

IMPLEMENTASI SISTEM MONITORING KELEMBABAN TANAH, PH TANAH DAN INTENSITAS CAHAYA TANAMAN LAHAN TERBUKA DENGAN WSN BERBASIS MODUL NRF24L01

Shakira Nuranissa Aurellia^{1*}, Dandun Widhiantoro²

^{1,2}Politeknik Negeri Jakarta; Jl. Prof. Dr. G.A Siwabessy, Kampus Baru UI Depok 16424

Received: 27 Agustus 2024

Accepted: 5 Oktober 2024

Published: 12 Oktober 2024

Keywords:

Modul NRF24L01; Sistem Monitoring; Wireless Sensor Network (WSN)

Correspondent Email:

shakira.nuranissaaurellia.te20@mhsw.pnj.ac.id

Abstrak. Kondisi tanah seperti kelembaban, pH, dan intensitas cahaya di BBPP Lembang masih melakukan pemantauan secara konvensional dengan uji sampel tanah di laboratorium. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem *monitoring* untuk mengetahui kelembaban tanah, pH tanah, dan intensitas cahaya secara *real-time*. Penelitian ini menggunakan modul NRF24L01, yang memungkinkan komunikasi nirkabel antara *node* sensor dan *gateway*. Uji sensor untuk kelembaban tanah, pH tanah, dan intensitas cahaya serta validasi data pada *gateway* dan pengujian jangkauan transmisi dilakukan melalui sepuluh percobaan pada *node* dan *gateway* sensor serta tiga puluh percobaan untuk mengukur jangkauan transmisi di jarak 40 m, 100 m, 150 m, dan 200 m dengan atau tanpa penghalang seperti pohon dan bangunan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor kelembaban tanah memiliki kesalahan rata-rata 5,765%, pH tanah 2,515%, dan intensitas cahaya 0,075%. Dengan demikian, *Gateway* mampu mengirimkan data dengan kesalahan 0% untuk kelembaban tanah, pH tanah, dan intensitas cahaya. Hasil pengujian pada jarak 40m menunjukkan transmisi 100% data dengan dan tanpa penghalang. Namun, data yang diterima turun sekitar 7% di jarak 100m, 150m, dan 200m, dengan kondisi tanpa penghalang, dan 27% - 47% ketika terdapat penghalang, seperti pohon dan bangunan, karena interferensi sinyal.

Abstract. Soil conditions such as moisture, pH, and light intensity at BBPP Lembang are still conventionally monitored by testing soil samples in the laboratory. Therefore, this research aims to develop a monitoring system to determine soil moisture, soil pH, and light intensity in real-time. This research uses NRF24L01 module, which enables wireless communication between sensor nodes and gateway. Sensor tests for soil moisture, soil pH, and light intensity as well as data validation at the gateway and transmission range testing were conducted through ten experiments on sensor nodes and gateways and thirty experiments to measure transmission range at distances of 40 m, 100 m, 150 m, and 200 m with or without obstructions such as trees and buildings. The test results show that the soil moisture sensor has an average error of 5.765%, soil pH 2.515%, and light intensity 0.075%. Thus, the Gateway is able to transmit data with 0% error for soil moisture, soil pH, and light intensity. Test results at a distance of 40m showed 100% data transmission with and without obstructions. However, the received data dropped by about 7% at distances of 100m, 150m, and 200m, with no obstructions, and 27% - 47% when obstructions, such as trees and buildings, were present due to signal interference.

1. PENDAHULUAN

Sektor pertanian sangat penting untuk perekonomian, kehidupan, dan kemajuan Indonesia karena Indonesia adalah negara agraris dengan banyak sumber daya alam [1]. Kondisi tanah adalah komponen utama yang harus diperhatikan dalam pertanian agar hasilnya sesuai dengan harapan. Kondisi tanah, termasuk kelembaban, pH, dan intensitas cahaya, memiliki dampak langsung terhadap produktivitas pertanian. Kualitas tanah harus dipantau secara teratur karena perubahan dalam kondisi tanah dapat berdampak pada hasil panen. Meskipun demikian, pendekatan konvensional yang memerlukan pengawasan manual seringkali tidak efektif dan memakan waktu [2].

