

Rancang Bangun Sistem Penyiraman Tanaman Tomat Menggunakan *Wireless Sensor Network* dengan Metode *Fuzzy Logic*

Muhammad Aji Guna Darmawan¹, Adhitya Bhawiyuga², Sabriansyah Rizqika Akbar³

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya
Email: ¹darmaw@student.ub.ac.id, ²bhawiyuga@ub.ac.id, ³sabrian@ub.ac.id

Abstrak

Petani adalah salah satu profesi mayoritas di Indonesia. Namun belakangan ini kondisi di sektor pertanian sedang dalam kondisi menurun. Salah satu masalahnya adalah masalah irigasi yang rusak di wilayah pertanian Indonesia dan metode yang digunakan masih konvensional. Oleh karena itu, teknologi yang semakin modern merupakan salah satu solusinya. Apalagi, sektor pertanian sangat menjanjikan sebagai aplikasi uji coba menggunakan teknologi. Sistem *monitoring* tanaman yang mampu mengetahui kondisi lingkungan tanaman seperti kondisi kelembaban tanah, suhu udara, dll. Kemudian dibuat keputusan menggunakan metode *fuzzy* berupa penyiraman tanaman sesuai volume yang dibutuhkan menggunakan *smartphone* sehingga dapat menstabilkan kondisi tanaman pada lahan pertanian. Hasil dari penelitian akan menunjukkan bahwa proses pertumbuhan tanaman akan baik sehingga pertanian menjadi maksimal dan sangat bermanfaat bagi para petani.

Kata kunci: kondisi tanaman, sektor pertanian, penyiraman tanaman, internet of things (IOT)

Abstract

Farmers are one of the majority professions in Indonesia. Lately, the conditions in the agricultural sector are in decline. One of the problems is the damaged irrigation problem in Indonesia's agricultural areas and the method used is still conventional. Therefore, more modern technology is one of the solutions. Moreover, the agricultural sector is very promising as an application for testing technology. A plant monitoring system that can determine the environmental conditions of plants such as soil moisture conditions, air temperature, etc. Then a decision is made to use the fuzzy method in the form of plant watering according to the volume needed using a smartphone so that it can stabilize the plant conditions on agricultural land. The results of the research will show that the process of plant growth will be good so that agriculture is maximized and very useful for farmers.

Keywords: plant conditions, agricultural sector, watering plant, internet of things (IOT)

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah daerah dengan sumber daya alam yang melimpah. Sehingga menjadikan Indonesia dikenal sebagai negara agraris. Sektor pertanian merupakan salah satu sektor yang dapat diunggulkan bagi negara Indonesia. Sektor pertanian memiliki beberapa subsektor seperti sektor kelautan, hutan holtikultura dan lain – lain (J. Rompas, 2017).

Salah satu tanaman yang digemari dan dibutuhkan masyarakat yaitu tanaman tomat. Tanaman tomat membutuhkan lingkungan yang baik kondisi suhu dan kelembaban. Kondisi suhu sangat penting untuk pertumbuhan tanaman tomat. Sebaliknya jika suhu terlalu tinggi dapat

menyebabkan kerusakan pada buah. Kelembaban relatif rendah bisa mengganggu pembentukan buah (Distan, 2020). Kondisi pada lingkungan tanaman yang baik akan membuat tanaman tumbuh dengan hasil panen yang optimal. Suhu, intensitas cahaya, kelembaban tanah merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi lingkungan (Schor, N., 2016).

Wireless Sensor Network (WSN) adalah sebuah sensor jaringan komunikasi yang terhubung secara nirkabel ke memantau kondisi fisik seperti kondisi lingkungan tertentu dan kondisi kesehatan di lokasi yang berbeda antara sensor dan pemrosesan data (M.U.H. Al Rasyid, 2016). Sistem yang dapat menyediakan fitur untuk memantau banyak parameter di

lingkungan pertanian. Ada beberapa jenis sensor, seperti suhu dan kelembaban untuk udara atau tanah. Teknologi sensor ini dapat membantu memantau keadaan suhu dan kelembaban lingkungan pertanian sehingga memberikan data yang tepat. Sistem ini menggunakan metode *fuzzy logic* untuk menghitung jumlah air sesuai kondisi tanaman. Penggunaan metode logika ini dianggap lebih fleksibel dalam mengambil keputusan yang tidak hanya mengenal benar dan salah atau satu dan nol.

Dari permasalahan tersebut, maka diperlukan suatu aplikasi yang bisa mengatur penyiraman serta *me-monitoring* kondisi lingkungan tanaman tomat. Oleh karena itu, maka dibuatlah sebuah aplikasi Rancang Bangun Sistem Penyiraman Tanaman Tomat Menggunakan *Wireless Sensor Network* dengan Metode *Fuzzy Logic* dengan tujuan memberikan kemudahan pada petani dalam aktivitas proses bertani tanaman tomat.

