

PERANCANGAN ALAT MONITORING KONDISI LINGKUNGAN DAN PREDIKSI CUACA BERTENAGA SURYA BERBASIS MIKROKONTROLER MENGUNAKAN METODE *FUZZY LOGIC*

Athalarvin Nabilfathin¹, Rusindiyanto²

^{1,2}Program Studi Teknik Industri, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

Email: rusindiyanto4@gmail.com

ABSTRACT

Indonesia is an agricultural country where agriculture plays an important role in the overall national economy. Unfortunately, the contribution of agriculture to the national economy is only around 13% more, which is a low figure if you look at the area of agriculture in Indonesia. This is because there is still a lack of agriculture and plantations that produce high-quality fruit that can increase the selling value of these agricultural products. This happens because agricultural and plantation products are influenced by environmental factors and supervision. This study aims to design a tool for monitoring environmental conditions and weather predictions with solar power as well as developing an IoT that connects weather monitoring and prediction tools with smartphones. So it is hoped that from the results of this study, a solar-powered monitoring and weather prediction tool can be made that can send the latest information related to environmental conditions to smartphones owned by farmers and other users. This research is using experimental method. Data processing carried out is fuzzification and defuzzification. Fuzzi inference according to Sugeno which is represented in the form of IF-THEN, where the system output is a constant or a linear equation. The results of this study found that the design of the environmental condition monitoring tool was successful in displaying data with an accuracy rate of 0.34% for the temperature variable, 0.19% for the humidity variable, and 0.83% for the irradiation variable, then the solar panel was able to charge power bank to generate sufficient electrical power for the device to operate continuously well in conditions such as in a research environment, as well as the IoT software developed to successfully display all data captured by the monitoring tool properly.

Keywords: Monitoring tools, microcontroller, fuzzy logic.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara pertanian di mana pertanian memegang peranan penting dari keseluruhan perekonomian nasional. Hal ini dapat ditunjukkan dari banyaknya penduduk atau tenaga kerja yang hidup atau bekerja pada sektor pertanian dan produk nasional yang berasal dari pertanian (Nuraisah and Budi Kusumo, 2019).

Namun sayangnya Hidayati and Suryanto (2015) berpendapat bahwa sumbangan bidang pertanian terhadap ekonomi nasional hanya sekitar 13% lebih dimana angka tersebut terbilang rendah jika melihat luas area pertanian di Indonesia. Hal tersebut dikarenakan masih kurangnya pertanian dan perkebunan yang menghasilkan buah berkualitas tinggi yang dapat meningkatkan nilai jual hasil tani tersebut. Menurut Hamzah (2016) perbedaan kualitas buah dapat ditentukan oleh pertumbuhan buah yang ada seperti interaksi tanaman dengan kondisi lingkungan terutama tingkat kesediaan cahaya, suhu, dan kelembaban sangat mempengaruhi kualitas akhir buah.

Menurut Prakoso, Singgih and Pracoyo (2020) pertumbuhan tanaman sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti cahaya matahari, temperatur, kelembaban serta kondisi tanah. Cuaca yang sering berubah-ubah juga dapat menyebabkan kadar air dalam tanah menjadi terlalu tinggi ataupun terlalu rendah yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman. Sektor pertanian sangat rentan terhadap perubahan iklim karena berpengaruh terhadap pola tanam, waktu tanam, produksi, dan kualitas hasil (Samsudin, Ikhsan and Ritonga, 2020). Perubahan iklim memiliki pengaruh negatif terhadap produksi pertanian (Aprianda, Hilda and Prayitno, 2017). Penurunan produksi pertanian ini dikarenakan terjadinya penurunan luas lahan panen akibat dari dampak perubahan iklim

Selain faktor lingkungan, faktor pengawasan dan pengambilan keputusan yang kurang tepat juga dapat menyebabkan tanaman tidak tumbuh dengan optimal bahkan dapat menyebabkan banyak buah rusak yang menyebabkannya tidak dapat dijual. Sehingga

produktivitas hasil pertanian mengalami penurunan bahkan rentan mengalami gagal panen.

Dengan permasalahan tersebut diatas diperoleh ide untuk merancang alat *monitoring* kondisi lingkungan dan prediksi cuaca yang dapat mengirimkan informasi terkini ke petani dengan harapan dapat membantu petani dalam mengambil tindakan lebih awal guna meningkatkan kualitas dan produktivitas hasil perkebunan dan mengurangi resiko rusaknya buah hasil panen.