Sistem *monitoring* tanaman sangat penting untuk mengatasi masalah pertanian. Sistem ini memanfaatkan teknologi modern untuk memantau kondisi tanah dan tanaman secara *real-time*, yang memungkinkan tindakan cepat dan tepat untuk meningkatkan produktivitas. Parameter seperti kelembaban, pH, dan intensitas cahaya sangat penting untuk keberhasilan budidaya tanaman, dan sistem *monitoring* yang efektif dapat memberikan informasi yang akurat tentang hal ini. Sistem informasi terintegrasi dapat membantu meningkatkan produktivitas dan efisiensi pertanian [3]. Ini dapat menggantikan pemantauan manual, yang seringkali tidak efisien dan tidak akurat.

Penggunaan *Wireless Sensor Network* (WSN) berbasis modul NRF24L01 adalah salah satu inovasi yang dapat digunakan untuk sistem *monitoring*. Teknologi ini memungkinkan *node-node* sensor yang terhubung secara nirkabel untuk memantau kondisi lingkungan [4]. Modul NRF24L01 menggunakan frekuensi 2,4 GHz ISM dan antarmuka SPI, dan memiliki konsumsi daya yang rendah, membuatnya ideal untuk digunakan di lingkungan terbuka [5]. WSN berbasis NRF24L01 cocok untuk pemantauan tanaman karena dapat mentransmisikan data secara nirkabel dan memiliki jangkauan yang luas.

Menurut penelitian sebelumnya, sistem *monitoring* berbasis WSN dapat beroperasi dengan baik dalam berbagai kondisi. Misalnya, meskipun sistem tersebut hanya memiliki satu *node*, perangkat *gateway* berhasil menghubungkan *node* sensor dan pusat data [6].

Dengan cara yang sama, penelitian yang menghasilkan sistem *monitoring real-time* yang berguna untuk memantau kelembaban dan pH tanah [7]. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa teknologi WSN memiliki potensi besar untuk meningkatkan efisiensi pemantauan pertanian.

Dengan adanya sistem *monitoring* tanaman yang efektif dan *real-time* ini, diharapkan sektor pertanian dapat mengalami peningkatan efisiensi dan produktivitas yang signifikan. Penggunaan modul NRF24L01 memungkinkan pemantauan kondisi lahan secara akurat dan berkelanjutan, serta mendukung pengambilan keputusan yang lebih cepat dan tepat. Teknologi ini tidak hanya menawarkan solusi praktis untuk tantangan-tantangan yang ada, tetapi juga membuka prospek baru bagi pertanian yang lebih modern dan terkelola dengan baik. Data yang dihasilkan dari sistem ini akan menjadi aset berharga dalam mewujudkan pengelolaan lahan yang lebih optimal dan berkelanjutan di masa depan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Internet of Things*

Internet of Things (IoT) bertujuan untuk menghubungkan berbagai objek di sekitar, mempermudah aktivitas sehari-hari, dan membantu manusia dalam berbagai pekerjaan dengan cara yang lebih praktis dan efisien. Logika pemrograman IoT memungkinkan perangkat mesin berinteraksi satu sama lain secara otomatis tanpa intervensi manusia, bahkan saat berada di jarak jauh. Internet berfungsi sebagai penghubung antara interaksi mesin tersebut, dan peran manusia dalam sistem ini adalah mengatur dan mengawasi langsung operasi perangkat [8]. Selain itu, dengan menerapkannya, IoT dapat secara otomatis mengidentifikasi, menemukan, melacak, dan memantau secara *real-time*.

2.2 *Wireless Sensor Network* (WSN)

Wireless Sensor Network (WSN) adalah infrastruktur jaringan nirkabel yang terdiri dari berbagai perangkat sensor yang ditempatkan di area tertentu dan dapat digunakan untuk mengumpulkan dan mengirimkan data secara *real-time* dari berbagai lokasi. Karena WSN bergantung pada baterai, sumber daya energinya terbatas [9]. WSN digunakan dalam banyak industri, termasuk militer, industri

otomatisasi, lingkungan, layanan kesehatan, dan sektor komersial, karena kemampuan untuk menyediakan solusi monitoring yang fleksibel dan efisien. Teknologi ini memungkinkan pengiriman data dan *monitoring* secara nirkabel dengan menggunakan kombinasi *node* sensor dan embedded sistem, yang membuatnya ideal untuk pemantauan *real-time* di berbagai lingkungan.