2. LANDASAN KEPUSTAKAAN

2.1. Tinjauan Pustaka

Persamaan matematika harus diberi nomor urut dalam kurung biasa dan harus diacu dalam tulisan.

2.1.1. Sistem Monitoring Suhu, Kelembaban, dan Pengendali Penyiraman Tanaman Hidroponik menggunakan Blynk Android

Dalam penelitian ini memanfaatkan layanan aplikasi Blynk dalam mengendalikan perangkat hardware melalui jaringan internet. Kemudahan yang ditawarkan aplikasi Blynk ini menjadi dasar penelitian karena penggunaan dalam memantau mikrokontroler, kemudahan instalasi dari *device smartphone*, dan dapat dikustomisasi sesuai kebutuhan dan selera dalam menggunakan aplikasi ini secara gratis. Dalam prakteknya yaitu menciptakan alat yang dapat melakukan penyiraman dengan otomatis dan monitoring dan mendeteksi kondisi tanaman hidroponik yang diatur secara jarak jauh dengan *device smartphone android* melalui jaringan internet (Prayitno, W.A. et al., 2017).

2.1.2. Precision Agriculture for Green houses Using a Wireless Sensor Network.

Dalam penelitian ini, *Greenhouse Smart Management System* (GSMS) menggunakan WSN untuk pengembangan dan perancangan sistem kontrol otomatis, pengaturan dan

pemantauan kondisi pertanian dengan parameternya dalam lingkup lingkungan rumah kaca. Sistem dapat mengukur suhu dan kelembaban dari node sensor yang terdapat dalam rumah kaca. Pada saat deteksi parameter sensor yang dibaca melebihi aturan batas, maka akan secara otomatis terjadi pendinginan dengan menyalakan kipas dan pengairan dari pompa air. Disamping itu GSMS juga menyertakan algoritma dalam siklus pengairan dan penstabilan suhu dengan kebutuhan ruangan sesuai yang diukur (Hamouda, 2017).

2.1.3. Internet of Things application for implementation of smart agriculture system

Pada penelitian ini fitur utama dari robot nirkabel pintar ini adalah dapat melakukan tugas seperti penginderaan kelembaban, menakut-nakuti burung dan hewan, menyemprotkan pestisida, bergerak maju atau mundur dan menyalakan motor listrik *ON/OFF*. Robot ini dilengkapi dengan kamera nirkabel untuk memantau aktivitas secara real time. Robot mobile nirkabel yang diusulkan telah diuji di lapangan, pembacaan telah dipantau dan hasil yang memuaskan telah diamati, yang mengindikasikan bahwa sistem ini sangat berguna untuk sistem pertanian cerdas (Krishna, 2017).

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Jaringan Sensor Nirkabel

Wireless Sensor Network (WSN) atau biasa disebut jaringan sensor nirkabel merupakan jaringan yang dibentuk dari sejumlah sensor yang berada pada lingkungan area (bidang sensor) dimana ditempatkan saling terpisah. Setiap node sensor saling terhubung satu sama lain dalam mengakuisisi data objek yang dibaca. Pemanfaatan *Wireless Sensor Network* sangat beragam dalam menciptakan teknologi yang modern (Libelium, 2015).

2.2.2. Arduino Nano

Arduino Nano adalah mikrokontroler yang dapat diprogram dan dikembangkan secara bebas karena bersifat *open source*. Kegunaan alat ini dapat membantu dalam mengembangkan teknologi *Wireless Sensor Network* karena dapat terhubung dengan perangkat sensor. Arduino Nano merupakan versi Arduino yang berukuran lebih kecil dari versi lainnya.

2.2.3. Module LoRa

Modul LoRa (*Long Range*) pada Gambar 2.4 merupakan alat dengan *wireless frequency* atau radio frekuensi dengan jarak tempuh yang jauh dengan menggunakan *power* konsumsi yang rendah. Dengan modul LoRa ini berguna untuk mengontrol dan *me-monitoring* suatu dengan radio frekuensi. Seperti *monitoring* Aktivitas gunung, *Drone*, *Monitoring* listrik, pertanian dan lain-lain.

2.2.4. Sensor YL-69

Sensor Kelembaban tanah ini terdiri dari dua elektroda yang sangat tahan terhadap korosi. Sensor ini berguna dalam membaca kondisi kelembaban pada tanah dengan resistansi sensor terhadap tegangan air dari tanah (Libelium, 2015). Sensor ini banyak digunakan dilingkungan pertanian, perkebunan dan lain sebagainya.