Melihat latar belakang tersebut maka penelitian ini bertujuan untuk merancang alat monitoring kondisi lingkungan dan prediksi cuaca dengan tenaga surya serta mengembangkan IoT penghubung alat monitoring dan prediksi cuaca dengan *smartphone*. Sehingga diharapkan dari hasil penelitian ini dapat membuat alat monitoring dan prediksi cuaca bertenaga surya yang dapat mengirimkan informasi terkini terkait kondisi lingkungan sekitar ke *smartphone* milik petani dan pengguna lainnya.

2. KAJIAN LITERATUR Pertanian

Kehidupan manusia tidak lepas dari yang namanya pertanian. Menurut Nuraisah and Budi Kusumo (2019) pertanian adalah kegiatan pemanfaatan sumber daya hayati yang dilakukan manusia untuk menghasilkan bahan pangan, bahan baku industri, atau sumber energi, serta untuk mengelola lingkungan hidupnya. Pada umumnya pertanian biasa dipahami orang sebagai budidaya tanaman atau bercocok tanam maupun pembesaran hewan ternak, meskipun cakupannya dapat juga berbentuk penggunaan manfaat mikroorganisme dan bioenzim dalam pengolahan produk turunan seperti halnya pembuatan tahu, tempe, keju, atau sekedar proses ekstraksi semata seperti penangkapan ikan atau pemanfaatan wilayah hutan.

Menurut Surmaini, Runtunuwu and Las (2015) terkait dengan pertanian, usaha tani (*farming*) adalah sekumpulan kegiatan yang dilakukan dalam budidaya (tumbuhan maupun hewan). Petani adalah sebutan bagi mereka yang menyelenggarakan usaha tani, seperti “petani tembakau” atau “petani ikan”. Khusus untuk pembudidaya hewan ternak (*livestock*) disebut sebagai peternak. Ilmuwan serta pihak-pihak lain yang terlibat dalam perbaikan metode pertanian dan aplikasinya juga dianggap terlibat dalam pertanian.

Alat Monitoring

Alat *monitoring* adalah alat yang diciptakan

untuk memenuhi kebutuhan pengguna dalam hal mengawasi dan mendapatkan informasi terkait kondisi lingkungan dan/atau objek yang diawasi guna mengambil keputusan berdasarkan informasi yang tersedia secara cepat dan tepat. Dalam alat *monitoring* terdapat beberapa sensor yang digunakan untuk mengetahui nilai dari indikator/variabel yang diawasi secara *real-time* (Dayanti, 2019).

Mikrokontroler

Menurut Ridia and Hidayat (2017) mikrokontroler (bahasa Inggris: *microcontroller*) merupakan sistem mikroprosesor lengkap yang terkandung di dalam sebuah *chip*. Mikrokontroler berbeda dari mikroprosesor serba guna yang digunakan dalam sebuah PC, karena di dalam sebuah mikrokontroler umumnya telah terdapat komponen pendukung sistem minimal mikroprosesor, yakni memori dan antarmuka I/O, bahkan ada beberapa jenis mikrokontroler yang memiliki fasilitas ADC, PLL, EEPROM dalam satu kemasan, sedangkan di dalam mikroprosesor umumnya hanya berisi CPU saja.

Menurut Maulana, Ichsan and Setyawan (2018) mikrokontroler merupakan suatu sistem komputer fungsional dalam sebuah *chip*. Di dalamnya terkandung sebuah inti prosesor, memori (sejumlah kecil RAM, memori program, atau keduanya), dan perlengkapan *input output*. Dengan kata lain, *Microcontroller* adalah suatu alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus, cara kerja *microcontroller* sebenarnya membaca dan menulis data (Fikri, Erwanto and Yuliana, 2018). Mikrokontroler digunakan dalam produk dan alat yang dikendalikan secara otomatis, seperti sistem kontrol mesin, *remote control*, mesin kantor, peralatan rumah tangga, alat berat, dan mainan (Lubis and Yetri, 2022). Dengan mengurangi ukuran, biaya, dan konsumsi tenaga dibandingkan dengan mendesain menggunakan mikroprosesor memori, dan alat *input output* yang terpisah, kehadiran *microcontroller* membuat kontrol elektrik untuk berbagai proses menjadi lebih ekonomis.