2.3 Modul NRF24L01 + PA LNA

Modul NRF24L01 adalah modul komunikasi nirkabel jarak jauh yang bekerja pada frekuensi radio 2,4 GHz dan menggunakan antarmuka *Serial Peripheral Interface* (SPI). Modul ini beroperasi pada tegangan 1,9 hingga 3,6V dan toleran terhadap logika 5V, sehingga dapat dihubungkan langsung ke Arduino tanpa konverter level logika. Modul ini memiliki konsumsi daya yang sangat rendah, membuatnya ideal untuk aplikasi yang memerlukan daya tahan baterai yang lama, seperti jaringan nirkabel, IoT, dan sensor jarak jauh. NRF24L01+ PA LNA, varian dengan penguat daya RF dan penguat derau rendah, memiliki jangkauan komunikasi lebih dari 1000 meter dengan antena eksternal. Modul ini mendukung 125 saluran berbeda dan dapat berkomunikasi dengan hingga 6 modul lainnya secara bersamaan, menjadikannya solusi yang andal untuk berbagai aplikasi komunikasi nirkabel [10].

2.4 ESP32

ESP32 adalah modul mikrokontroler multifungsi yang merupakan penerus ESP8266 yang terkenal dengan konektivitas Wi-Fi. Kemampuan untuk memproses sinyal analog dan dukungan untuk sejumlah sensor dengan input/output (I/O) digital adalah dua fitur ESP32 [11]. Selain itu, modul ini mendukung konektivitas *bluetooth* untuk mengontrol perangkat yang kompatibel. Karena kemampuan untuk memanfaatkan sensor dan perangkat I/O digital, serta kemampuan untuk menghubungkan perangkat ke Internet, ESP32 sangat cocok untuk aplikasi IoT. Baik sebagai PCB maupun modul terpisah, modul Wi-Fi ini mudah digunakan dan harganya terjangkau.

2.5 ESP8266

NodeMCU ESP8266 adalah *platform open-source* berbasis IoT yang terdiri dari perangkat

keras ESP8266 *System on Chip* (SoC). Versi terbarunya, NodeMCU versi 3 (V1.0), memiliki lebih banyak fitur daripada versi sebelumnya. NodeMCU memiliki 17 pin GPIO, yang membuatnya cocok untuk aplikasi IoT yang membutuhkan pengawasan dan pengendalian [12]. NodeMCU V1 memiliki RAM 32KB + 80KB dan memori flash hingga 16MB, yang membuatnya lebih efisien dari versi sebelumnya. Prosesor NodeMCU memiliki kecepatan 80 MHz hingga 160 MHz dan konsumsi daya 10uA hingga 170mA.

2.6 Sensor *Capacitive Soil Moisture*

Sensor kelembaban tanah digunakan untuk mengukur kadar air dalam tanah dan terdiri dari dua *probe* yang ditanamkan ke dalam tanah. *Probe* ini terhubung ke perangkat elektronik yang mengukur dan menampilkan informasi tentang kelembaban tanah [13]. Sensor kelembaban tanah kapasitif analog v1.2 menggunakan penginderaan kapasitif untuk mengukur tingkat kelembaban tanah. Namun, untuk menjadikannya kompatibel, diperlukan konverter ADC. Kelebihan dari sensor ini adalah bahannya tahan korosi, yang membuatnya tahan lama.

2.7 Sensor pH Tanah

Sensor pH tanah, yang digunakan untuk mengukur pH tanah, adalah alat penting dalam pertanian modern. Informasi mengenai pH tanah membantu petani merencanakan pemupukan dan tindakan tambahan untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman. Dalam analisis kimia kuantitatif, sensor pH tanah umumnya digunakan karena prinsipnya didasarkan pada perubahan konsentrasi ion hidrogen dalam sampel, yang berdampak pada nilai pH [14].

2.8 Sensor BH1750

Sensor cahaya digital BH1750 menggunakan teknologi yang memungkinkan keluaran digital langsung dan akurat, memberikan informasi tentang intensitas cahaya di sekitarnya dalam satuan lux. Dengan komunikasi menggunakan protokol I2C dan dapat mengukur luminositas dari 1 lux hingga 65535 lux [15].

