input B value untuk pendektsian Level N



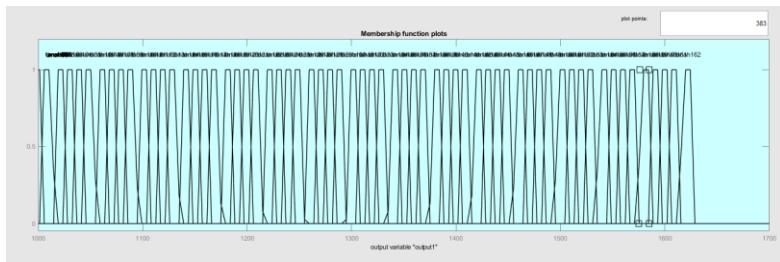
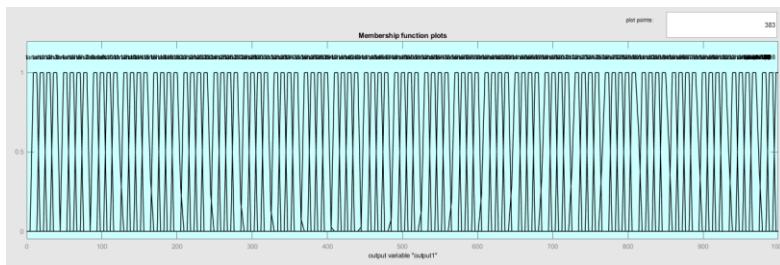
### G.3 Membership Input G value untuk pendektsian Level P



#### G.4 Membership Input R value untuk pendeksiian Level K



#### G.5 Membership Output



Lampiran G. *pH preference list*

**Fertilizer use by crop in Indonesia, Food and Agriculture Organization of The United Nations**

TABLE 6  
Range of fertilizer rates recommended for food and horticultural crops

Crop	Nº of provinces*	Fertilizer rate (kg/ha/season)		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Cabbage	14	60 – 110	40 – 80	5 – 35
Cassava	14	55 – 75	20 – 40	20 – 40
Chili	17	60 – 100	35 – 75	20 – 40
Groundnut	24	20 – 30	30 – 50	0 – 20
Long bean	19	35 – 65	30 – 70	10 – 30
Lowland rice	24	65 – 95	40 – 50	5 – 25
Maize	25	65 – 95	30 – 50	10 – 30
Mungbean	18	20 – 30	25 – 45	0 – 15
Mustard green	11	70 – 120	30 – 50	0 – 20
Potato	12	85 – 125	50 – 90	20 – 40
Shallot	10	70 – 150	40 – 75	10 – 60
Soybean	24	20 – 30	35 – 45	0 – 20
Sweet potato	5	50 – 70	20 – 40	20 – 40
Tomato	13	65 – 110	45 – 75	10 – 50
Upland rice	13	60 – 100	35 – 60	0 – 40

\* Total of provinces surveyed /analyzed

Source: Anonymous, 1984.

TABLE 7  
Range of fertilizer rates recommended for perennial crops

Crop	Growth stage	Fertilizer rate (kg/ha)				
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Kieserite	Borax
Clove	mature	110	110	140		
	immature	10	15	10		
Cocoa	mature	130	120	190		
	immature	65	60	95		
Coconut <i>Hybrid variety</i>	mature	150	100	105	190	
	immature	65	70	155	125	
Tall variety	mature	75	50	55	95	
	immature	90	50	90		
Coffee	mature	175	70	165		
	immature	55	45	45		
Cotton	mature	120	50	345	145	5
	immature	45	55	130	175	5
Oil-palm	mature	70	45	60	50	
	immature	40	40	30	35	
Rubber	mature	125	20	45		
	immature	45	10	10		
Sugar cane	mature	125	75	180		
	immature	45	45			
Tea	mature	125	20	45		
	immature	45	10	10		
Tobacco	mature	60	45	55		
	immature					

Source: Anonymous, 1984.