2.2.5. Sensor DHT-11

Sensor ini dapat membaca 2 nilai parameter yaitu suhu udara dan kelembaban udara yang memproses nilai suhu dan tegangan analog dalam kelembaban udara. Satuan yang digunakan dalam parameter suhu yaitu Celcius (°C) dan satuan pada kelembaban udara yaitu % RH. Nilai suhu yang didapat berkisar -40 °C sampai 123,8 °C dengan nilai kelembaban udara antara 0 - 100% RH (Libelium, 2015).

2.2.6. TTGO LoRa

TTGO LoRa32 SX1276 OLED merupakan salah satu papan pengembangan ESP32 dengan chip LoRa internal dan layar OLED SSD1306 0,96 inci. TTGO LoRa berfungsi untuk melakukan permintaan data kepada sensor node dan menampilkan data dari sensor node melalui OLED display dari TTGO LoRa. TTGO LoRa seperti halnya tipe lainnya yaitu berfungsi untuk komunikasi data secara *Long Range* (LoRa) yang memiliki jangkauan sampai beberapa Kilometer. Perangkat ini juga memiliki fitur *wifi* sehingga bisa terkoneksi dengan internet.

2.2.7. Water Flow Sensor

Water Flow Sensor digunakan untuk membaca aliran air yang mengalir dalam sebuah mesin yang akan mengubah data menjadi satuan liter. Sensor terbentuk dari beberapa bagian seperti sensor hall efek, rotor air, dan katup plastik. Rotor akan bergerak dengan kecepatan yang bervariasi sesuai dengan aliran air. Nilai pada data yang dibaca alat ini akan diproses ke mikrokontroler seperti TTGO LoRa untuk

mengambil keputusan selanjutnya (Android Project Tutorial, 2017).

3. METODOLOGI PENELITIAN

Langkah-langkah dan cara yang digunakan dalam penelitian dari landasan teori, analisis kebutuhan, rancangan sistem sampai kesimpulan dan saran.

Dasar teori yang dikaitkan pada studi literatur penelitian ini akan digunakan sebagai teori pendukung dalam merancang sistem seperti Kondisi Lingkungan dan alat perancangan. Kemudian analisis kebutuhan untuk mengidentifikasi semua perangkat yang terdiri dari subsistem sedemikian rupa sehingga membentuk satu kesatuan sistem. Persyaratan sistem yang dijelaskan pada subbab ini meliputi persyaratan fungsional dan non-fungsional.

Perancangan sistem merupakan langkah yang dilakukan setelah penyusunan analisis kebutuhan sistem. Tujuan dari rencana tersebut adalah untuk memberikan gambaran tentang alur kerja sistem, yang akan diterjemahkan ke dalam sebuah flowchart. Pada Tahap ini dilakukan implementasi sesuai dengan hasil perancangan sistem yang dibagi dalam literasi tertentu. Pengambilan data dilakukan dengan mengimplementasikan perangkat pada lahan tanaman tomat yang berlokasi di desa Tiru Kidul, Kediri, Jawa Timur. Dari hasil perancangan sistem akan dijadikan acuan untuk penulisan kode program dan implementasi perangkat keras. Implementasi sistem meliputi spesifikasi minimum sistem, spesifikasi perangkat yang digunakan, penerapan kode program, penerapan antar muka dan penerapan rancangan perangkat sistem yang dibuat.

Kemudian berlanjut pada pengujian yang telah dilakukan akan ditarik kesimpulan apakah penggunaan komponen di dalam sistem serta implementasi perangkatnya sudah dapat memenuhi spesifikasi maupun kebutuhannya. Keseluruhan penelitian yang dirangkum sebagai kesimpulan, sehingga dapat dipahami isi dan isi kajian secara umum. Nanti juga akan ada saran dan kritik, agar kedepannya menjadi sumbangsih penulis untuk pengembangan sistem selanjutnya.

4. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

4.1. Gambaran Umum Sistem

Pada penelitian ini akan dibangun sebuah

sistem penyiraman tanaman dengan cara *monitoring real-time* kondisi dari tanaman pada lahan pertanian. Sistem dirancang untuk monitoring keadaan suhu, kelembaban udara, kelembaban tanah, dan tekanan udara di lingkungan tanaman. Sensor yang digunakan berjumlah 2 buah yang digunakan untuk aktifitas monitoring tersebut yaitu sensor suhu dan kelembaban udara (*temperature + humidity*), sensor kelembaban tanah (*soil moisture*). Sensor akan dipasang pada perangkat Arduino Nano. Pada lahan tanaman akan dipasang 3 Node Arduino Nano beserta Sensornya Sebanyak 3 buah. *Node-node* tersebut akan terhubung dengan TTGO LoRa yang berfungsi sebagai Penampung dan pemrosesan data *node*.