3. METODE PENELITIAN

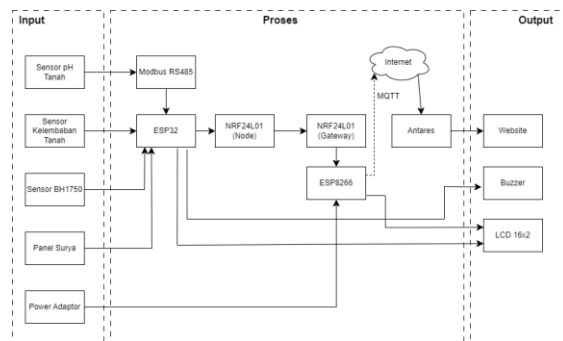
Penelitian ini dilakukan melalui pengumpulan dan analisis data, yang mencakup

pengukuran kinerja perangkat lunak dan perangkat keras sesuai dengan desain yang direncanakan. Sensor pH tanah, sensor *capacitive soil moisture*, sensor cahaya BH1750, modul NRF24L01, *database platform* Antares, dan *website* merupakan beberapa alat yang digunakan dalam penelitian ini.

3.1 Perancangan Sistem

Rancangan alat ini untuk pemantauan kelembaban tanah, pH tanah dan intensitas cahaya menggunakan WSN berbasis modul NRF24L01. Terdapat tiga perancangan yaitu, *node* sensor, *gateway*, dan sistem keseluruhan.

3.1.1 Blok Diagram

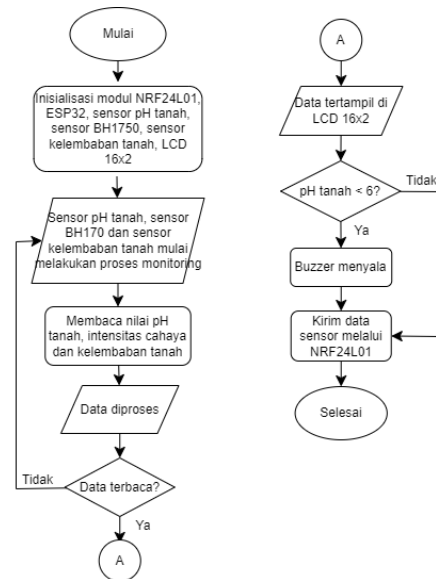


Gambar 1. Blok Diagram

Sistem *monitoring* ini terdiri dari *node* sensor dan *gateway* penerima, seperti yang ditunjukkan pada gambar 1 di atas. Sensor pH tanah, sensor kelembaban tanah, dan sensor BH1750 adalah input dari perangkat pengirim. Data dari sensor pH tanah dikirim ke ESP32 melalui protokol Modbus RS485, dan panel surya memberikan daya pada ESP32. Modul NRF24L01 pengirim terhubung ke perangkat, dan *gateway* penerima menerima data dari *node* sensor.

Data yang diterima oleh modul NRF24L01 di sisi *gateway* penerima dikirim ke *platform* Antares menggunakan protokol MQTT melalui jaringan Wi-Fi melalui ESP8266 dan daya adaptor. *Buzzer* yang dihasilkan oleh sistem ini memberikan peringatan, dan data ditampilkan pada LCD. Kondisi tanah dan intensitas cahaya dapat dipantau secara *real-time* melalui *website*.

3.1.2 Cara Kerja Sistem



Gambar 2. Flowchart Node Sensor

Pada Gambar 2, proses dimulai dengan inisialisasi modul NRF24L01, ESP32, sensor pH tanah, sensor BH1750, sensor kelembaban tanah, dan LCD 16x2. Setelah inisialisasi, sistem mulai melakukan proses *monitoring* dengan menggunakan sensor-sensor tersebut.

Pada tahap pertama, sensor pH tanah, sensor BH1750, dan sensor kelembaban tanah membaca nilai-nilai parameter lingkungan yang relevan. Data yang diperoleh dari sensor kemudian diproses. Jika data berhasil terbaca, maka akan dilanjutkan ke tahap berikutnya.