**|Rating chart for NPK after soil testing**

Soil fertility level	Organic carbon(%)	Available N (kg/ha)	Available P2O5 (kg/ha)	Available K2O (kg/ha)
<b>High(H)</b>	Above 0.75	Above 450	Above 90	Above 350
<b>Medium(M)</b>	>0.50-0.75	>280-450	>45-90	>200-350
<b>Low(L)</b>	Up to 0.50	Up to 280	Up to 45	Up to 200

Peanuts (Code #010)				
Soil Test Rating	Potassium			
	Low K Coast: 0-30 lbs/A Pied: 0-50 lbs/A	Medium K Coast: 31-60 lbs/A Pied: 51-100 lbs/A	High K Coast: 61-150 lbs/A Pied: 101-200 lbs/A	Very High K Coast: 150+ lbs/A Pied: 200+ lbs/A
<b>Phosphorus</b>	Recommended Pounds N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O per Acre			
<b>Low P</b> Coast: 0-15 lbs/A Pied: 0-10 lbs/A	0-80-80	0-80-50	0-80-0	0-80-0
<b>Medium P</b> Coast: 16-30 lbs/A Pied: 11-20 lbs/A	0-50-80	0-50-50	0-50-0	0-50-0
<b>High P</b> Coast: 31-60 lbs/A Pied: 21-40 lbs/A	0-40-80	0-40-50	0-40-0	0-40-0
<b>Very High P</b> Coast: 60+ lbs/A Pied: 40+ lbs/A	0-0-80	0-0-50	0-0-0	0-0-0
Coast = Coastal Plain Pied = Piedmont, Mountain, and Limestone Valley				

**Recommendations:**

Recommended pH: 6.0. If the pH is less than 6.0, see Lime Table C.

Nitrogen:	0 pounds nitrogen (N) per acre
Magnesium:	If soil test Mg level is low and lime is recommended, use dolomitic limestone; if soil test Mg is low and lime is not recommended, apply 25 pounds of Mg/Acre.
	Coastal Plain: Low: 0 - 30 lbs/acre Medium: 31 - 60 lbs/acre High: >60 lbs/acre
	Piedmont: Low: 0 - 60 lbs/acre Medium: 61 - 120 lbs/acre High: >120 lbs/acre

Other: See boron (B) and calcium (Ca) recommendations below.

Soybeans (Code #017)				
Soil Test Rating	Potassium			
	Low K Coast: 0-70 lbs/A Pied: 0-120 lbs/A	Medium K Coast: 71-170 lbs/A Pied: 121-250 lbs/A	High K Coast: 171-275 lbs/A Pied: 251-400 lbs/A	Very High K Coast: 275+ lbs/A Pied: 400+ lbs/A
<b>Phosphorus</b>	Recommended Pounds N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O per Acre			
<b>Low P</b> Coast: 0-30 lbs/A Pied: 0-20 lbs/A	0-70-100	0-70-80	0-70-60	0-70-0
<b>Medium P</b> Coast: 31-60 lbs/A Pied: 21-40 lbs/A	0-40-100	0-40-80	0-40-60	0-40-0
<b>High P</b> Coast: 61-100 lbs/A Pied: 41-75 lbs/A	0-0-100	0-0-80	0-0-60	0-0-0
<b>Very High P</b> Coast: 100+ lbs/A Pied: 75+ lbs/A	0-0-100	0-0-80	0-0-60	0-0-0
Coast = Coastal Plain Pied = Piedmont, Mountain, and Limestone Valley				

**Recommendations:**

Recommended pH: 6.0. If the pH is less than 6.0, see Lime Table C.

Nitrogen:	0 pounds nitrogen (N) per acre
Magnesium:	If soil test Mg level is low and lime is recommended, use dolomitic limestone; if soil test Mg is low and lime is not recommended, apply 25 pounds of Mg/Acre.
	Coastal Plain: Low: 0 - 30 lbs/acre Medium: 31 - 60 lbs/acre High: >60 lbs/acre
	Piedmont: Low: 0 - 60 lbs/acre Medium: 61 - 120 lbs/acre High: >120 lbs/acre

**Comments:**

For Coastal Plain Soils Only: If the soil test manganese (Mn) level is low, apply 10 pounds of manganese per acre either as manganese sulfate or manganese oxide as a broadcast application.