4.2. Perancangan Sistem

Pada Gambar 1. Desain sistem penelitian terdiri dari 4 skema yaitu Data *Retrieval* yang berupa sensor untuk mengakuisisi data kondisi tanaman. Data *Communication* digunakan pada saat pengiriman dan penerima data dari alat, *server*, dan *device*. *Controller* sebagai proses kontrol alat yang digunakan untuk penyiraman tanaman. Lalu Data *Visualisation* merupakan tampilan *output* yang dapat dilihat oleh *user*.



Gambar 1. Desain Sistem

4.3. Fuzzy Logic

Aplikasi yang dibuat dalam penelitian ini adalah gabungan dari sistem yang digunakan untuk membaca parameter lingkungan dengan sistem dukungan keputusan. Metode ini digunakan untuk menghitung volume air yang dibutuhkan oleh tanaman. Metode yang digunakan sebagai sistem dukungan keputusan dalam aplikasi ini adalah metode *fuzzy tsukamoto*.

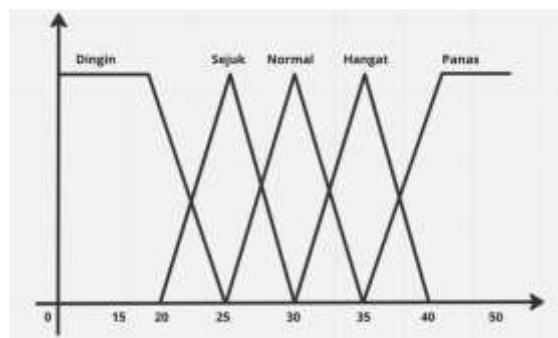
Perangkat akhir terdiri dari 2 sensor yang digunakan untuk menentukan kondisi tanaman. Variabel pada sensor yang digunakan pada logika *fuzzy* yaitu suhu, kelembaban udara, dan

kelembaban tanah. Hasil dari proses logika *fuzzy* berupa nilai keluaran volume air. Volume air didapat dari hasil nilai *fuzzy* dan nilai tersebut dikalikan dengan nilai 500 mL karena batas maksimum pada wadah air yaitu 5 Liter. Tahap pertama pada metode ini adalah fuzzifikasi.

Dalam aplikasi ini terdapat 4 variabel *fuzzy* yang digunakan dalam proses fuzzifikasi, yaitu variabel suhu, kelembaban, kelembaban tanah dan variabel volume yang akan digunakan dalam pengambilan keputusan. Pada setiap variabel *fuzzy* tersebut terdapat himpunan *fuzzy*. Berikut adalah himpunan dari masing-masing variabel *fuzzy*:

1. Variabel Suhu

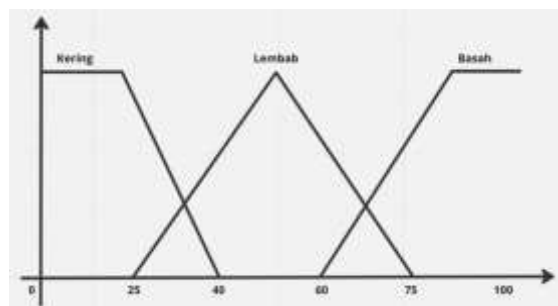
Sensor suhu berguna untuk mengamati nilai suhu udara disekitar lingkungan yang dipantau. Data sensor suhu terbagi atas tiga kategori yaitu dingin, sejuk, normal, hangat dan panas. Untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai himpunan *fuzzy* sensor suhu tersebut maka dapat digambarkan kedalam fungsi keanggotaan pada Gambar 2.



Gambar 2. Fungsi Keanggotaan Suhu

2. Variabel Kelembaban

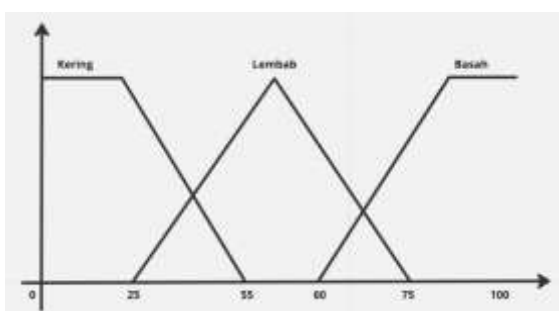
Sensor kelembaban merupakan sensor yang akan mengamati nilai kelembaban udara disekitar lingkungan yang dipantau. Data dari sensor ini terdiri atas tiga kategori yaitu kering, lembab dan basah. Berikut merupakan fungsi keanggotaan sensor kelembaban udara (*humidity*) seperti Gambar 3.