Pada tahap berikutnya, data yang telah diproses ditampilkan pada LCD 16x2. Sistem kemudian mengecek apakah nilai pH tanah kurang dari 6. Jika ya, *buzzer* akan menyala sebagai indikasi bahwa tanah bersifat asam. Selanjutnya, data sensor dikirim melalui modul NRF24L01 untuk keperluan *monitoring* jarak jauh. Proses kemudian berakhir. Jika nilai pH tanah tidak kurang dari 6, sistem akan kembali ke proses *monitoring* dan terus berulang sampai data yang diperoleh menunjukkan kondisi pH tanah yang membutuhkan perhatian.



Gambar 3. Flowchart Gateway

Proses dimulai dengan menerima data dari perangkat pengirim, yang dapat berupa sensor atau modul komunikasi lain. Data yang diterima kemudian ditampilkan secara real-time pada layar LCD 16x2, memungkinkan pengguna untuk memantau informasi yang diterima secara langsung.

Setelah data ditampilkan, sistem selanjutnya mengirimkan data tersebut ke *platform* Antares dan ke sebuah *website* untuk keperluan penyimpanan, analisis, dan pemantauan lebih lanjut secara jarak jauh. Proses berakhir setelah data berhasil dikirim ke kedua *platform* tersebut.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Node Sensor

Pengujian *node* sensor menguji berbagai sensor yang mengukur kelembaban, pH, dan intensitas cahaya. Selama proses ini, data dari *node* sensor dikirim ke *gateway* untuk dipantau dan dianalisis.

A. Pengujian Sensor *Capacitive Soil Moisture*

Tabel 1. Hasil Pengujian *Capacitive Soil Moisture*

No	Waktu Pengujian (WIB)	Hasil <i>Capacitive Soil Moisture</i> (%)	Hasil <i>Soil Meter</i>	Nilai Perbedaan	Error Relatif (%)
1	07:00:04	28	30	2	6,6
2	08:00:21	28	30	2	6,6
3	09:00:19	27	28	1	3,57
4	10:00:17	24	25	1	4
5	11:00:15	23	24	1	4,16
6	12:00:13	22	24	2	8,3
7	13:00:10	19	20	1	5
8	14:00:08	23	24	1	4,16
9	15:00:06	18	20	2	10
10	16:00:04	18	20	1	5,26
Rata-rata nilai <i>Capacitive Soil Moisture</i>		23	24,5	1,4	5,765

Dalam 10 percobaan sensor *capacitive soil moisture* berhasil mengukur kelembaban tanah dengan perbedaan waktu validitas data dan nilai sensor dibandingkan dengan nilai

meteran tanah menghasilkan nilai rata-rata error relatif sebesar 5,765%, seperti yang ditunjukkan dalam pengujian yang disajikan pada Tabel 1.

B. Pengujian Sensor pH Tanah

Tabel 2 Hasil Pengujian pH tanah

No	Waktu Pengujian (WIB)	Hasil Sensor pH tanah	Hasil pH Meter	Nilai Perbedaan	Error Relatif (%)	Buzzer
1	07:00:04	6,2	6,5	0,3	4,61	Mati
2	08:00:21	6,1	6,4	0,3	4,68	Mati
3	09:00:19	6,1	6,4	0,3	4,68	Mati
4	10:00:17	6,3	6,5	0,2	3,07	Mati
5	11:00:15	6,8	7	0,2	2,85	Mati
6	12:00:13	7	7	0	0	Mati
7	13:00:10	7,2	7,3	0,1	1,36	Mati
8	14:00:08	7,3	7,5	0,2	2,6	Mati
9	15:00:06	7,5	7,5	0	0	Mati
10	16:00:04	7,4	7,5	0,1	1,3	Mati
Rata-rata nilai sensor pH tanah		6,79	6,96	0,17	2,515	Mati

Dalam 10 percobaan dengan perbedaan waktu validitas data, sensor berhasil menentukan pH tanah, berdasarkan pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 2. Nilai sensor dibandingkan dengan nilai pH meter menghasilkan nilai rata-rata error relatif sebesar 2,515%, dengan kondisi *buzzer* mati karena pH tanah di bawah 6.

