



Embedded System

RANCANG BANGUN ALAT UKUR KUALITAS TANAH UNTUK REKOMENDASI TANAMAN BERBASIS MIKROKONTROLER

Yuni Anggraini¹, Rian Ferdian^{*2}, Dodon Yendri³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Komputer, FTI Universitas Andalas Limau Manis Kec. Pauh, Kota Padang, Sumatera Barat 25163 Indonesia

ARTICLE INFORMATION

Received: 12 Mei 2024
Revised: 18 September 2024
Available online: 31 Oktober 2024

KEYWORDS

Five words maximum, comma separated

CORRESPONDENCE

E-mail: rian.ferdian@it.unand.ac.id

A B S T R A C T

Indonesia is known as an agrarian country which is very suitable as a farming area. In farming, of course, many factors affect the growth and development of planted plants. One of the factors that influence this is soil quality. Therefore, research was conducted to make design a soil quality measuring instrument for microcontroller-based plant recommendations. The purpose of this design is that the system can measure soil quality and send measurement information and recommend plants that are suitable for planting on a particular land through the Android application. This soil quality measuring device uses an ESP32 microcontroller equipped with Wifi, a DS18B20 sensor, a Soil Moisture sensor, and a soil pH sensor. The system performs input processing using the Tsukamoto fuzzy logic method. Where the results obtained in this design test are the system can send the results of soil quality measurements and recommendations for suitable plants to be planted then can send measurement information and recommendations through the Android application with a success percentage of 88.89% so it can be said that this tool works well.

PENDAHULUAN

Indonesia dikenal sebagai negara agraria hal ini disebabkan karena sebagian besar penduduk Indonesia bermata pencaharian dibidang pertanian dengan lahan yang sangat luas dan keanekaragaman hayati yang dimiliki Indonesia juga sangat beragam[1]. Indonesia sangat cocok dijadikan daerah untuk bercocok tanam. Namun di Indonesia lahan yang luas dan subur ini belum sepenuhnya diolah dengan baik, masih banyak tanah atau lahan kosong yang tidak diolah atau bahkan dibiarkan begitu saja [2].

Dalam bercocok tanam tentunya terdapat banyak faktor yang mempengaruhi pertumbuhan maupun perkembangan dari tanaman yang ditanam salah satu faktor yang mempengaruhi hal tersebut yaitu kualitas tanah. Penurunan kualitas tanah pada suatu daerah juga disebabkan oleh pengolahan pada lahan pertanian yang diolah kurang tepat oleh petani sehingga juga berdampak kepada hasil dari pertanian tersebut kurang

maksimal dikarenakan pertumbuhan dari tanaman nya kurang optimal[3]. Penelitian terkait sebelumnya yaitu alat untuk pengecekan kesuburan tanah, dimana pada penelitian ini menggunakan sensor *soil moisture* untuk mengukur tingkat kelembaban pada tanah dan untuk output pada penelitian ini akan ditampilkan pada LCD. Pada penelitian ini hanya dilakukan penelitian untuk pengecekan kualitas tanah dengan menggunakan satu parameter saja yaitu dengan mengukur tingkat kelembaban atau intensitas air di dalam tanah[4]. Dimana pada alat ukur mendeteksi kesuburan tanah ini dirancang dengan menggunakan sensor suhu yang digunakan untuk mendeteksi suhu udara disekitar lahan [5]. Namun pada alat tersebut tidak dilengkapi aplikasi *mobile* dan rekomendasi tanaman yang cocok ditanam.

TINJAUAN PUSTAKA

Tanah

Tanah adalah sebuah benda alami yang ada pada permukaan bumi, tanah tersusun dari bahan-bahan mineral yang merupakan hasil dari pelapukan batuan dan juga bahan organik berupa pelapukan dari residu tumbuhan dan hewan yang menjadi medium tanaman yang menggunakan sifat-sifat tertentu dari faktor-faktor alami maupun faktor pendukung lainnya [6]. Tanah juga merupakan media tumbuh tanaman pada tanaman semusim maupun tanaman tahunan yang bermanfaat bagi kesejahteraan manusia dan makhluk hidup lainnya. Adapun unsur unsur yang terkandung pada tanah yaitu udara (20-30%), air (20-30%), bahan mineral (45%), dan bahan organik (5%)[7]. Fungsi utama tanah yaitu sebagai tempat tumbuh dan berkembangnya tanaman, untuk melakukan fungsi tersebut tanah dipengaruhi oleh sifat kimia, fisik dan biologi yang baik. Semakin baik sifat sifat tersebut maka akan berpengaruh juga terhadap tingkat kesuburan dan kualitas tanah[8].

Kualitas Tanah

Kualitas tanah adalah kemampuan suatu tanah untuk melakukan fungsi penting dalam kegunaannya sendiri, dan merupakan kombinasi dari kesesuaian tanah untuk digunakan dan kemampuan tanah untuk fungsi tersebut [9].

Suhu Udara

Suhu merupakan parameter yang memengaruhi pertumbuhan maupun perkembangan tumbuhan. Suhu sangat berpengaruh terhadap laju metabolisme, fotosintesis, respirasi, dan transpirasi tumbuhan. Suhu udara tinggi akan merusak enzim sehingga metabolisme tidak berjalan baik. Tumbuhan memiliki suhu optimum antara 0 – 40 °C. Pada suhu udara di bawah 0 °C dan di atas 40 °C tumbuhan tidak akan bertahan [10].

Kelembaban Tanah

Kelembaban tanah merupakan kadar air yang mengisi sebagian atau seluruh pori-pori tanah yang berada di atas permukaan air tanah. Apabila kelembaban tanah yang tinggi dapat menimbulkan dan mengakibatkan kesulitan dalam melakukan kegiatan permanen hasil pertanian [11].

pH Tanah

pH tanah merupakan standar pengukuran tingkat keasaman atau kebasaaan pada suatu lahan. Tanaman memiliki karakteristik kebutuhan kadar pH yang berbeda-beda oleh sebab itu kadar pH dalam tanah harus diketahui untuk menentukan tanaman apa yang cocok ditanam atau di budidayakan. Suatu benda dikatakan bersifat asam jika angka skala pH kurang dari 7 dan disebut basa jika skala ph lebih dari 7. jika skala ph adalah 7 maka benda tersebut bersifat netral. pH tanah ideal bagi tanaman yaitu 5-7.5 [12].