Gambar 3. Fungsi Keanggotaan Kelembaban Udara

3. Variabel Kelembaban tanah

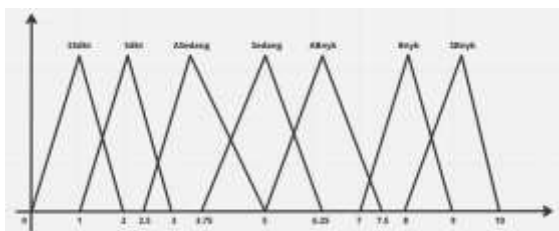
Variabel ini digunakan sebagai penamaan nilai pada setiap tanah kondisi kelembaban yang telah ditentukan. Variabel digunakan antara lain kering, lembab, dan basah. Kemudian nilai dan variabel digambarkan pada himpunan kelembaban tanah *fuzzy* ke dalam fungsi keanggotaan. Dalam variabel ini memiliki 3 fungsi keanggotaan seperti yang diilustrasikan pada Gambar 4. Untuk pengukuran persentase kelembaban tanah menggunakan RH (Kelembaban Relatif). Rentang pengukuran berdasarkan kemampuan sensor adalah 0 – 100% RH. Kondisi kering memiliki kisaran 0 – 55 %RH. Kondisi lembab (hum) memiliki kisaran dari 25 – 75 %RH. Kondisi basah memiliki kisaran 60 – 100% RH. Jenis fungsi keanggotaan untuk kering dan basah adalah trapesium sedangkan lembab adalah segitiga.



Gambar 4. Fungsi Keanggotaan Kelembaban Tanah

4. Variabel Volume Air

Himpunan pada volume air ini adalah himpunan hasil yang digunakan untuk menentukan hasil akhir dari proses *fuzzy* ini. Keluaran dari himpunan ini akan dikalikan dengan batas maksimum wadah air.



Gambar 5. Fungsi Keanggotaan Volume Air

Pada fungsi keanggotaan ini menunjukkan variabel volume air seperti Sangat sedikit, sedikit sampai Sangat banyak. Setiap Variabel

memiliki rentang nilai 0 – 10 yang mewakili volume air yang dikeluarkan. Batas maksimum volume air mempengaruhi volume air dihitung, misalnya dalam wadah air 600 ml nilai *fuzzy* yang didapat akan dikalikan 60 oleh karena rentang nilai *fuzzy* 0 – 10 dimana nilai 10 x 60 sama dengan 600 ml yang merupakan batas maksimum air yang ditampung. Anggota dari himpunan variabel ini seperti Tabel 1.

Tabel 1. Variabel Linguistik Volume Air

Volume Air	
Sangat Sedikit	0 - 2
Sedikit	1 - 3
Agak Sedang	2,5 - 5
Sedang	3,75 - 6,25
Agak Banyak	5 - 7,5
Banyak	7 - 9
Sangat Banyak	8 - 10

Setelah tahap fuzzifikasi, maka akan dilakukan pembentukan aturan *fuzzy*. Pembentukan aturan *fuzzy* ini dilakukan untuk menyatakan hubungan antara masukan dan keluaran. Operator yang digunakan untuk menghubungkan dua masukan adalah operator *AND*, dan yang memetakan antara input dan *output* adalah *IF-THEN*. Jumlah *rule* yang terbentuk didapat dari perkalian masing - masing keanggotaan dari variabel *fuzzy*. Pada penelitian ini jumlah *rule* yang terbentuk didapat dari 4 buah parameter dengan masing – masing sensor memiliki sehingga banyaknya sama dengan 45 *rules*. Berikut contoh *rule* yang telah dibentuk pada Tabel 2.

Tabel 2. Rule Logika Fuzzy

Kelembaban Udara	Suhu	Kelembaban Tanah	Volume Air
Basah	Dingin	Basah	Sangat Sedikit
Basah	Sejuk	Basah	Sangat Sedikit
Basah	Normal	Basah	Sedikit
Basah	Hangat	Basah	Sedikit
...
...

Kelembaban Udara	Suhu	Kelembaban Tanah	Volume Air
...
Kering	Normal	Kering	Banyak
Kering	Hangat	Kering	Sangat Banyak
Kering	Panas	Kering	Sangat Banyak

Setelah mendapatkan *rule-rule* yang digunakan pada proses inferensi, maka yang dilakukan selanjutnya adalah melakukan agregasi atau kombinasi keluaran dari semua rule yang disebut tahap Komposisi. Hasil dari tahap ini adalah α -predikat dari tiap aturan.