C. Pengujian Sensor BH1750

Tabel 3. Hasil Pengujian BH1750

No	Waktu Pengujian (WIB)	Hasil BH1750	Hasil <i>Lux Meter</i>	Nilai Perbedaan	Error Relatif (%)
1	07:00:04	1985	1990	5	0,25
2	08:00:21	2949,169	2955	5,831	0,19
3	09:00:19	4702,5	4705	2,5	0,05
4	10:00:17	7670,833	7670	0,833	0,01
5	11:00:15	12485,33	12490	4,67	0,03
6	12:00:13	29971,67	29975	3,33	0,01
7	13:00:10	4449,169	4450	0,831	0,01
8	14:00:08	3760	3765	5	0,13
9	15:00:06	13409,7	13415	5,3	0,03
10	16:00:04	6996,667	7000	3,333	0,04
Rata-rata nilai sensor BH1750		8838	8841,5	3,662	0,075

Dalam 10 percobaan, nilai sensor BH1750 dibandingkan dengan nilai *lux meter* menghasilkan nilai rata-rata error relatif sebesar 0,075% dengan perbedaan waktu validitas data, seperti yang ditunjukkan dalam pengujian yang disajikan pada Tabel 3.

4.2 Pengujian Gateway

Pengujian *gateway* mengevaluasi parameter seperti kelembaban tanah, pH tanah, dan intensitas cahaya. Tujuan dari proses ini adalah untuk memastikan bahwa *gateway* menerima semua data dari setiap sensor dan sistem dapat menerima data dari *node* ke *gateway* secara konsisten tanpa kehilangan atau mengubah informasinya.

A. Pengujian Sensor *Capacitive Soil Moisture*

Tabel 4. Hasil Pengujian *Capacitive Soil Moisture*

No	Waktu Pengujian (WIB)	Hasil <i>Capacitive Soil Moisture</i> (%) <i>Node</i>	Hasil <i>Capacitive Soil Moisture</i> (%) <i>Gateway</i>	Error Relatif (%)	Keterangan Data
1	07:00:04	28	28	0	Diterima
2	08:00:21	28	28	0	Diterima
3	09:00:19	27	27	0	Diterima
4	10:00:17	24	24	0	Diterima
5	11:00:15	23	23	0	Diterima
6	12:00:13	22	22	0	Diterima
7	13:00:10	19	19	0	Diterima
8	14:00:08	23	23	0	Diterima
9	15:00:06	18	18	0	Diterima
10	16:00:04	18	18	0	Diterima
Rata-rata nilai <i>Capacitive Soil Moisture</i>		23	23	0	Diterima

Gateway berhasil menerima nilai kelembaban tanah dalam 10 percobaan dengan perbedaan waktu validitas data, seperti yang ditunjukkan dalam pengujian yang tercantum pada Tabel 4. Ada nilai rata-rata persentase kesalahan 0% dan nilai sensor *capacitive soil moisture* rata-rata sebesar 23.

B. Pengujian Sensor pH Tanah

Tabel 5. Hasil Pengujian pH tanah

No	Waktu Pengujian (WIB)	Hasil Sensor pH tanah <i>Node</i>	Hasil Sensor pH tanah <i>Gateway</i>	Error Relatif (%)	Keterangan Data
1	07:00:04	6,2	6,2	0	Diterima
2	08:00:21	6,1	6,1	0	Diterima
3	09:00:19	6,1	6,1	0	Diterima
4	10:00:17	6,3	6,3	0	Diterima
5	11:00:15	6,8	6,8	0	Diterima
6	12:00:13	7	7	0	Diterima
7	13:00:10	7,2	7,2	0	Diterima
8	14:00:08	7,3	7,3	0	Diterima
9	15:00:06	7,5	7,5	0	Diterima
10	16:00:04	7,4	7,4	0	Diterima
Rata-rata nilai sensor pH tanah		6,79	6,79	0	Diterima

Gateway berhasil menerima nilai pH sensor tanah dengan rata-rata 6,79 dan persentase kesalahan 0% dalam 10 percobaan dengan perbedaan waktu validitas data, seperti yang ditunjukkan dalam pengujian yang disajikan pada Tabel 5.