Syarat Tumbuh Tanaman yang Digunakan

Tabel 1. 1 Syarat Tumbuh Tanaman
[13][14][15][16]

Tanaman	Suhu Udara	Kelembaban Tanah	pH Tanah
Kubis	15 – 24 °C	60 – 72 %	5.5–6.5
Bawang Daun	15 – 24 °C	70 – 90 %	6.5–7.5
Tomat	24 – 28 °C	60 – 72 %	5.0–6.0
Mentimun	24 – 28 °C	30 – 62 %	6.0–7.0
Kacang Panjang	28 – 32 °C	30 – 62 %	5.5–6.5
Bawang Merah	28 – 32 °C	30 – 62 %	5.0–6.0

Sensor Suhu DS18B20

Sensor suhu yang digunakan yaitu sensor suhu DS18B20. Sensor ini memiliki kelebihan yaitu cocok dipergunakan pada tempat yang sulit karena output data sensor ini data digital, sehingga tidak terjadi degradasi data. Sensor ini dapat mendeteksi suhu -55°C hingga 125°C menggunakan tingkat keakurasian (+/-0.5°C) dan resolusi 9 sampai 12-bit data (yg bisa dikonfigurasi [17]).

Sensor Soil Moisture

Sensor untuk mengukur kelembaban tanah yang digunakan adalah sensor *soil moisture* YL-69. Sensor YL-69 merupakan sensor yang membaca nilai kelembaban berdasarkan konstanta dielektrik tanah yang diukur dengan *transmission-line technique* saat dialiri listrik oleh lengan sensor. Oleh karena itu, pada saat sensor dimasukkan ke tanah kering nilai yang terbaca oleh sensor lebih besar daripada nilai pada tanah yang memiliki kadar air lebih tinggi. Hal ini karena nilai konstanta dielektrik berbanding terbalik dengan kandungan air tanah [18].

Sensor pH Tanah

pH tanah adalah tingkat atau kebasaaan suatu benda yang di ukur dengan skala pH antara 0 hingga 14. Alat untuk mendeteksi pH di sebut sensor pH. Sensor ini bekerja pada tegangan DC 5 Volt dan memiliki jangkauan pengukuran sebesar 6 cm dari ujung sensorke dalam tanah. Sensor ini dapat langsung disambungkan ke pin analog mikrokontroler tanpa memakai modul penguat. Sensor pH tanah ini memiliki warna kabel hitam sebagai output dan putih ground [19].

Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan komputer kecil yang dikemas dalam sebuah Integrated Circuit (IC). Dimana didalam IC tersebut terdapat komponen-komponen penting yang ada pada komputer pada umumnya seperti komputer *Central Processing Unit* (CPU), RAM, ROM, Port IO. Mikrokontroler dirancang hanya untuk mengerjakan tugas atau fungsi yang khusus saja (special purpose) yaitu mengontrol sistem tertentu.

ESP32

Mikrokontroler ESP32 merupakan mikrokontroler penerus ESP8266 yang dikenalkan oleh Espressif System pada September 2016 dan pada mikrokontroler ESP32 ini telah terdapat modul WiFi yang mendukung untuk pembangunan aplikasi IoT. ESP32 sendiri tidak jauh berbeda dengan ESP8266 yang familiar di pasaran, hanya saja ESP32 lebih kompleks dibandingkan ESP8266, cocok untuk sobat dengan proyek yang besar [20].

Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) merupakan software yang digunakan untuk memprogram di arduino, dengan kata lain Arduino IDE sebagai media untuk memprogram board Arduino. Kode program yang digunakan pada Arduino disebut dengan istilah Arduino “sketch” atau disebut juga source code arduino, dengan ekstensi file source code .ino[21].

Fuzzy Logic

Logika fuzzy adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input ke dalam ruang output. Fuzzy logic sering digunakan sebagai solusi pada sistem yang sangat rumit. Penambahan input baru pada sistem fuzzy hanya membutuhkan penambahan pada fungsi keanggotaan yang baru dan aturan-aturan yang berhubungan dengannya[22]. Dalam sistem fuzzy logic terdapat beberapa tahapan yaitu fuzzifikasi, rule base dan defuzzifikasi.

Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah proses perubahan variabel numerik menjadi variabel linguistik. Fuzzifikasi diharapkan dapat membantu menyederhanakan komputasi yang harus dilakukan oleh sistem tersebut dalam proses inferensinya. Tujuan dari fuzzifikasi ini adalah agar input sinyal fisis dapat cocok dengan rule base kontrol fuzzy pada inti kontroler. Fuzzifikasi merupakan suatu proses perubahan nilai tegas (crisp) yang ada kedalam fungsi keanggotaan.

Metode Tsukamoto

Metode Tsukamoto merupakan perluasan dari penalaran monoton, pada metode Tsukamoto, setiap konsekuen pada aturan yang berbentuk IF – Then harus direpresentasikan dengan suatu himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Sebagai hasilnya, output hasil inferensi dari tiap - tiap aturan yang diberikan secara tegas (crisp) berdasarkan α -predikat (fire strength). Hasil akhirnya diperoleh dengan menggunakan rata – rata terbobot[23].

MIT App Inventor

App Inventor for Android *Google App Inventor* adalah sebuah sistem berbasis *web open source* yang memungkinkan penggunaannya untuk memprogram komputer dengan tujuan untuk menciptakan aplikasi perangkat lunak atau software dengan sistem operasi windows. Pada penggunaannya aplikasi *App Inventor* ini menggunakan interface grafis yang hampir sama dengan interface pada *Scratch*. Aplikasi ini memudahkan pengguna untuk melakukan drag and drop berbagai objek visual pada aplikasi yang tengah dibangun sehingga sesuai dengan apa

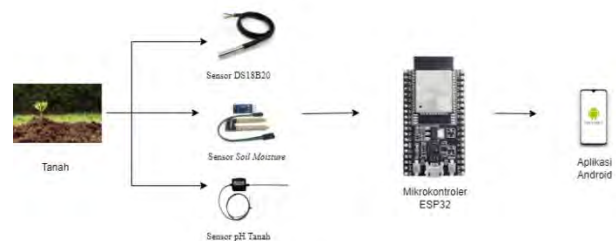
yang diinginkan dan dapat dijalankan pada perangkat Android[24].

Android

Android adalah sistem operasi berbasis Linux yang dirancang untuk perangkat bergerak layar sentuh seperti telepon pintar dan komputer tablet. Android awalnya dikembangkan oleh Android, Inc., dengan dukungan finansial dari Google, yang kemudian membelinya pada tahun 2005. Sistem operasi ini dirilis secara resmi pada tahun 2007[25].