Setelah melakukan tahap Komposisi yang menghasilkan α -predikat dari tiap aturan, maka yang dilakukan selanjutnya adalah masuk tahap akhir, yaitu Defuzzifikasi. Proses defuzzifikasi ini merupakan proses perhitungan crisp output. Perhitungan dilakukan dengan merata-rata semua z dengan rumus berikut:

$$Z = \frac{\alpha_1 \times Z_1 + \alpha_2 \times Z_2 + \dots + \alpha_n \times Z_n}{Z_1 + Z_2 + \dots + Z_n}$$

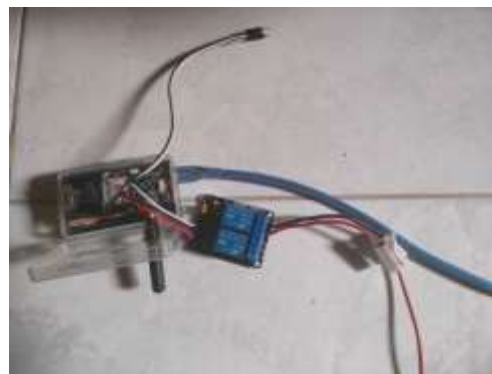
4.4. Implementasi Perangkat

Perangkat *Node Sensor* pada Gambar 6 dibuat dan digabungkan dalam sebuah kotak hitam agar perangkat menjadi praktis dan efisien dalam penempatan pada lingkungan tanaman tomat.



Gambar 6. Node Sensor

Controller seperti pada Gambar 7 bertindak sebagai *Master Node* penerima data dan alat penyiraman tanaman secara otomatis pada tanaman tomat. Perangkat controller terdiri dari TTGO LoRa, *Water Flow Sensor*, *Motor Pump*, *Solenoid valve*, dan penunjang penyiraman tanaman lainnya.



Gambar 7. Master Node dan Node Controller

Perangkat keras yang digunakan dalam tahap pengembangan sistem yaitu perangkat keras pada *Node Sensor* dan perangkat keras pada *TTGO LoRa Contoller* serta komponen pendukung lainnya. Dari komponen - komponen ini dijadikan suatu sistem untuk membaca data dan membuat controller untuk penyiraman tanaman tomat. Implementasi yang dilakukan dari perangkat tersebut akan terbentuk suatu alat penyiraman tanaman seperti Gambar 8.



Gambar 8. Implementasi Alat

5. HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA

5.1. Pengujian Node Sensor

Node Sensor akan membaca data kondisi lingkungan tanaman secara berkala dalam kurun waktu 5 –10 menit tergantung dengan kebutuhan user. Pada saat data didapat akan diteruskan atau dikirimkan ke *Master Node* untuk ditampung dan dilakukan proses selanjutnya pada *node* tersebut.



Gambar 9. Pengambilan data Node Sensor

Berikut adalah hasil dari implementasi untuk me-monitoring kondisi tanaman pada Tabel 3. Pengujian membandingkan sensor suhu kelembaban dengan termometer dan sensor tanah dengan soil meter.

Tabel 3. Data Kondisi Tanaman tomat

No	Sensor Suhu	Termometer	Sensor Kelembaban	Termometer	Sensor Tanah	Soil Meter
1	28.20	28.8	61	60	67	70
2	30.5	31.2	67	68	70	75
3	31.8	32.0	68	69	50	57
4	32.8	32.5	67	70	56	58
5	34.8	34.5	59	62	75	78
6	29.3	30.6	68	70	68	71
7	26.7	27.5	80	78	69	74
8	29.9	28.7	78	80	68	72
9	30.0	31	68	81	58	63
10	29.3	30	70	82	59	65
Rata-rata	30.33	30.68	71.1	72	64	68.3

Persentase keakuratan pada sensor dengan perangkat termometer pada suhu udara dan kelembaban udara untuk menganalisa keberhasilan pengujian berada pada 98.8 % pada suhu, 98.75 % pada kelembaban udara. Sedangkan untuk kelembaban tanah antara sensor tanah dengan soil meter mendapat presentase keakuratan berada pada angka 93.7%.

5.2. Pengujian Master Node

Pada pengujian ini akan ditampilkan proses penerimaan data sensor dari node sensor. Data ini setelah didapat akan dikirim ke server untuk disimpan dan digunakan oleh perangkat mobile android dengan memanfaatkan layanan API (Application Program Interface).



Gambar 10. Penerimaan data Master Node

Data yang diterima dapat dilihat pada serial monitor Arduino berupa data dari node 2 0xBB ke master node 0xFF dengan nilai sensor yang dikirimkan. Pada saat itu pula nilai volume air dari proses fuzzy logic juga didapat guna proses penyiraman otomatis. Kemudian data dikirim oleh Master node yang telah terhubung internet ke server.

Pada proses penerimaan data, dilakukan pula pengujian jarak secara periodik seperti Tabel 4. ditampilkan jarak komunikasi pengiriman data dari node sensor ke master node dengan jarak yang berbeda-beda sebanyak 5 kali.