C. Pengujian Sensor BH1750

Tabel 6. Hasil Pengujian BH1750

No	Waktu Pengujian (WIB)	Hasil BH1750 <i>Node</i>	Hasil BH1750 <i>Gateway</i>	Error Relatif (%)	Keterangan Data
1	07:00:04	1985	1985	0	Diterima
2	08:00:21	2949,169	2949,169	0	Diterima
3	09:00:19	4702,5	4702,5	0	Diterima
4	10:00:17	7670,833	7670,833	0	Diterima
5	11:00:15	12485,33	12485,33	0	Diterima
6	12:00:13	29971,67	29971,67	0	Diterima
7	13:00:10	4449,169	4449,169	0	Diterima
8	14:00:08	3760	3760	0	Diterima
9	15:00:06	13409,7	13409,7	0	Diterima
10	16:00:04	6996,667	6996,667	0	Diterima
Rata-rata nilai sensor BH1750		8838	8838	0	Diterima

Gateway berhasil menerima nilai intensitas cahaya dari sensor dalam 10 percobaan dengan perbedaan waktu validitas data, dengan nilai rata-rata persentase kesalahan

0% dan nilai intensitas cahaya rata-rata 8838 pada Tabel 6.

4.3 Pengujian Jangkauan Jarak

Pengujian jangkauan alat dilakukan untuk mengevaluasi seberapa efektif alat dapat mentransmisikan data antara *node* sensor dan *gateway* pada jarak yang berbeda, seperti 40 meter, 100 meter, 150 meter, dan 200 meter, baik dengan dan tanpa penghalang.

Tabel 7. Hasil Pengujian Jangkauan Jarak

Jarak	Data yang Dikirim	Data yang Diterima	
		Non Penghalang	Penghalang
40 m	30	30	30
100 m	30	30	22
150 m	30	29	20
200 m	30	28	16

Dengan adanya penghalang dan jarak yang lebih jauh, jangkauan alat menunjukkan penurunan efektivitas transmisi data, seperti yang ditunjukkan oleh pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 7. *Node* dapat mengirimkan 30 data pada jarak 40m, dan *gateway* dapat menerima 30 data, baik dengan atau tanpa penghalang. Namun, data yang diterima saat terdapat penghalang 1 pohon turun menjadi 22 pada jarak 100m. Pada jarak 150m, data yang diterima turun menjadi 20 dengan penghalang 1 pohon dan 2 bangunan, dan pada jarak 200m, data yang diterima turun menjadi 16 dengan penghalang 1 pohon dan 3 bangunan. Secara keseluruhan, seiring bertambahnya jarak dan penghalang, jangkauan alat menurun, mempengaruhi penerimaan data secara signifikan.

5. KESIMPULAN

- Hasil pengujian *node* sensor menunjukkan bahwa sensor *capacitive soil moisture* memiliki persentase kesalahan rata-rata 5,765%, sensor pH tanah kapasitif memiliki persentase kesalahan rata-rata 2,515%, dan sensor BH1750 memiliki persentase kesalahan rata-rata 0,075% dalam mengukur intensitas cahaya. Ini menunjukkan bahwa sistem yang diimplementasikan berfungsi dengan baik.
- Hasil pengujian yang dilakukan oleh *node* sensor ke *gateway* menunjukkan bahwa data *capacitive soil moisture*, pH tanah, dan BH1750 benar-benar akurat dengan persentase kesalahan rata-rata 0%. Data yang dikirim dari *node* sensor ke *gateway* diterima dengan baik karena

kualitas sinyal yang stabil dan sistem ini sangat efisien dalam mengirimkan data.