**CAUTION:** If the soil pH is 6.0 or less, do not apply manganese, irrespective of the soil manganese level.

**Fact Sheet:**

Inoculate seed at planting. Apply 1 ounce of molybdenum salt per bushel of seed as a seed treatment.



HAWAII COOPERATIVE EXTENSION SERVICE  
College of Tropical Agriculture and Human Resources  
University of Hawaii  
GENERAL HOME GARDEN SERIES No. 18

THE pH PREFERENCE OF PLANTS

by Wade W. McCall\*

Favorable conditions for plant growth requires proper pH, suitable soil texture, proper aeration and drainage, and adequate supply of plant nutrients, protection from pests, and proper climatic conditions. Maximum growth and yields are obtained when all of these factors of plant growth are optimum.

Each species of plant has a certain pH range for its growth and yield. Some species make their growth in a relatively narrow pH range, while others will tolerate a much wider range. There are a few plants

which will grow over a very wide range of pH, these are usually weeds.

This listing of plants, with their suggested pH range, is based upon the best information available at the present time. It is designed to place this useful information in the hands of the grower in a form easily used in determining suggested plant requirements. This is not an exhaustive listing but should be useful for many growers. The range of pH tolerance, where known, is given.

Table 1. The pH Preference of Plants

Plant	Suggested pH	pH tolerance	Plant	Suggested pH	pH tolerance
<b>Field Crops:</b>					
Alfalfa	6.5-7.5	6.0-8.0	Rice	5.0-6.5	4.5-8.0
Castor Bean	6.0-7.5		Sorghum	5.5-7.0	5.0-8.5
Field Corn	5.5-7.0	5.0-7.5	Sugar Cane	6.0-7.0	4.5-8.0
Kaimi Clover	5.5-6.5	4.5-7.0	Taro	5.5-7.5	
Kikuyu Grass	5.5-6.5		Trefoil	5.5-6.0	5.0-7.5
Pangola Grass	5.5-6.5		White Clover	6.0-7.0	5.5-8.0
<b>Flowering Plants:</b>					
Anthurium	5.5-6.5	5.0-7.5	Hibiscus	6.0-7.0	5.0-8.0
Azalea	4.5-5.0		Ixora	6.0-7.5	5.0-8.0
Begonia	5.5-7.0		Jacaranda	6.0-7.5	
Bougainvillea	5.5-7.0	5.0-8.0	Lantana	5.5-7.0	
Camellia	4.5-5.5		Magnolia	5.5-6.5	5.0-7.0
Carnation	6.0-7.5	5.0-8.0	Marigold	5.5-6.5	4.5-7.5
Chrysanthemum	6.0-7.5	5.0-8.0	Oleander	6.0-7.5	
Flame Grass	5.5-6.5	5.0-7.5	Orchid	4.0-5.0	
Gardenia	5.0-6.0	4.5-7.5	Poinciana	6.0-7.5	
Geranium	6.0-7.0	5.5-8.0	Poinsettia	6.0-7.5	
Ginger	6.0-7.0	5.0-8.0	Pomegranite	6.0-7.5	
Honeysuckle	6.5-7.5	5.5-8.0	Roses	5.5-7.0	
<b>Nuts:</b>					
Coconut	6.0-8.0		Macadamia	5.0-6.0	
Coffee	5.0-6.0				

Issued in furtherance of Cooperative Extension Work, Acts of May 8 and June 30, 1914, in cooperation with the U.S. Department of Agriculture. Noel P. Kefford, Director of the Institute and Dean of the College, Cooperative Extension Service, College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii at Manoa, Honolulu, HI 96822. An Equal Opportunity Employer providing programs and services to the citizens of Hawaii without regard to race, color, national origin, or sex.