METODOLOGI PENELITIAN

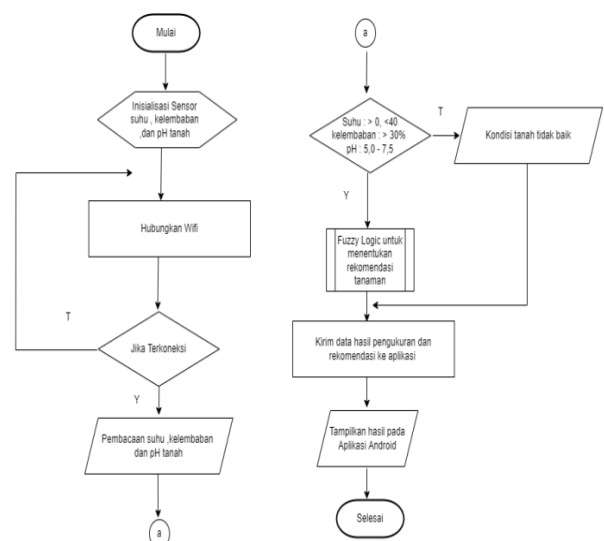
Rancangan Umum



Gambar 1. 1 Blok Diagram Rancangan Umum Sistem

Pada Gambar 1.1 diatas yaitu sistem dimana akan melakukan pengukuran terhadap tanah dengan tiga parameter ukur yaitu suhu udara, kelembaban, dan juga pH pada tanah dengan menggunakan sensor. Ketika ketiga parameter tersebut sudah didapatkan datanya, kemudian data tersebut diteruskan ke mikrokontroler untuk dilakukan pemrosesan data kemudian untuk mengambil keputusan apakah tanah tersebut dalam kualitas baik dan juga merekomendasikan jenis tanaman yang cocok ditanam berdasarkan data yang didapatkan yaitu dengan menggunakan metode *Fuzzy Logic*. Setelah hasil pengukuran didapatkan, system akan mengirim hasil pengukuran tersebut dengan menggunakan media komunikasi Wifi ke perangkat Android dan kemudian akan menampilkan hasilnya pada aplikasi yang sudah dibangun.

Rancangan Umum Proses



Gambar 1. 2 Rancangan Umum Proses

Gambar 1.2 merupakan rancangan umum proses pada sistem. Pada awalnya program menghubungkan koneksi dengan menggunakan jaringan internet atau wifi, jika koneksi tidak berhasil maka lakukan kembali pengkoneksian jaringan wifi sampai status koneksi berhasil setelah itu lanjut kepada proses inialisasi variabel yang akan digunakan pada tahapan selanjutnya. Kemudian didapatkan nilai suhu udara, kelembaban, dan juga pH yang terkandung didalam tanah tersebut kemudian apabila kualitas tanah tidak baik maka akan ditampilkan hasil pada dengan kondisi tanah tidak baik dan akan dilakukan perulangan proses ke inialisasi variabel dengan lahan yang berbeda kemudian jika kualitas baik akan dilakukan pengecekan tanaman apa yang cocok digunakan dengan menggunakan rules pada metode *fuzzy logic* setelah didapatkannya keputusan atau kesimpulan dari aturan tersebut kemudian hasil pengukuran dan juga hasil rekomendasi tanaman akan dikirimkan ke aplikasi android. Jika tanaman dalam kondisi baik tetapi ada tanaman yang direkomendasikan pada rules fuzzy maka akan ditampilkan tanaman tidak ada yang cocok.

Rancangan fuzzy logic



Gambar 1. 3 Flowchart Fuzzy Logic

Pada gambar 1.3 merupakan *flowchart logika fuzzy*, yang diawali dengan pemanggilan fungsi *fuzzy* kemudian dilanjutkan dengan proses menentukan derajat keanggotaan masing masing variabel kemudian dilanjutkan proses menentukan derajat keanggotaan. Setelah didapatkan derajat keanggotaan maka dilanjutkan ke tahap aturan fuzzy atau rule base kemudian dilanjutkan ke tahap penentuan nilai z atau *inferensi* setelah didapatkan inferensi lalu dilanjutkan ke tahap defuzzifikasi. Hasil total defuzzifikasi akan menjadi range dalam menentukan rekomendasi tanaman yang cocok ditanam.

Rancangan Himpunan dan Keanggotaan Fuzzy

Perancangan *fuzzy logic* ini menggunakan metode *fuzzy logic Tsukamoto*. Variabel *fuzzy* yang digunakan yaitu suhu tanah, kelembaban tanah dan nutrisi pada tanah. Persamaan fungsi

keanggotaan variabel Suhu Udara, Kelembaban Tanah, pH Tanah :

1. Suhu Udara

Tabel 1. 2Vaiabel Suhu Udara

Himpunan	Range
Bawang Daun, Kubis	15 – 24
Tomat	24 – 28
Bawang Merah, K. Panjang, Tomat	28 – 33

$$[x] \begin{cases} 0; x \geq 24 \\ \frac{24-x}{24-15}; 15 \leq x \leq 24 \\ 1; x \leq 15 \end{cases}$$

$$[x] \begin{cases} 0; x \leq 24 \text{ atau } x \geq 28 \\ \frac{x-24}{26-24}; 24 \leq x \leq 26 \\ \frac{26-x}{28-26}; 26 \leq x \leq 28 \end{cases}$$

$$[x] \begin{cases} 0; x \leq 28 \\ \frac{x-28}{32-28}; 28 \leq x \leq 33 \\ 1; x \geq 33 \end{cases}$$

2. Kelembaban Tanah

Tabel 1.3 Variabel Kelembaban Tanah

Himpunan	Range
Bawang Merah, Kacang Panjang	30 – 62
Tomat, Mentimun, Kubis	60 – 72
Bawang Daun	70 – 90

$$[x] \begin{cases} 0; x \leq 30 \text{ atau } x \geq 62 \\ \frac{x-30}{46-30}; 30 \leq x \leq 46 \\ \frac{62-x}{62-46}; 46 \leq x \leq 62 \end{cases}$$

$$[x] \begin{cases} 0; x \leq 60 \text{ atau } x \geq 72 \\ \frac{x-60}{66-60}; 60 \leq x \leq 66 \\ \frac{72-x}{72-66}; 66 \leq x \leq 72 \end{cases}$$

$$[x] \begin{cases} 0; x \leq 70 \\ \frac{x-70}{90-70}; 70 \leq x \leq 90 \\ 1; x \geq 90 \end{cases}$$