Tabel 4. Hasil Pengujian Module LoRa

Jarak	Node 1	Node 2	Node 3
5	5	5	5
10	5	5	5
20	5	5	5
30	5	5	5
50	5	5	5

Persentase keberhasilan menghasilkan angka 100% karena semua data dapat diterima dengan Wireless Sensor Network serta topologi tree memakai modul LoRa pada sistem di lahan tomat digunakan perihal ini disebabkan keberhasilan paket yang tidak berubah-ubah dari setiap node pada jarak berbeda yang telah diuji.

5.3. Pengujian Aplikasi

Pada web browser di Gambar 11 dapat diketahui endpoint API berupa JSON Contract yang didapat. Endpoint ini akan dijadikan acuan untuk aplikasi android mengambil data tersebut. Aplikasi android yang telah didesain sedemikian rupa pada Gambar 12 ditampilkan data kondisi tanaman dari Endpoint API server yang disediakan sehingga user dapat melihat kondisi tanaman dengan tampilan yang mudah dan menarik.



Gambar 11. Respon *JSON* dari *API* data



Gambar 12. Antarmuka Aplikasi Android

5.4. Pengujian Node Controller

Setelah data sensor didapat pada *Master Node* terjadi proses *Fuzzy Logic* untuk menentukan volume air yang akan digunakan untuk menyiram tanaman. Proses penyiraman akan bergantian seiring dengan banyaknya node sensor yang dipakai karena setiap *node* sensor membaca data di titik tertentu pada lingkungan tanaman.

Flow rate	Output Liquid Quantity
0L/min	327ml / 0L
0L/min	0ml / 0L
5L/min	96ml / 0L
11L/min	292ml / 0L
3L/min	35ml / 0L
0L/min	35ml / 0L
0L/min	35ml / 0L
0L/min	35ml / 0L
0L/min	35ml / 0L
0L/min	35ml / 0L
0L/min	35ml / 0L
0L/min	35ml / 0L

Gambar 13. Proses pembacaan volume air pada saat penyiraman

Selain dilakukan *monitoring* pada tanaman, selanjutnya untuk analisa data penyiraman dengan melakukan beberapa kali penyiraman dengan volume air yang ditunjukkan oleh aplikasi. Berikut adalah hasil dari percobaan penyiraman yang telah dilakukan.

Tabel 5. Hasil Penyiraman Tanaman

No	Tanggal	Suhu (°C)	Kel. (%RH)	Kel. Tanah (%RH)	Volume Air (mL)
1	1 Des 2022	26.2	66	53	1225
2	8 Des 2022	31.2	71	55	1755
3	15 Des 2022	27.2	70	60	1290
4	17 Des 2022	28.6	67	64	1395
5	19 Des 2022	30.2	74	60	1610
Rata-rata		28.68	69.6	58.4	1455

Dapat dilihat dari Tabel 5. kolom “kelembaban” bahwa nilai kelembaban udara rata-rata kurang sama dengan dari 70%RH yang merupakan batas bawah kelembaban ideal dari tanaman tomat. Lalu tabel juga menampilkan data suhu, dan data volume air yang disiram. Pada kolom “suhu” dapat dilihat bahwa nilai suhu udara memiliki rata-rata 28.68 °C. Nilai kelembaban tanah setelah penyiraman terkecil

terjadi pada tanggal 1 Desember, yaitu 60 %RH. Sedangkan nilai terbesar terjadi pada tanggal 17 Desember dengan 67 %RH. Selanjutnya pada kolom volume menyatakan bahwa volume penyiraman paling sedikit yaitu 1225 mL pada tanggal 1 dan volume penyiraman terbanyak adalah 1755 mL pada tanggal 8 Desember.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Perancangan *Wireless Sensor Network* node untuk pemantauan lahan pertanian menggunakan LoRa terdiri 2 *End Device* dengan topologi *tree*. Pada *End Device* yang pertama yaitu *Node Sensor* dengan jumlah 3 buah yang terdiri dari Arduino Nano yang terpasang oleh sensor DHT-11, YL-69, dan Modul LoRa. Kemudian untuk *End Device* kedua yaitu TTGO LoRa yang berfungsi sebagai *Master Node* dan *Controller*. Komunikasi yang digunakan oleh *Node Sensor* dengan *Master Node* adalah komunikasi LoRa. Perangkat *Master Node* akan menerima data dari 3 *Node Sensor* yang tersebar di beberapa titik area tanaman.
2. Pembacaan suhu, kelembaban udara, dan kelembaban tanah yang tepat sangat diperlukan bagi proses pertumbuhannya, untuk itu pembacaan sensor perlu akurat, setelah dilakukan pengujian dan analisis pada sistem, tingkat akurasi pembacaan menunjukkan nilai rata-rata diatas 80%, sensor DHT-11 menunjukkan tingkat akurasi 98.8% pada suhu dan 98.75% pada kelembaban udara, sedangkan pada modul *Soil Moisture* menunjukkan angka 93.7%.
3. Implementasi logika *Fuzzy Logic* pada perhutingan volume air pada tanaman tomat terdiri dari 4 tahap yaitu, fuzzifikasi yaitu pembentukan himpunan *fuzzy* dan melakukan penentuan derajat keanggotaan di tiap variabel input, lalu fungsi implikasi yaitu pembentukan aturan *rule* dengan menentukan implikasi fungsi *MIN* dan lanjut inferensinya, setelah itu defuzzifikasi dengan menghitung nilai rata-rata. Hasil nilai tersebut akan dikalikan dengan batas maksimum