- c. Hasil pengujian pada jarak 40 meter menunjukkan bahwa alat bekerja secara baik dengan atau tanpa penghalang. Namun, pada jarak 100 m, 150 m, dan 200 m, jumlah data yang diterima sedikit menurun saat tidak ada penghalang, dan menurun signifikan saat terdapat penghalang seperti pohon dan bangunan. Secara keseluruhan, jangkauan alat menunjukkan bahwa semakin jauh jarak dan semakin banyak penghalang, semakin sedikit data yang diterima.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rojun, M., & Nadziroh, N. (2020). Peran Sektor Pertanian dalam Pertumbuhan Ekonomi di Kabupaten Magetan. In *Jurnal AGRISTAN* (Vol. 2, Issue 1).
- [2] Pradnyawati, I. G. A. B., & Cipta, W. (2021). Pengaruh Luas Lahan, Modal dan Jumlah Produksi Terhadap Pendapatan Petani Sayur di Kecamatan Baturiti. *Ekuitas: Jurnal Pendidikan Ekonomi*, 9(1), 93. <https://doi.org/10.23887/ekuitas.v9i1.27562>
- [3] Rachmawati, R. R. (2020). Smart Farming 4.0 untuk Mewujudkan Pertanian Indonesia Maju, Mandiri, dan Modern. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 38(2), 137–154. <https://doi.org/10.21082/fae.v38n2.2020.137-154>
- [4] Rahayu, L. Y., Mulyana, ST., MT., A., & Sunarya, ST., MT., U. (2018). Perancangan Aplikasi Sistem Pemantauan Pertumbuhan Sawi Hijau Berbasis Web dengan Computer Vision. *E-Proceeding of Applied Science*, 4(3), 2567–2574.
- [5] Tarmidi, taqwa, A., & Silvia Handayani, A. (2019). Penerapan Wireless Sensor Network Sebagai Monitoring. *Seminar Nasional Inovasi Dan Aplikasi Teknologi Di Industri*.
- [6] Agni, M., Prawiro, S., & Setia Budi, A. (2022). Perancangan dan Implementasi Sistem Pemantauan dan Kontrol Tanaman berbasis NRF24L01 (Vol. 6, Issue 3). <http://j-ptiik.ub.ac.id>.
- [7] Afif, T., Bhawiyuga, A., & Siregar, R. A. (2019). Implementasi Perangkat Gateway Untuk Pengiriman Data Sensor Dari Lapangan Ke Pusat Data Pada Jaringan Wireless Sensor Network Berbasis Perangkat nRF24L01. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 3(4), 3695–3701. <http://j-ptiik.ub.ac.id>.
- [8] Emilyana, Supriyanto, A., Kusri, W., & Fathurahmani. (2020). Rancang Bangun Sistem Monitoring Lahan Pertanian Berbasis Mikrokontroler Arduino dan Mobile Web. *Jurnal EL Sains*, 2(1), 1–4.
- [9] Azhar, A., Sasongko, S. M. Al, & Budiman, D. F. (2024). IMPLEMENTASI PURWARUPA WIRELESS SENSOR NETWORK UNTUK MONITORING DAN PENYIRAMAN OTOMATIS PADA TANAMAN MINT MENGGUNAKAN ESP32 BERBASIS IoT-LoRa. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 12(3). <https://doi.org/10.23960/jitet.v12i3.4678>.
- [10] Shobrina, U. J., Primananda, R., & Maulana, R. (2018). Analisis Kinerja Pengiriman Data Modul Transceiver NRF24L01, Xbee dan Wifi ESP8266 Pada Wireless Sensor Network. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 2(4), 1510–1517. <http://j-ptiik.ub.ac.id>.
- [11] Nizam, M., Yuana, H., & Wulansari, Z. (2022). Mikrokontroler ESP32 sebagai ALAT Monitoring Pintu Berbasis Web. In *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika* (Vol. 6, Issue 2).
- [12] Satriadi, A., Wahyudi, & Christiyono, Y. (2019). Perancangan Home Automation Berbasis NodeMCU (Vol. 8, Issue 1). <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient>
- [13] Rilangi, E. Y. D., Misbahuddin, & Iqbal, M. S. (n.d.). Sistem IoT Berbasis LoRa untuk Pemantauan Parameter pH dan Kelembaban Tanah pada Tanaman Stroberi. *Seminar Nasional Fortei7-4*.
- [14] Daniel, R., Utomo, A. D. N., & Setyoko, Y. A. (2022). Rancangan Bangun Alat Monitoring Kelembaban, PH Tanah dan Pompa Otomatis pada Tanaman Tomat dan Cabai. *LEDGER: Journal Informatic and Information Technology*, 1(4), 161–170. <https://doi.org/10.20895/LEDGER.V1I4.862>.
- [15] Khuriati, A. (2022). Sistem Pemantau Intensitas CAHAYA Ambien dengan Sensor BH1750 Berbasis Mikrokontroler Arduino Nano (Vol. 25, Issue 13).