1. pH Tanah

Tabel 1. 4 Variabel pH Tanah

Himpunan	Range
Tomat, Bawang Merah	5,0 – 6,0
Kacang Panjang, Mentimun, Kubis	5,5 – 6,5
Bawang Daun	6,5 – 7,0

$$[x] \begin{cases} 0; x \geq 6 \\ \frac{6-x}{6-5}; 5 \leq x \leq 6 \\ 1; x \leq 5 \end{cases}$$

$$[x] \begin{cases} 0; x \leq 5,5 \text{ atau } x \geq 6,5 \\ \frac{x-5,5}{6-5,5}; 5,5 \leq x \leq 6 \\ \frac{6,5-x}{6,5-6}; 6 \leq x \leq 6,5 \end{cases}$$

$$[x] \begin{cases} 0; x \leq 6,5 \\ \frac{x-6,5}{7,5-6,5}; 6,5 \leq x \leq 7,5 \\ 1; x \geq 7,5 \end{cases}$$

Rancangan Membership Function

Membership function hasil rekomendasi tanaman merupakan output dari ketiga Membership function sebelumnya. Pada output akan dibagi menjadi 10 fungsi keanggotaan sebagai berikut :

Tabel 1.5 Membership Function

Jenis Tanaman	Range Output (Z)
Kubis	0 – 16
Bawang Daun	16– 34
Tomat	34 – 50
Mentimun	50 – 68
Kacang Panjang	68 – 84
Bawang Merah	84 – 100

Perancangan Rules

Rule ini sebagai alat bantu untuk mengetahui jenis tanaman yang tepat pada kondisi tanah yang akan di analisis. Aturan rule dituliskan dalam bentuk (IF-THEN), data aturan yang digunakan dalam menganalisis menggunakan metode fuzzy logic. Seperti tabel berikut ini.
dalam bentuk (IF-THEN), data aturan yang digunakan dalam menganalisis menggunakan metode fuzzy logic. Seperti tabel berikut ini.

Tabel 1. 6 Rule Base Fuzzy Logic

Suhu	pH	pH0	pH1	pH2
Suhu0	Kel0	-	-	-
	Kel1	Kubis	Kubis	-
	Kel2	-	Bawang Daun	Bawang Daun
Suhu1	Kel0	Tomat	Tomat	Mentimun
	Kel1	Tomat	Mentimun	Mentimun
	Kel2	-	-	-
Suhu2	Kel0	Bw. Merah	K. Panjang	-
	Kel1	Bw. Merah	K. Panjang	K. Panjang
	Kel2	-	-	-

Defuzzifikasi

Pada tahap defuzzifikasi terdapat 2 metode, namun pada sistem ini metode yang digunakan yaitu metode weight of average. Metode ini dilakukan untuk mendapatkan nilai output (z) dari fuzzy logic. Rumus yang digunakan untuk mendapatkan nilai Z yaitu sebagai berikut :

$$Z = \frac{\sum \mu_i \times z_i}{\sum \mu}$$

Dengan μ_i adalah α -predikat ke-i dan z_i adalah output pada anteseden aturan ke-i

Rancangan Aplikasi Android

Rancangan aplikasi android merupakan perancangan aplikasi yang akan digunakan untuk menerima data hasil pengukuran menggunakan mikrokontroler



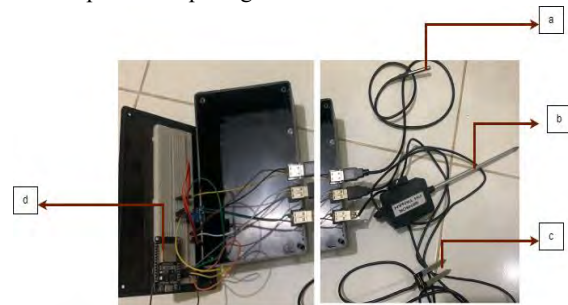
Gambar 1.4 Rancangan Aplikasi Android

HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi Perangkat Keras

Implementasi Perangkat Keras

Pengimplementasian perangkat keras pada penelitian ini menggunakan komponen-komponen yang saling terhubung pada ESP32. Dapat dilihat pada gambar



Gambar 2. 1 Implementasi Sistem

Gambar 2.1 yaitu rancangan perangkat keras sistem yang mana penjelasan masing-masing komponen yaitu :

- a. Sensor DS18B20 , digunakan untuk mengukur suhu udara di lingkungan lahan
- b. Sensor pH Tanah, digunakan untuk mengukur kadar atau tingkat asam basa pada tanah
- c. Sensor *soil moisture*, digunakan untuk mengukur kelembaban pada tanah
- d. Mikrokontroler ESP32, digunakan sebagai mikrokontroler yang menjadi pengontrol utama pada sistem dan juga sekaligus berfungsi sebagai modul WiFi yang akan mengirimkan dan menerima data melalui internet ke aplikasi

Pengujian dan Analisa

Sensor DS18B20

Pada pengujian dan analisa Sensor DS18B20 akan dilakukan pengujian dengan *Thermometer hygrometer digital*. Pengujian dilakukan untuk menguji tingkat keakuratan sensor dalam melakukan pembacaan suhu udara .

Tabel 2. 1 Data Perbandingan Pembacaan Suhu Menggunakan Sensor DS18B20 dan Hygrometer digital

Data ke-	Sensor DS18B20 (°C)	Thermometer Digital (°C)	Selisih	Error (%)
1	33.90	33.87	0.03	0.08
2	30.80	30.41	0.39	1.26
3	30.00	29.70	0.30	1
4	31.10	31.00	0.10	0.32
5	30.90	30.70	0.20	0.64
6	30.70	30.34	0.36	1.16
7	30.01	29.86	0.15	0.49
8	29.80	29.71	0.09	0.30
9	29.40	29.16	0.24	0.81
10	29.30	29.06	0.24	0.81
Jumlah			2.1	6.87
Rata Rata Selisih Pengukuran			0.21	
Rata Rata error			0.68	

Berdasarkan hasil pengujian pengukuran *sensor DS18B20* dan dibandingkan *hygrometer digital* didapatkan hasil rata-rata selisih pengukuran 0,21 °C dan rata-rata *error* 0,68% sehingga tingkat akurasi *sensor DS18B20* adalah 99.32 %.

Sensor Soil Moisture

Pengujian *sensor soil moisture* yang digunakan sebagai untuk melakukan pengujian terhadap tingkat kelembaban pada tanah dengan perbandingan pengukuran menggunakan *Grain Moisture meter*. Pengujian dilakukan dengan tiga kondisi tanah yang berbeda yaitu kondisi kering, lembab, dan juga basah.