Menurut Sanca (2018) mikrokontroler merupakan *chip* mikrokomputer yang secara

fisik berupa sebuah IC (*Integrated Circuit*). Mikrokontroler biasanya digunakan dalam sistem yang kecil, murah, dan tidak membutuhkan perhitungan yang sangat kompleks seperti dalam aplikasi di PC. Mikrokontroler banyak ditemukan dalam peralatan seperti *microwave*, oven, *keyboard*, CD *player*, VCR, *remote control*, robot, dll. Mikrokontroler berisikan bagian-bagian utama yaitu CPU (*Central Processing Unit*), RAM (*Random Memory Access*), ROM (*Read-Only Memory*), dan port I/O (*Input/Output*). Selain bagian-bagian utama tersebut, terdapat beberapa perangkat keras yang dapat digunakan untuk banyak keperluan seperti melakukan pencacahan, melakukan komunikasi serial, melakukan interupsi, dll. Mikrokontroler tertentu bahkan menyertakan ADC (*Analog-To-Digital Converter*), USB *controller*, CAN (*Controller Area Network*), dll.

Mikrokontroler bekerja berdasarkan program (perangkat lunak) yang ditanamkan didalamnya, dan program tersebut dibuat sesuai dengan aplikasi yang diinginkan. Aplikasi mikrokontroler normalnya terkait pembacaan data dari luar dan atau pengontrolan peralatan diluarnya. Contoh aplikasi yang sangat sederhana adalah melakukan pengendalian untuk menyalakan dan mematikan LED yang terhubung ke kaki mikrokontroler (Niam, Darpono and Sabara, 2022).

Mikrokontroler memiliki jalur-jalur masukan (*port* masukan) serta jalur-jalur keluaran (*port* keluaran) yang memungkinkan mikrokontroler tersebut untuk bisa digunakan dalam aplikasi pembacaan data, pengontrolan serta penyajian informasi. Port masukan digunakan untuk memasukkan informasi atau data dari luar ke mikrokontroler. Contoh informasi yang dimasukkan ke mikrokontroler ini saklar yang dihubungkan ke kaki mikrokontroler, apakah sedang terbuka atau tertutup. Jalur masukan umumnya berupa jalur digital, dimana jalur ini digunakan oleh mikrokontroler untuk membaca keadaan digital (apakah logika 0 atau 1) yang diberikan oleh perangkat di luar mikrokontroler. Mikrokontroler tertentu berisikan ADC dengan sebagian dari jalur-jalur I/O-nya yang digunakan sebagai masukan analog. Jalur-jalur ini selanjutnya bisa digunakan untuk keperluan seperti pembacaan tegangan dari sensor suhu analog. Port keluaran digunakan untuk mengeluarkan data atau informasi dari mikrokontroler. Adanya port keluaran ini memungkinkan mikrokontroler untuk mengendalikan perangkat seperti LED, motor, relay dan menyajikan informasi melalui perangkat seperti *seven-segment* dan LCD. Untuk bisa

bekerja, mikrokontroler perlu diberikan tegangan dari luar. Umumnya IC mikrokontroler dapat bekerja pada tegangan 5V, namun demikian, sebagian IC mikrokontroler seperti ATMEGA16L dapat dioperasikan dengan tegangan 3V (Surapati, Zyaputra and Rinaldi, 2021).

Fuzzy Logic

Logika fuzzy adalah sesuatu yang amat rumit dan tidak menyenangkan. Namun, sekali seseorang mulai mengenalnya, ia pasti akan sangat tertarik dan akan menjadi pendatang baru untuk ikut serta mempelajari logika fuzzy. Logika fuzzy dikatakan sebagai logika baru yang lama, sebab ilmu tentang logika fuzzy *modern* dan metodis baru ditemukan beberapa tahun yang lalu, padahal sebenarnya konsep tentang logika fuzzy itu sendiri sudah ada pada diri kita sejak lama. Logika fuzzy adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang *input* kedalam suatu ruang *output*.