Lampiran H. Dokumentasi



Gambar H. 1. Dokumentasi Pengujian Alat di Lahan Pertanian Desa Margasari, Tigaraksa, Kab. Tangerang



Gambar H. 2. Dokumentasi Pengujian Alat di Lahan Pertanian Desa Margasari, Tigaraksa, Kab. Tangerang



Gambar H. 3. Dokumentasi Pengujian Alat di Lahan Pertanian Desa Margasari, Tigaraksa, Kab. Tangerang



Gambar H. 4. Dokumentasi Pengujian Alat di Lahan Pertanian Desa Margasari, Tigaraksa, Kab. Tangerang

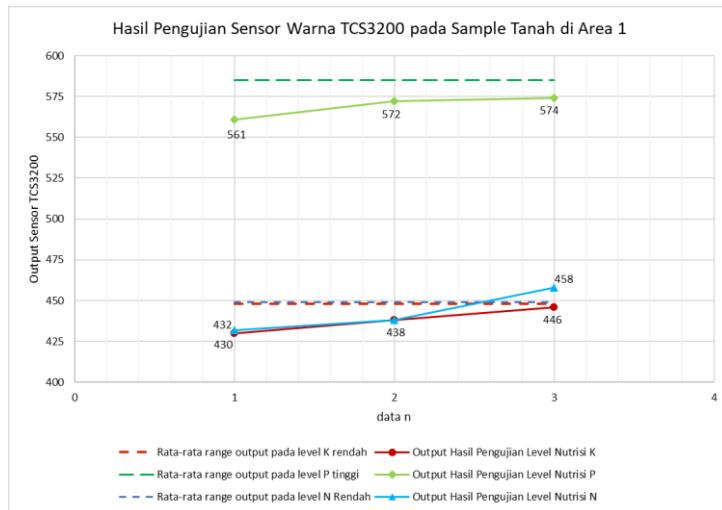


Gambar H. 5. Dokumentasi Pengujian Alat di Lahan Pertanian Desa Margasari, Tigaraksa, Kab. Tangerang

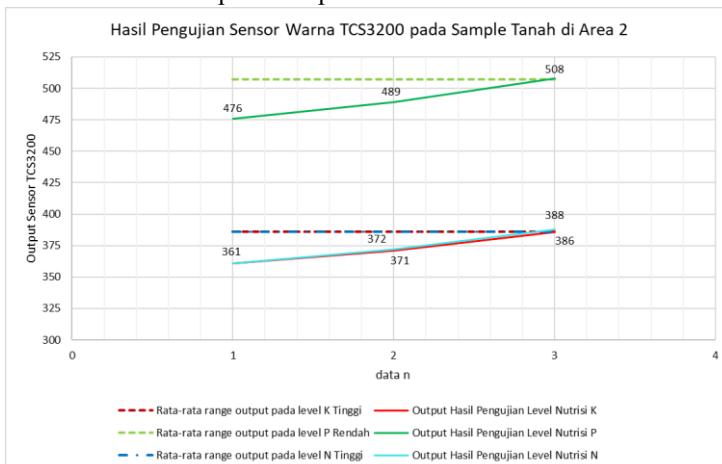


Gambar H. 6. Dokumentasi Pengujian Alat di Lahan Pertanian Desa Margasari, Tigaraksa, Kab. Tangerang

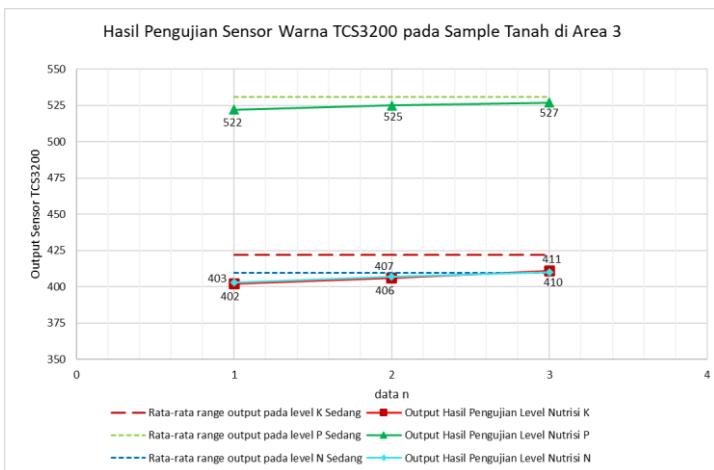
## Lampiran I. Grafik-grafik hasil pengujian