Tabel 2. 2 Data Perbandingan Pembacaan Tingkat Kelembaban Tanah Menggunakan Sensor Soil Moisture dan Grain Moisture Meter

Percobaan	Sampel	Grain Moisture Meter (%)	Sensor Soil Moisture (%)	Selisih	Error
1	Basah	80.20	80.10	0.10	0.12
2		89.00	88.28	0.72	0.80
3		91.00	90.23	0.77	0.84
4	Lembab	41.00	41.88	0.88	2.1
5		51.00	51.28	0.28	0.54
6		60.00	60.28	0.28	0.46
7		64.00	64.32	0.32	0.50
8	Kering	10.00	9.54	0.46	4.60
9		11.90	12.09	0.19	1.59
10		15.20	15.48	0.28	1.84
Jumlah				4.28	13.39
Rata Rata Selisih Pengukuran				0.42	
Rata Rata error				1.33	

Berdasarkan hasil pengujian pengukuran *sensor Soil Moisture* dan dibandingkan *Grain Moisture meter* didapatkan hasil rata-rata selisih pengukuran 0,42 dan rata-rata *error* 1.33% sehingga tingkat akurasi *sensor Soil Moisture* adalah 98.67 %.

Sensor pH Tanah

Tabel 2. 3 Data Perbandingan Pembacaan Tingkat pH Tanah Menggunakan Sensor pH Tanah dan pH Meter Tanah Digital

Pengujian *sensor pH tanah* yang digunakan sebagai untuk melakukan pengujian terhadap nilai derajat keasaman pada tanah dengan perbandingan pengukuran menggunakan *pH meter tanah digital*

Percobaan	Sampel	Sensor pH Tanah	pH Meter	Selisih	Error (%)
1	Tanah	4.30	3.91	0.59	13.1
2	+	4.50	4.42	0.08	1.77
3		Larutan Bubuk pH 4.00	4.80	4.34	0.46
4	Tanah tanpa Larutan Bubuk pH	5.10	4.91	0.22	4.31
5		5.20	5.17	0.03	0.57
6		5.70	5.66	0.04	0.70
7	Tanah + Larutan Bubuk pH 6.86	6.70	6.35	0.35	5.22
8		6.80	7.06	0.26	3.82
9		7.00	6.80	0.20	2.85
10	Larutan Bubuk pH 6.86	7.00	6.67	0.33	4.2
Jumlah				2.76	46.12
Rata Rata Selisih Pengukuran				0.276	
Rata Rata error				4.61	

Berdasarkan hasil pengujian tabel 2.3 pengukuran *sensor pH tanah* dan dibandingkan *pH meter tanah digital* didapatkan hasil rata-rata selisih pengukuran 0,276 dan rata-rata *error* 4.61% sehingga tingkat akurasi *sensor pH Tanah* adalah 95.39 %.

Pengujian dan Analisa Perangkat Lunak

Total Memori Program

- Total Memori Program



Gambar 2.2 Jumlah Memori yang digunakan Program

Gambar 2.2 yaitu waktu yang dibutuhkan untuk melakukan upload *sketch* ke dalam mikrokontroler ESP32 adalah 58 detik dan berjalan sukses. Berdasarkan hal tersebut maka *sketch program_PlantRec .ino* dapat berjalan dengan baik karena program yang digunakan masih belum mencapai total memori maksimum.

Tabel 2. 4 Pengujian Waktu Eksekusi Program

Percobaan ke-	Jenis Inputan	Waktu Eksekusi
1	Sensor Suhu DS18B20	11.29 dtik
2		10.24 detik
3		11.51 detik
4		10.37 detik
5		10.15 detik
Rata Rata Waktu Eksekusi		10.63 detik
Percobaan ke-	Jenis Inputan	Waktu Eksekusi
1	Sensor Soil Moisture	9.26 dtik
2		10.14 detik
3		10.21 detik
4		9.57 detik
5		10.25 detik
Rata Rata Waktu Eksekusi		9.88 detik
Percobaan ke-	Jenis Inputan	Waktu Eksekusi
1	Sensor pH tanah	8.50 detik
2		9.40 detik
3		10.27 detik
4		10.05 detik
5		9.50 detik
Rata Rata Waktu Eksekusi		9.54 detik

Pada tabel 2.4 merupakan hasil perhitungan yang diperlukan oleh system dalam mengeksekusi program sehingga dapat terlihat bahwa waktu respon yang dibutuhkan oleh ketiga masukan memiliki selisih yang kecil dan dikatakan konsisten.

Pengujian Logika Fuzzy

Pengujian logika fuzzy dilakukan dengan cara membandingkan keluaran logika fuzzy dengan hasil keluaran yang telah diproses di mikrokontroler dengan keluaran fuzzy dengan menggunakan aplikasi Google Colab. Pengujian dilakukan dengan menggunakan data suhu udara, kelembaban tanah, dan juga pH tanah. Untuk pengujian diambil nilai suhu udara yaitu 30.03 °C, kelembaban tanah yaitu 42.15% dan pH tanah yaitu 5.58. Derajat keanggotaan fuzzy yang terpenuhi yaitu :

1. Suhu Udara

$$\begin{aligned}
 &\text{- Suhu 0} &&= 0 \\
 &\text{- Suhu 1} &&= 0 \\
 &\text{- Suhu 2} &= \frac{x-a}{b-a} &= \frac{30.03 - 27}{33 - 27} = 0.51
 \end{aligned}$$

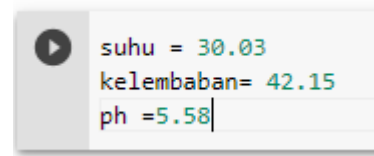
2. Kelembaban Tanah

$$\begin{aligned}
 &\text{- Kelembaban 0} &= \frac{60-x}{b-a} &= \frac{60 - 42.15}{60 - 30} = 0.59 \\
 &\text{- Kelembaban 1} &= 0 \\
 &\text{- Kelembaban 2} &= 0
 \end{aligned}$$

3. pH tanah

$$\begin{aligned}
 &\text{- pH 0} &= \frac{6-x}{b-a} &= \frac{6 - 5.58}{6 - 5} = 0.42 \\
 &\text{- pH 1} &= 0 \\
 &\text{- pH 2} &= 0
 \end{aligned}$$

Proses untuk mendapatkan keluaran digunakan fungsi MIN yang mana fungsi ini mengambil deajut keanggotaan aling kecil dari variabel input sebagai keluarannya. Untuk pengujiannya merupakan proses fuzzy pada system dengan menggunakan Google Colab. Berikut proses pendeklarasian tiap tiap variabel inputan.