Menurut Reynaldi and Octaviano (2022) logika fuzzy adalah: “Sebuah metodologi berhitung dengan variabel kata-kata (*linguistic variabel*) sebagai pengganti berhitung dengan bilangan. Kata-kata digunakan dalam *fuzzy logic* memang tidak sepresisi bilangan, namun kata-kata jauh lebih dekat dengan intuisi manusia”. Mengenai logika fuzzy pada dasarnya tidak semua keputusan dijelaskan dengan 0 atau 1, namun ada kondisi diantara keduanya, daerah diantara keduanya inilah yang disebut dengan fuzzy atau tersamar. Secara umum ada beberapa konsep sistem logika fuzzy, sebagai berikut dibawah ini: Himpunan tegas yang merupakan nilai keanggotaan suatu item dalam suatu himpunan tertentu. Himpunan fuzzy yang merupakan suatu himpunan yang digunakan untuk mengatasi kekakuan dari himpunan tegas.

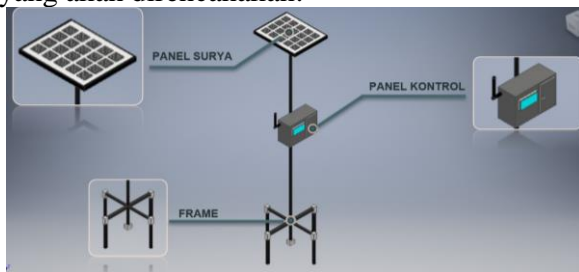
Fungsi keanggotaan yang memiliki interval 0 sampai 1 Variabel *linguistic* yang merupakan suatu variabel yang memiliki nilai berupa kata-kata yang dinyatakan dalam Bahasa alamiah dan bukan angka. Operasi dasar himpunan fuzzy merupakan operasi untuk menggabungkan dan atau memodifikasi himpunan fuzzy, Aturan (*rule*) *if-then* fuzzy merupakan suatu pernyataan *if-then*, dimana beberapa kata-kata dalam pernyataan tersebut ditentukan oleh fungsi keanggotaan. Dalam proses pemanfaatan logika fuzzy, ada beberapa hal yang harus diperhatikan salah satunya adalah cara mengolah *input* menjadi *output* melalui sistem inferensi fuzzy. Metode inferensi fuzzy atau cara merumuskan pemetaan, dari masukan yang diberikan kepada sebuah keluaran. Proses ini

melibatkan fungsi keanggotaan, operasi logika, serta aturan *IF-THEN*. Hasil dari proses ini akan menghasilkan sebuah sistem yang disebut dengan FIS (*Fuzzy Inferensi System*). Dalam logika fuzzy tersedia beberapa jenis FIS diantaranya adalah Mamdani, Sugeno, dan Tsukamoto (Marzah and Cahayahati, 2020).

Prototype Produk

Produk awal yang menjadi dasar perancangan alat dalam penelitian ini merupakan produk alat pengukuran manual yang sudah digunakan sejak lama untuk kepentingan profesional dengan tingkat akurasi yang dapat dipercaya. Tujuan pembuatan alat dalam penelitian adalah untuk mengintegrasikan berbagai macam fungsi dari alat manual terdahulu dan memproses luaran tiap alat guna menampilkan informasi yang ada dengan lebih cepat sehingga dapat membantu pengambilan keputusan dengan lebih cepat dan tepat. Produk awal dalam hal ini yakni thermometer, humidity meter, dan irradiance meter.

Pengoperasian produk-produk tersebut masih dilakukan secara manual dan harus melakukan pengoperasian pada lokasi jika ingin mengetahui kondisi parameter yang butuh untuk diukur. Jika ingin mengambil suatu keputusan maka petani harus menuju lahan guna mengukur secara manual yang mana hal tersebut kurang efisien karena memakan waktu dan membutuhkan berbagai macam alat. Dari hal tersebut muncullah inspirasi untuk membuat alat yang mampu membaca parameter-parameter yang dibutuhkan petani untuk mengawasi kondisi lingkungan lahan secara *realtime* dan dapat dibaca kapan saja dan dimana saja. Adapun berikut prototype produk yang akan direncanakan:



Gambar 1. Prototype Produk Penelitian

Prototype yang akan dibuat dengan spesifikasi panel surya akan dipasang pada ujung bagian atas frame. Kemudian panel kontrol akan terbuat dari plastik berisikan modul mikrokontroler yang akan berfungsi sebagai pusat pemrosesan data dan rumah dari sensor suhu udara, sensor kelembaban udara, dan sensor irradiasi. Serta frame terbuat dari aluminium yang cukup kokoh untuk menopang berat panel surya dan panel kontrol yang bagian kaki penopang frame akan ditancapkan kedalam tanah