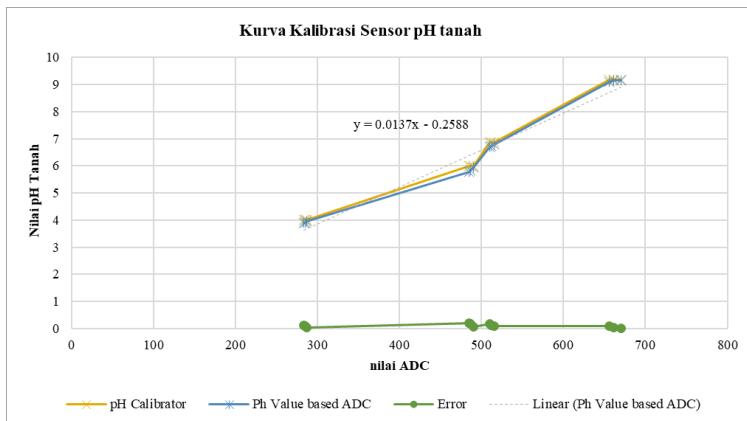
Gambar I. 1. Kurva kalibrasi sensor warna dalam penentuan level nutrisi pada sampel tanah di Area 1



Gambar I. 2. Kurva kalibrasi sensor warna dalam penentuan level nutrisi pada sampel tanah di Area 2



Gambar I. 3. Kurva kalibrasi sensor warna dalam penentuan level nutrisi pada sampel tanah di Area 3

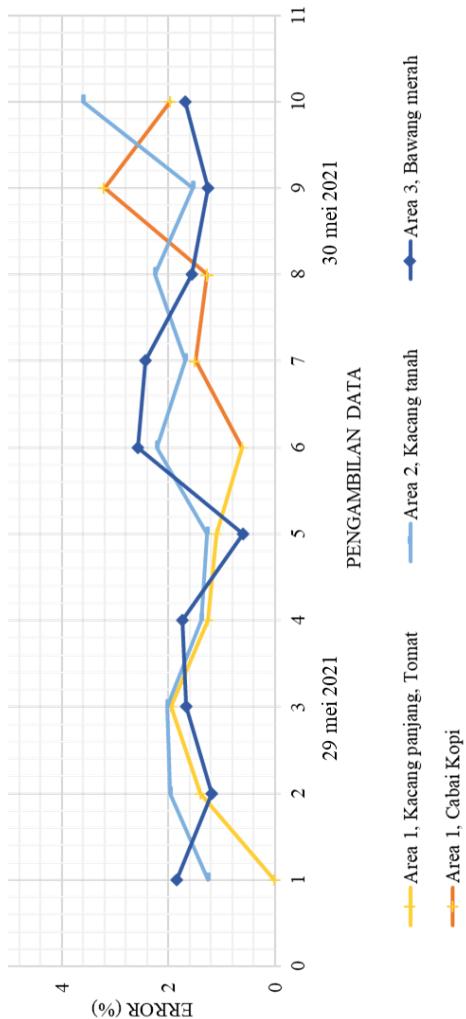


Gambar I. 4. Kurva kalibrasi sensor warna dalam penentuan level nutrisi pada sampel tanah di Area 3



Gambar I. 4. Kurva Performansi Sistem Pengambilan Keputusan Tanaman dengan Menggunakan Metode Fuzzy saat Pengujian

KURVA ERROR PERFORMANSI PENGAMBILAN KEPUTUSAN  
REKOMENDASI TANAMAN



Gambar I. 5. Kurva Error Performansi Pengambilan Keputusan Tanaman dengan Metode Fuzzy

## **BIODATA PENULIS**



Nama : Novanna Rahma Zani  
Tempat/Tanggal Lahir : Tangerang / 17 November 2000  
Alamat : Jl. Teratai 1 AIF 9 Tigaraksa  
Telepon/Hp : 089514255127  
Email : novannarahmazani@gmail.com

### **Riwayat Pendidikan :**

- SDN Kaduagung Tigaraksa Tahun 2006 – 2012
- SMP Negeri 1 Tigaraksa Tahun 2012 – 2015
- SMK Penerbangan Dirghantara Tahun 2015 – 2018
- Politeknik Elektronika Negeri Surabaya Tahun 2018 – 2021

Penulis telah mengikuti seminar Proyek Akhir pada tanggal Agustus 2021, sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Ahli Madya (A.Md.T).