Gambar 2.3 Pendeklarasian Nilai Variabel Input

Setelah dilakukan pendeklarasian maka didapatkan derajat keanggotaan oleh system seperti gambar berikut. :

```

Derajat Keanggotaan Suhu Udara
suhu2 : 0.5050000000000002

Derajat Keanggotaan Kelembaban tanah
kelembaban0 : 0.5950000000000001

Derajat Keanggotaan ph tanah
ph0 : 0.41999999999999993
    
```

Gambar 2.4 Derajat Keanggotaan

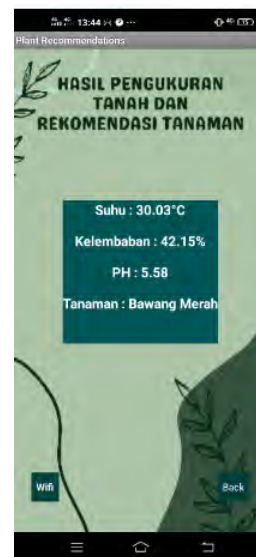
Gambar 2.4 merupakan hasil pengekseskuan tiap tiap rules yang telah dirancang.

```

16.0 16.0 16.0 16.0 34.0 34.0 50.0 34.0 50.0 50.0 68.0 68.0 68.0 90.72 84.0
Range tanaman : 90.72
    
```

Gambar 2.5 Hasil Defuzzifikasi oleh Sistem

Gambar 2.5 hasil defuzzifikasi dari data yang didapatkan dengan menggunakan Google Collab adalah 90.72. Sesuai dengan range membership yang dirancang rentang tersebut merekomendasikan tanaman bawang merah.

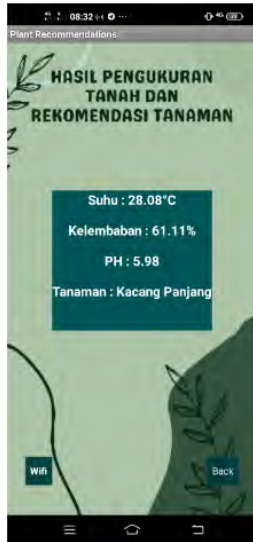


Gambar 2.6 Hasil Rekomendasi Pada Aplikasi

Berdasarkan gambar 2.6 diatas hasil rekomendasi dari perhitungan manual dan juga pada Google Colab sama dengan hasil yang ditampilkan pada aplikasi sehingga dapat disimpulkan bahwa metode fuzzy logic sudah dapat berjalan dengan baik

Pengujian dan Analisa Software Pada Aplikasi Mobile

Pengujian ini dilakukan untuk menguji kemampuan halaman monitoring untuk dapat menampilkan data hasil pengukuran kualitas tanah dan juga hasil rekomendasi tanaman yang dikirim dari mikrokontroler. Berikut ini merupakan *user interface* pada halaman tampilan hasil pengukuran kualitas tanah.



```
08:33:04.468 -> Suhu Udara= 28.08 °C
08:33:04.608 -> Kelembaban Tanah = 61.11 %
08:33:04.749 -> Ph= 5.98
08:33:04.749 ->
08:33:04.749 ->
08:33:04.749 -> Tanaman=Kacang Panjang-
08:33:04.749 ->
08:33:04.749 ->
```

Gambar 2.7 Tampilan Output Aplikasi Mobile

Pada gambar 2.7 merupakan tampilan output dari aplikasi dan juga pebandingan dengan hasil yang ada pada serial monitor.

Tabel 2.5 Kesamaan Data Ouput dan Aplikasi Mobile

Indikator	Tampilan pada Serial Monitor	Tampilan pada Aplikasi Mobile	Kesamaan Data
Suhu Udara	28.08 °C	28.08 °C	Sama
Kelembaban Tanah	61.11 %	61.11 %	Sama
pH Tanah	5.98	5.98	Sama
Tanaman	Kacang Panjang	Kacang Panjang	Sama

Berdasarkan data pada tabel 2.5 dapat disimpulkan bahwa data yang ditampilkan alat pada *Serial Monitor* dikirim dengan tepat oleh WiFi Mikrokontroler ESP32 ke Aplikasi *Mobile* pada *Smartphone*.

Pengujian dan Analisa Sistem Keseluruhan

Pada tahap ini dilakukan pengujian keseluruhan sistem untuk mengetahui apakah sistem dapat bekerja sesuai dengan fungsinya yaitu mengukur kualitas tanah dan merekomendasikan tanaman yang sesuai berdasarkan hasil pengukuran.

1. Kondisi kualitas tanah yang tidak baik

Pengujian terhadap kondisi tanah yang tidak memenuhi syarat ideal tumbuh tanaman yang mana syarat ideal suhu udara bagi tanaman yaitu berkisar antara 0 - 40 °C dan kelembaban tanah ideal yaitu diatas 30 % kemudian dengan tingkat keasaman yaitu berkisar antara 5.0 - 7.5

Tabel 2.6 Pengujian Parameter Tanah Tidak Sesuai Batas Ideal Tanaman




Percobaan ke-	Suhu Udara (0 - 40 °C)	Kelembaban Tanah (>30)	pH Tanah (5.0-7.5)	Hasil / Kondisi Tanah
1	29.98 °C	60.16 %	3.33	Tidak Baik
2	27.75 °C	49.63 %	2.70	Tidak Baik
3	28.19 °C	47.40 %	3.91	Tidak Baik
4	27.94 °C	48.11 %	4.05	Tidak Baik
5	28.16 °C	19.08 %	5.14	Tidak Baik
6	26.68 °C	22.21 %	4.50	Tidak Baik
7	26.82 °C	26.00 %	3.39	Tidak Baik
8	29.98 °C	60.16 %	3.33	Tidak Baik
9	28.21 °C	15.23 %	5.89	Tidak Baik
10	28.31 °C	14.79 %	5.88	Tidak Baik

Berdasarkan tabel 2.6 yaitu pengujian terhadap kondisi tanah yang tidak baik dengan kondisi syarat tumbuh tanaman yang tidak terpenuhi yaitu kondisi ketika kelembaban tanah dibawah 30% dan juga pH tanah yang tidak sesuai rentang pH tanah ideal tumbuh tanaman dari percobaan diatas maka dapat disimpulkan pengujian terhadap kondisi tanah yang tidak baik dengan tampilan yang sesuai dengan syarat tumbuh tanaman berhasil.