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang mana merupakan suatu metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalikan (Sugiyono, 2014). Penelitian ini dilakukan di kebun buah apel milik perseorangan yang berlokasi di Desa Bumiaji Kecamatan Bumiaji Kota Batu Jawa Timur. Agar semua konsep dalam penyelesaian dapat diteliti secara empiris maka konsep tersebut harus dioperasionalkan dengan cara diubah menjadi variabel yang memiliki variasi nilai. Dalam penelitian ini dibutuhkan sebuah identifikasi variabel berdasarkan jenis variabelnya. Variabel terikat (*dependent*) merupakan variabel yang dipengaruhi atau variabel yang menjadi akibat dari variabel bebas. Variabel terikat pada penelitian ini adalah alat monitoring dan prediksi cuaca bertenaga surya berbasis mikrokontroler. Sedangkan Variabel Bebas (*independent*) adalah variabel penyebab adanya perubahan pada variabel terikat yang menjadi variabel keputusan yang akan dicari. Variabel bebas dalam penelitian ini yakni sensor indikator lingkungan, harga pokok produksi, software IoT, dan kondisi lingkungan penelitian.

Penelitian ini dilakukan dengan pengumpulan data melalui wawancara secara langsung kepada pemilik kebun serta data pengkategorian suhu, kelembaban, dan intensitas irradiasi matahari. Setelah dilakukan pengumpulan data yang diperlukan langkah selanjutnya adalah analisa pengolahan data agar masalah yang dihadapi dapat terselesaikan. Pengolahan data yang dilakukan adalah fuzzifikasi dan defuzzifikasi. Inferensi fuzzy menurut Sugeno yang direpresentasikan dalam bentuk *IF-THEN*, dimana *output* sistem berupa konstanta atau persamaan linear.

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

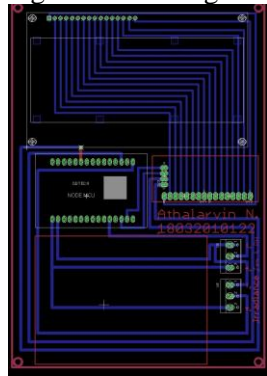
Perancangan *software* dilakukan guna memenuhi tujuan untuk menampilkan *output* data yang dihasilkan oleh alat langsung ke *smartphone* petani. Guna memastikan kelancaran dan kemudahan petani dalam

pengoperasian *software*, maka perlu dibuatnya *software* yang mudah untuk digunakan dan mampu menampilkan data yang diharapkan dengan baik. Proses pembuatan *software* IoT dilakukan dengan menggunakan aplikasi BLYNK dimana aplikasi tersebut dapat di-unduh di - *Playstore* serta melaksanakan proses sesuai step yang ada di aplikasi tersebut.

Kemudian dilanjutkan dengan proses pembuatan alat. Proses pembuatan alat dibagi menjadi dua bagian yaitu perancangan dan pengujian yang akan dirincikan dibawah ini:

Perancangan Alat

Proses perancangan alat terdiri dari dua bagian, yaitu perancangan *hardware* dan *software*. Diawali dengan pembuatan design PCB dengan menggunakan software Eagle. Pada rancangan ini terdapat LCD 20x4, mikrokontroler, pin sensor, DC supply, dan I2C. Adapun berikut gambar rancangan desain PCB:



Gambar 2. Rancangan Desain PCB Panel Surya

Setelah dirancang menggunakan aplikasi selanjutnya dilakukan pemasangan komponen LCD 20x4, mikrokontroler, pin sensor, DC supply, dan I2C pada PCB. Kemudian dilakukan perancangan coding untuk menjalankan mikrokontroler dengan menggunakan arduinoIDE. Selanjutnya menghubungkan mikrokontroler dengan database cloud BLYNK menggunakan arduinoIDE. Serta yang terakhir dilakukan sinkronisasi sensor dengan LCD agar data yang ditangkap oleh sensor dapat ditampilkan pada LCD