wadah air yaitu 500 (dari 5 Liter). Pada sistem ini variabel input yang masuk tahap fuzzifikasi adalah suhu, kelembaban udara, dan kelembaban tanah. Selanjutnya implementasi metode tersebut akan dilakukan penyiraman air sesuai perhitungan dengan dibantu dengan *water flow sensor* untuk menghitung debit air yang sudah keluar.

6.2. Saran

Berikut saran peneliti yang dapat dikembangkan pada penelitian berikutnya yang didasari dari penelitian ini.

1. Pada perancangan *node* sensor dapat ditambahkan *module* RTC untuk mengatur jadwal pembacaan data.
2. Penggunaan alat-alat penyiraman seperti *motor pump* dan *solenoid* perlu diukur ketahanan tenaganya sesuai ruang lingkup luas lahan pertanian.
3. Penambahan tombol *off* untuk watering plant. Tombol ini berguna ketika terjadi *error* pada saat proses penyiraman dimana air terus mengalir tanpa henti.

7. DAFTAR PUSTAKA

- J. Rompas, D. Engka, and K. Tolosang, 2015. Potensi Sektor Pertanian dan pengaruhnya terhadap Penyerapan Tenaga Kerja di Kabupaten Minahasa Selatan, *Jurnal Berkala Ilmiah Efisiensi*, vol. 15, no. 4.
- Dinas Pertanian, [Online]. Tersedia di: <<https://distan.bulelengkab.go.id/informasi/detail/artikel/budi-daya-tanaman-tomat-25>>. [Diakses 11 Februari 2022].
- Al Rasyid M. Udin H., I.U. Nadhori, A. Sudarsono, Y.T. Alnovinda, 2016. Pollution monitoring system using gas sensor based on wireless sensor network, *International Journal of Engineering and Technology Innovation (IJETI)*.
- Hamouda, Yousef E. M., Basel H. Y. Elhabib, 2017, Precision Agriculture for Greenhouses Using a Wireless Sensor Network, *Palestinian International Conference on Information and Communication Technology*, Palestine.
- Krishna K. Lokesh , Omayo Silver, Wasswa Fahad Malende, dan K. Anuradha, 2017.

Internet of Things application for implementation of smart agriculture system, *International conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC)*.

- Prayitno, W.A., Muttaqin, A. and Syauqy, D., 2017. Sistem Monitoring Suhu, Kelembaban, dan Pengendali Penyiraman Tanaman Hidroponik menggunakan Blynk Android. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 1.
- Schor, N., Bechar, A., Ignat, T., Dombrovsky, A., Elad, Y. and Berman, S., 2016. Robotic Disease Detection in Greenhouses: Combined Detection of Powdery Mildew and Tomato Spotted Wilt Virus. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 1(1), pp.354–360.
- Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L., 2015, Waspote, *Agriculture Sensor Board 2.0*. Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L.
- Android Project Tutorial, 2017. *Nyebar Ilmu*. [Online] Tersedia di: <<https://www.nyebarilmu.com/tutorial-arduino-mengakses-water-flow-sensor/>> [Diakses 06 Februari 2022]
- Wikipedia, 2019. [Online]. Wikipedia bahasa indonesia. Tersedia di: <https://id.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi> [Diakses 06 Februari 2022]
- Theodore.a.k, 2016. *Himatika FMIPA UGM*. [Online] Tersedia di: <<https://himatika.fmipa.ugm.ac.id/2016/10/17/logika-fuzzy/>> [Diakses 05 Februari 2022]
- Lutfi, F., 2017. *Codepolitan*. [Online] Tersedia di: <<https://www.codepolitan.com/mengenal-nodejs-5880234fe9ae3>> [Diakses 05 Februari 2022]
- Setiadi, T., 2021. *Stekom*. [Online] Tersedia di: <<http://sistem-komputer-s1.stekom.ac.id/informasi/baca/Belajar-Arduino-untuk-Pemula-Lengkap-Penjelasan-Program>> [Diakses 05 Agustus 2022]