2. Kondisi kualitas tanah baik




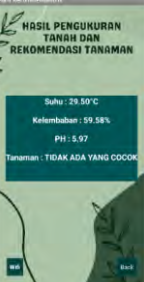

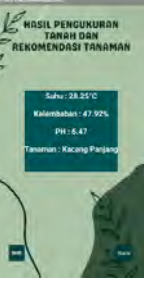


Pengujian terhadap kondisi kualitas tanah baik berdasarkan ketiga parameter yaitu suhu udara, kelembaban tanah, pH tanah dan sistem dapat menentukan hasil tanaman ataupun jika kondisi tanah dalam keadaan baik namun tidak sesuai dengan rules yang telah dirancang maka sistem akan menampilkan tidak ada tanaman yang cocok.











Tabel 2.7 Pengujian Kualitas tanah

Lahan Tanah	Suhu Udara (°C)	Kelembaban Tanah (%)	pH Tanah	Hasil / Kondisi Tanah
Lahan 1 	31.95 °C	41.19 %	5.10	Tanaman Bawang
	31.95 °C	36.08 %	5.08	Tanaman Bawang
	31.94 °C	35.89 %	5.43	Tanaman Bawang
Lahan 2 	31.23 °C	40.60 %	6.06	Tanaman Kacang Panjang
	31.13 °C	38.23 %	6.03	Tanaman Kacang Panjang
	31.86 °C	40.82 %	6.10	Tanaman Kacang Panjang
Lahan 3 	32.70 °C	32.30 %	5.36	Kondisi Tanah Baik , Tanaman Tidak ada yang Cocok
	32.60°C	32.80 %	5.58	Kondisi Tanah Baik , Tanaman Tidak ada yang Cocok
	32.57 °C	31.85 %	5.64	Kondisi Tanah Baik , Tanaman Tidak ada yang Cocok
	32.53 °C	30.50 %	5.71	Kondisi Tanah Baik , Tanaman Tidak ada yang Cocok

Pada tabel 2.7 yaitu pengujian terhadap kualitas tanah dengan 3 daerah atau lahan yang berbeda. Berdasarkan hasil pengujian pada lahan pertama didapatkan kualitas tanah yang baik dengan rekomendasi tanaman yang cocok ditanam yaitu tanaman bawang. Pada lahan kedua yaitu kondisi tanah baik dengan rekomendasi tanaman yang cocok ditanam yaitu tanaman kacang panjang dan lahan ketiga kondisi tanah yang baik namun rekomendasi tanaman tidak ada yang cocok karena tanaman tidak cocok dengan rule yang telah dirancang. Dari hasil percobaan tabel 2.7 diatas dapat disimpulkan bahwa alat ukur kualitas tanah telah mencapai tujuan dari pembuatan alat tersebut.

Tabel 2.8 Kesesuaian dengan Lahan

Lahan Tanaman	Suhu Udara (°C)	Kelembaban Tanah(%)	pH Tanah	Tampilan di Aplikasi	Indikator Keberhasilan
 (Bawang Merah)	28.23 °C	48.51 %	5.42		Sesuai
	29.95°C	45.53%	5.44		Sesuai
	29.50°C	59.58%	5.97		Tidak Sesuai
 (Kacang Panjang)	28.25°C	47.92%	6.47		Sesuai
	28.18 °C	45.96%	5.94		Sesuai
	28.08°C	61.11%	5.98		Sesuai

	27.79°C	44.24%	6.67		Sesuai
	27.89°C	42.28%	6.67		Sesuai
(Mentimun)	27.73°C	44.05%	6.44		Sesuai
	27.15°C	68.20%	5.30		Sesuai
	26.56°C	69.12%	5.21		Sesuai
(Tomat)	27.10°C	67.97%	5.40		Sesuai
	23.58°C	68.21%	6.58		Tidak Sesuai

(Kubis)	23.15°C	65.21%	5.81		Sesuai
	23.56°C	68.12%	6.35		Sesuai
 (Bawang Daun)	23.15°C	72.12%	6.62		Sesuai
	22.51°C	75.50%	6.58		Sesuai
	23.92°C	71.19%	6.52		Sesuai

Pada tabel 2.8 yaitu pengujian kecocokan tanaman yang ditampilkan pada sistem dengan yang lahan tumbuh tanaman, Pengujian dilakukan pada dua tempat yaitu di daerah alahan panjang dan juga lubang minturun yang mana kedua daerah tersebut merupakan daerah yang sangat cocok dalam bertanam tanaman hortikultura. Tanaman Bawang daun dan Kubis yaitu dilakukan pengujian alat di lahan tanaman tersebut yang berada di kecamatan gunung talang, sedangkan untuk tanaman tomat di air batumbuk yang mana suhu udaranya lebih tinggi dibandingkan di gunung talang. Tanaman kacang panjang bawang merah dan juga mentimun dilakukan pengujian di Balai Benih Induk Hortikultura Lubuk Minturun.

Dari masing-masing tanaman dilakukan tiga kali pengukuran dan dihasilkan 2 tanaman yang tidak sesuai dengan rules yang dirancang yaitu menghasilkan tampilan tanaman tidak ada yang cocok untuk tanaman bawang merah dan kubis dilahan masing-masing tanaman tersebut. Dari 18 percobaan yang dilakukan terdapat 2 percobaan yang tidak sesuai hal ini disebabkan karena hasil pembacaan tidak sesuai dengan jenis tanaman yang tumbuh pada lahan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa

alat ukur kualitas tanah untuk merekomendasikan tanaman dapat bekerja dengan baik dan telah memenuhi tujuan dari pembuatan alat ini.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan pengujian yang telah dilakukan pada alat ukur kualitas tanah untuk rekomendasi tanaman berbasis mikrokontroler, didapati kesimpulan:

1. Sistem dapat melakukan pengukuran tingkat suhu udara dengan menggunakan sensor DS18B20 dengan tingkat akurasi dan persentase error sebesar 0,68%
2. Sistem dapat melakukan pengukuran tingkat kelembaban tanah dengan menggunakan sensor *soil Moisture* dengan persentase error sebesar 1.33%
3. Sistem dapat melakukan pengukuran tingkat keasaman pada tanah dengan menggunakan sensor pH Tanah dengan tingkat sebesar error 4.61%

4. Sistem dapat membaca nilai dari ketiga parameter dan menentukan kualitas atau kondisi tanah yang diukur
5. Sistem mampu melakukan proses untuk merekomendasikan tanaman menggunakan metode *fuzzy logic tsukamoto* dengan perbandingan menggunakan *Google Colab*.
6. Sistem mampu menampilkan hasil akhir pembacaan kondisi tanah dan rekomendasi tanaman pada aplikasi *mobile* dengan tingkat kesesuaian data .