Pengujian Alat

Pada tahap ini dilakukan pengujian alat dengan cara melakukan pengoperasian alat untuk melihat apakah alat dapat berjalan dengan baik atau tidak. Dalam tahap ini juga akan dibandingkan hasil yang diperoleh dari alat monitoring dengan alat pengukuran manual untuk mengetahui akurasi. Selain itu juga dilakukan integrasi antara alat dengan software IoT menggunakan *software* matlab. Dilakukan integrasi sistem antara *hardware* dan *software*. Kemudian dilakukan pengujian terhadap sistem yang telah dibuat, sehingga dapat ditemukan permasalahan yang berpotensi menggagalkan

sistem. Dengan ditemukannya permasalahan, maka dilakukan penyempurnaan pada sistem. Serta dilakukan pengujian untuk melihat apakah dalam aplikasi *smartphone* data dapat ditampilkan dan berjalan dengan baik. Dari pengujian yang telah dilakukan, seluruh data yang diinginkan dapat ditampilkan dengan baik.

Dari penelitian ini diperoleh hasil pengujian alat pada lokasi penelitian. Dilakukan percobaan di kebun apel yang berlokasi di Kecamatan Bumiaji, kota Batu, Jawa Timur. Percobaan dilakukan dengan cara membandingkan data yang diterima oleh alat monitoring dengan data yang dibaca oleh alat pengukuran manual. Data diambil dengan interval 5 menit selama 1 jam. Dari hasil percobaan, diperoleh data tabel uji data input alat monitoring dengan alat pengukuran manual sebagai berikut:

Tabel 1. Uji Data Input Alat Monitoring dengan Alat Pengukuran Manual

Jam	Alat Monitoring	Suhu			Kelembaban			Iradiasi				
		Thermo Gun	Error	Error (%)	Alat Monitoring Humidity Meter	Error	Error (%)	Alat Monitoring Irradiance Meter	Error	Error (%)		
10.20	21,2	21,3	0,1	0,47	76,2	76,4	0,2	0,27	323	326	6	1,84
10.25	21,6	21,6	0	0	76,2	76,4	0,2	0,27	356	358	2	0,56
10.30	21,7	21,8	0,1	0,46	76,3	76,4	0,2	0,27	378	381	3	0,79
10.35	21,9	21,9	0	0	76,4	76,5	0,1	0,13	352	354	2	0,57
10.40	22,1	22,1	0	0	76,8	77,0	0,2	0,26	311	313	2	0,64
10.45	22,1	22,2	0,1	0,45	77,5	77,7	0,2	0,26	308	312	4	1,28
10.50	22,4	22,5	0,1	0,44	78,1	78,2	0,1	0,13	369	373	4	1,08
10.55	22,7	22,8	0,1	0,44	78,5	78,6	0,1	0,13	410	412	2	0,49
11.00	22,8	23,0	0,2	0,87	78,5	78,6	0,1	0,13	486	488	2	0,41
11.05	23,0	23,1	0,1	0,43	77,2	77,3	0,1	0,13	490	495	5	1,01
11.10	23,4	23,5	0,1	0,43	76,2	76,4	0,2	0,27	513	517	4	0,78
11.15	23,9	24,0	0,1	0,42	76,0	76,0	0	0	590	593	3	0,51
11.20	24,1	24,1	0	0	75,3	75,5	0,2	0,26	601	606	5	0,83
Mean Error (%)				0,34	Mean Error (%)			0,19	Mean Error (%)			0,83

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat dilihat bahwa nilai error tertinggi untuk variabel suhu adalah 0,2 dengan rata-rata error sebesar 0,34%, untuk variabel kelembaban adalah 0,2 dengan rata-rata error sebesar 0,19%, dan untuk variabel iradiasi adalah 6 dengan rata-rata error sebesar 0,83%. Dari hasil tersebut dapat dikatakan bahwa alat monitoring yang dibuat adalah akurat.

Dilakukan juga uji performansi panel surya untuk mengetahui seberapa besar daya yang dapat dihasilkan panel surya di lingkungan lokasi penelitian. Pengujian dilakukan dengan cara menaruh alat tepat ditengah lahan dengan panel surya yang tidak tertutupi oleh objek maupun bayangan sehingga dapat menangkap sinar radiasi dengan optimal. Pengujian dilakukan pukul 11.00 hingga pukul 12.00 dalam kondisi cuaca cerah sedikit berawan. Dari pengujian yang dilakukan, diperoleh hasil bahwa dalam

waktu 60 menit, panel surya dapat mengisi daya powerbank 10.000 mah sebesar 82%. Dengan daya powerbank terisi penuh, dapat mentenagai alat monitoring selama 2 hari penuh. Dengan hasil tersebut, dapat dinyatakan bahwa panel surya yang digunakan dapat mentenagai alat monitoring untuk bekerja seharian penuh dengan optimal setiap harinya

Perhitungan Harga Pokok Produk
Perhitungan Biaya Material

Adapun berikut tabel perhitungan biaya material:

Tabel 2. Perhiutngan Biaya Material

Komponen	Jumlah	Harga
Panel Surya 20WP	1pcs	Rp200.000
PCB	1pcs	Rp56.000
Sensor DHT	1pcs	Rp70.000
Modul LDR	1pcs	Rp12.500
Analog to Digital Converter	1pcs	Rp65.000
NodeMCU	1pcs	Rp55.000
LCD 20x4	1pcs	Rp56.000
Tripod	1pcs	Rp65.000
Baut	4pcs	Rp4.000
Total		Rp583.500

Perhitungan Biaya Tenaga Kerja

Durasi proses pembuatan alat ini dalam keadaan optimal memakan waktu selama 120menit. Jika jam kerja dalam satu hari adalah selama 8jam, maka dalam satu hari dapat memproduksi 4buah alat monitoring. Jika biaya tenaga kerja selama 1 bulan adalah Rp4.000.000 dengan 20 hari kerja, maka diperoleh biaya sebesar Rp50.000 untuk pembuatan 1buah alat monitoring.

Total Biaya Produksi

Dari perhitungan diatas diperoleh total biaya produksi untuk satu produk atau harga pokok produksi (HPP) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{HPP} &= \text{Biaya material} + \text{Biaya tenaga kerja} \\ &= \text{Rp583.500} + \text{Rp50.000} \\ &= \text{Rp633.500} \end{aligned}$$

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- a. Perancangan alat monitoring kondisi lingkungan berhasil untuk menampilkan data dengan tingkat akurasi sebesar 0,34% untuk variabel suhu, untuk variabel kelembaban sebesar 0,19%, dan untuk variabel iradiasi sebesar 0,83%.

- b. Dari hasil pengujian, panel surya mampu mengisi daya *powerbank* untuk menghasilkan daya listrik yang cukup bagi alat untuk beroperasi terus menerus dengan baik dalam kondisi seperti di lingkungan penelitian
- c. *Software* IoT yang dikembangkan berhasil menampilkan seluruh data yang ditangkap oleh alat monitoring dengan baik

Saran

Pada akhir penelitian ini dapat diberikan beberapa saran bagi peneliti untuk kedepannya, yang dapat diberikan sebagai berikut:

- a. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui dan mendalami penerapan metode *fuzzy logic* dalam perancangan alat dan pengambilan keputusan
- b. Perlu dilakukan wawancara yang lebih mendalam kepada petani agar mengetahui kebutuhan dan permasalahan yang dialami dengan lebih baik lagi.
- c. Sebaiknya dilakukan pengembangan produk selanjutnya untuk menyempurnakan dan melengkapi produk sesuai dengan kebutuhan petani

6. REFERENSI

Aprianda, A., Hilda, A. M. and Prayitno, G. (2017) ‘Penerapan Logika Fuzzy Pada Alat Pengering Lada Otomatis Berbasis Mikrokontroler DHT-22’, *Prosiding Seminar Nasional Teknoka*, 2(2502), pp. I109–I116.

Dayanti, S. D. D. (2019) ‘Perancangan Pintu Otomatis Menggunakan Metode Fuzzy Logic Control’, *Jurnal Pelita Informatika*, 7(4), pp. 579–583.

Fikri, M. A., Erwanto, D. and Yuliana, D. E. (2018) ‘Rancang Bangun Alat Prediksi Kondisi Tubuh Ideal Menggunakan Metode Fuzzy Logic Sugeno’, *Setrum : Sistem Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, 7(1), p. 169. doi: 10.36055/setrum.v7i1.3409.

Hamzah, M. A. (2016) ‘Perancangan Alat Deteksi Tingkat Stress Dengan Metode Fuzzy Logic Berbasis Mikrokontroler Arduino’, *Jurnal IT*, 7(2), pp. 123–132.