Saran

Pada penelitian ini terdapat beberapa saran yang akan menjadi masukan untuk pengembangan selanjutnya, diantaranya sebagai berikut :

1. Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan sensor pH tanah dengan tingkat akurasi yang lebih baik sehingga nilai derajat keasaman yang terdandung pada tanah yang diukur stabil
2. Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk memperhatikan rentang parameter tanaman dan membuat sebuah database untuk pengiriman data yang dikirimkan ke aplikasi lebih *realtime*

REFERENCES

- [1] Novrilia, Brigita Indah. 2014. Strategi Petani Memanfaatkan lahan Pertanian. *Skripsi Universitas Sriwijaya Indralaya*
- [2] Basri, Asrul and Zulkarnain, Irwan and E, Nusi Lisabilla and Moerdiyanti, Retno. 2001. "Mengenal tradisi bercocok tanam di Indonesia"[Online]. Available : <http://repositori.kemdikbud.go.id/7489/> Diakses pada 15 Desember 2021
- [3] Adnyana, I Made. 2008. Peningkatan Kualitas Tanah Dalam Mewujudkan Produktivitas Lahan Pertanian Secara Berkelanjutan. *Universitas Udayana, Fakultas Pertanian, Program Studi Agroekologi*.
- [4] Alfian Azhari Hasibuan,dkk. 2020. Rancang Bangun Pengecekan Kesuburan Tanah Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535 Dengan Menggunakan Sensor Resistivitas Tanah, *Paper Microprocessor And Assembly. Universitas Sumatera Utara*
- [5] F. El Khair and R. Ferdian. 2020. Rancang Bangun Sistem Kontrol Pertumbuhan Sayuran di Dalam Ruangan Dengan Sistem Tanam Aeroponik, *CHIPSET*, vol. 1, no. 01, pp. 5-9, Apr.
- [6] Diva Rahmayasa. 2013. Studi Daya Dukung Stabilisasi Tanah Lempung Lunak Menggunakan Campuran Abu Ampas Tebu Dan Semen. *Universitas Lampung*.
- [7] Balai Penelitian Tanah.2020 "Kimia dan Kesuburan Tanah"[Online]. Available: <https://balittanah.litbang.pertanian.go.id/> Diakses pada 21 Desember 2021
- [8] Sartohadi, Junun dkk. 2012. *Pengantar Geografi Tanah* . Pustaka Pelajar: Yogyakarta
- [9] Arifin, Zaenal. 2011. Analisis Indeks Kualitas Tanah Entisol pada Berbagai Penggunaan Lahan yang Berbeda *Agroteksos Vol. 21 No. 1 . Fakultas Pertanian Unram*
- [10] Firmansyah, R. 2009. Mudah dan Aktif Belajar Biologi 3. *Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta*, p. 218.
- [11] Lutfiyana, Hudallah, N., & Suryanto, A. 2017. Rancang Bangun Alat Ukur Suhu Tanah, Kelembaban Tanah, dan Resistansi. *Jurnal Teknik Elektro*, 9(1411-0059), 80–86
- [12] Dinas Pertanian. 2021. Pengaruh Ph Tanah Terhadap Pertumbuhan Tanaman[Online] Available : <https://distan.bulelengkab.go.id/> Diakses pada 11 Februari 2022
- [13] Qibtiah, M., Pertanian, F., & Pertanian, D. F. (2016). Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Bawang Daun (*Allium fistulosum* l .) pada Pemotongan Bibit Anakan dan Pemberian Pupuk Kandang Sapi dengan Sistem Vertikultur. *Jurnal AGRIFOR*, XV, 249–258.
- [14] U. Yahaya, A. A. Shu'aibu, A. Usman, dan A. Lado,2018. Productivity Of Tomato (*Solanum Lycopersicon* L.) As Affected By Cultivar And Organic Amendment In Kano", *Journal of Organic Agriculture and Environment*, Vol. 6, No. 1.
- [15] Sumarni, N., & Hidayat, A. 2005. Budidaya Bawang Merah. Bandung: Balai Penelitian Sayuran.
- [16] 35ANR-1061. *The Alabama Cooperative Extension System*. Department of Agriculture (USDA)
- [17] Waterproof DS18B20 Digital Temperature Sensor, diakses dari Dalas semiconductor "DS18B20 Programmable Resolution 1 Wire Digital Thermometer"[Online]Available:<http://pdfserv.maximic.com/en/ds/DS18B20.pdf> diakses pada tanggal 15 Desember 2021.
- [18] Dewi, E.Y.R. 2015. Rancang Bangun Sistem Penyiram Sayur Sawi (*Bressica chinensis* L.) Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah dan Intensitas Cahaya Berbasis Fuzzy Logic *Universitas Jember. Jember*
- [19] Wahyudianto, Rahmat, Masrur, Permana dan Abidin. 2017. Perancangan Alat Bantu Indikator Kualitas Tanah dengan Parameter Resistivitas Tanah dan pH Tanah untuk Tanaman Padi. *Skripsi Program SI Teknik Elektronika PENS Institut Teknologi Surabaya. Surabaya*.
- [20] Maier, A., A. Sharp dan Y. Pagapov. 2017. Comparative Analysis and Practical Implementation of the ESP32 Microcontroller Module for the Internet of Things. *IEE*. 143-148
- [21] Aldy Razor. 2020. Software Arduino IDE: Cara Download, Instal, dan Fungsinya[Online] Available: <https://www.aldyrazor.com/2020/05/software-arduino-ide.html> Diakses pada 23 Desember 2021
- [22] Badidi, Julianto Rebbi, Ervan Asri, Ratna Aisuwarya. 2018. Rancang Bangun Robot Tank Otomatik Pendeteksi Halangan dengan Kendali Fuzzy Logic. *JITCE-Vol.02 No.01 Hal 7-18*
- [23] Appkeys. 2020. Semua Bisa jadi Programmer?Mengenal App Inventor dalam dunia Pemrograman [Online] Available : <https://appkey.id/pembuatan-aplikasi/aplikasi-android/app-inventor/> Diakses pada : 23 Desember 2021

- [24] Enterprise, Jubilee. 2015. *Mengenal Dasar-Dasar Pemrograman Android*. Jakarta: *PT.Elex Mdua Komoutindo*