Hidayati, I. N. and Suryanto, S. (2015) ‘Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Produksi Pertanian Dan Strategi Adaptasi Pada Lahan Rawan

- Kekeringan [The Effect of Climate Change on Agricultural Production and Adaptation Strategies on Drought Prone Land], *Jurnal Ekonomi & Studi Pembangunan.*, 16(1), pp. 42–52.
- Sujadi, Harun, Ardi Mardiana, and Aji Permana. "Pengembangan Purwarupa Monitoring Tagihan Air Pdam Berbasis Internet Of Things." *Infotech journal 7.2* (2021): 9-14.
- Lubis, A. I. and Yetri, M. (2022) 'Sistem Kendali Lampu Ruangan Menggunakan Metode Fuzzy Logic Dan Android Berbasis Mikrokontroler', *Jurnal Sistem Komputer TGD*, 1(1), pp. 1–9.
- Marzah, V. I. and Cahayahati (2020) 'Perancangan Alat Proteksi Alus Lebih Digital Menggunakan Fuzzy Logic Aplikasi Modul Praktikum OCR', *Teknik Industri*, 11(1), p. 2020.
- Maulana, R., Ichsan, M. H. H. and Setyawan, G. E. (2018) 'Implementasi Pengkondisian Kipas dan Lampu Otomatis Menggunakan Logika Fuzzy', *Jurnal Pengembangan Teknik Informasi dan Ilmu Komputer*, 2(11), pp. 5301–5309.
- Niam, B., Darpono, R. and Sabara, M. A. (2022) 'Pengembangan Deteksi Suhu dan Kelembaban Laboratorium Elektronika Dengan Menggunakan Metode Fuzzy Logic', *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 6(1), pp. 19–27.
- Nuraisah, G. and Budi Kusumo, R. A. (2019) 'Dampak Perubahan Iklim Terhadap Usahatani Padi Di Desa Wanguk Kecamatan Anjatan Kabupaten Indramayu', *MIMBAR AGRIBISNIS: Jurnal Pemikiran Masyarakat Ilmiah Berwawasan Agribisnis*, 5(1), p. 60. doi: 10.25157/ma.v5i1.1639.
- Prakoso, B. L., Singgih, H. and Pracoyo, A. (2020) 'Sistem Pengaturan pada Ruang Proses Fermentasi Tape Menggunakan Metode Fuzzy Logic', *Jurnal Elektronika dan Otomasi Industri*, 4(1), p. 44. doi: 10.33795/elkolind.v4i1.107.
- Reynaldi and Octaviano, A. (2022) 'Implementasi Metode Fuzzy Logic Dalam Perancangan Aplikasi Pemantauan Serta Kontrol Ph , Tds , Dan Suhu', *Journal of Artificial Intelligence and Innovative Applications*, 3(2), pp. 98–104.
- Ridia, A. K. and Hidayat, A. (2017) 'Penerapan Metode Fuzzy Logic Pada Kursi Roda Elektrik Dengan Kendali Suara', *Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2017*, (November), pp. 1–8. Available at: jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek%0Ap-
- Samsudin, S., Ikhsan, M. and Ritonga, M. J. (2020) 'Penerapan Logika Fuzzy Pada Sistem Peringatan Jarak Aman Sepeda Motor Berbasis Mikrokontroler', *Jurnal RESISTOR (Rekayasa Sistem Komputer)*, 3(2), pp. 114–119. doi: 10.31598/jurnalresistor.v3i2.657.
- Sanca, P. A. (2018) 'Perancangan Mesin Penyiraman Taman Menggunakan Fuzzy Logic', *Indonesian Journal of Engineering and Technology (INAJET)*, 1(1), pp. 28–34. Available at: <https://journal.unesa.ac.id/index.php/inajet/article/view/5387>.
- Sugiyono (2014) *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Surapati, A., Zyaputra, A. and Rinaldi, R. S. (2021) 'Perancangan Alat Pendeteksi Kualitas Minyak Goreng Dengan Parameter Viskositas Dan Densitas Menggunakan Metode Fuzzy Logic', *Jurnal Amplifier : Jurnal Ilmiah Bidang Teknik Elektro Dan Komputer*, 11(1), pp. 22–28. doi: 10.33369/jamplifier.v11i1.17133.
- Surmaini, E., Runtunuwu, E. and Las, I. (2015) 'Upaya sektor pertanian dalam menghadapi perubahan iklim', *Jurnal Penelitian*, 30(98), pp. 1–7. Available at: <http://www.ejurnal.litbang.pertanian.go.id/index.php/jppp/article/view/2480>.