Jurnal Fakultas Teknik
Universitas Muhamadiyah Parepare
Vol. xx No. xx, Bulan 20xx

Implementasi Wireless Sensor Network Untuk Pemetaan Kualitas Udara Dalam Kandang Ayam

Jusmaidil[1*], Anugrah Saputra[2], A. Irmayani Pawelloi[3], Ahmad Selao[4]

*[1*234]Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Parepare, Indonesia*
**Email : jusmaidilgia@gmail.com*

Abstract: Many poultry farmers face challenges in monitoring air quality within chicken coops due to the absence of real-time monitoring tools, particularly for temperature, humidity, and ammonia gas levels. Additionally, fluctuating weather conditions inside and outside the coop can negatively affect poultry health. This study aims to design an air quality monitoring system to address issues related to temperature, humidity, and ammonia concentration. A monitoring device was developed using a Wireless Sensor Network (WSN) architecture, incorporating an Arduino Nano microcontroller, DHT22 sensor, and MQ-135 gas sensor, all assembled in a portable format for ease of implementation. Sensor data collected at the transmitter node is transmitted via NRF24L01 to a receiver node and displayed in real time on a 20x4 I2C LCD. Test results show the system effectively monitors temperature, humidity, and ammonia levels in real time, with successful data transmission using a star topology WSN. Field tests conducted at 1:00 PM WITA recorded data from a transmitter placed 5–30 meters away, showing a temperature of 32ºC, humidity of 75%, and ammonia level of 206 PPM. At 3:15 PM WITA, the readings changed to 29ºC, 83% humidity, and 189 PPM ammonia. These results demonstrate real-time fluctuations in air quality inside the coop. In conclusion, the system provides significant benefits for farmers by enabling real-time air quality monitoring and improving time efficiency.

Keywords: WSN; Arduino Nano; DHT22; MQ-135; *Realtime*

1. PENDAHULUAN

Jumlah penduduk Indonesia yang semakin meningkat setiap tahunnya, berdampak pula pada peningkatan akan komsumsi protein hewani mulai dari daging, telur, maupun susu. Kesadaran masyarakat akan pemenuhan gizi khususnya protein meningkatkan permintaan produk peternakan. Subsektor peternakan merupakan salah satu subsektor yang memberikan kontribusi pada perekonomian nasional serta mampu menyerap tenaga kerja secara signifikan, sehingga dapat diandalkan dalam upaya perbaikan perekonomian nasional. Hal tersebut tergambar dari hasil Sensus Pertanian 2013 bahwa jumlah rumah tangga peternakan di Indonesia mencapai 13,56 juta rumah tangga. Di samping itu ketersediaan produk peternakan secara langsung akan meningkatkan status gizi masyarakat, khususnya untuk pemenuhan kalori dan protein hewani. Pemenuhan konsumsi masyarakat atas kalori dan protein hewani akan meningkatkan kualitas sumber daya manusia (Badan Pusat Statistik, 2021).

Peternakan Ayam Pedaging (Broiler) adalah bisnis yang sangat berkembang pesat seiring dengan permintaan konsumen yang cukup besar dan juga waktu pertumbuhan ayam jenis ini relatif singkat (5 – 7 minggu). Sehingga saat ini banyak Peternakan Ayam Broiler yang tersebar di seluruh Indonesia mulai dari wilayah perkotaan hingga wilayah perdesaan. Penyebaran Peternakan Ayam jenis ini juga cukup luas karena harga dari

produksi dagingnya bisa didapatkan dengan harga yang relatif terjangkau (Ahmad Selao, 2022). Pendapatan usaha peternakan ayam broiler dengan closed house system lebih besar dari pada usaha peternakan dengan open house sistem (Gobel et al., 2022). Sistem peternakan ayam broiler, khususnya pada kandang closed house, telah menjadi strategi yang efektif untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas pada ayam. Berbeda dengan kandang open house yang rentan terhadap fluktuasi dan cuaca ekstrem yang berdampak pada kesehatan ayam, sistem closed house memungkinkan peternak untuk mengendalikan iklim mikro secara presisi, termasuk suhu, kelembaban, dan sirkulasi udara. Namun, keunggulan ini juga membawa tantangan tersendiri, yaitu manajemen kualitas udara di dalam ruangan yang tertutup.

Saat ini, pemantauan dalam kandang ayam masih banyak dilakukan secara manual dengan menggunakan kabel untuk menghubungkan sensor-sensor yang memantau kondisi lingkungan seperti suhu, kelembaban, dan kadar gas amonia. Namun, sistem ini memiliki kekurangan dalam segi instalasi, pemeliharaan yang rumit dan gangguan estetika akibat banyaknya kabel yang terpasang. Untuk mengatasi masalah ini, dikembangkanlah teknologi Wireless Sensor Network (WSN) yang memungkinkan pemantauan kondisi lingkungan dalam kandang secara nirkabel.

WSN merupakan sistem jaringan yang menghubungkan berbagai node sensor yang disebar di berbagai lokasi tertentu, yang bertugas untuk mengumpulkan data lingkungan secara otomatis dan mengirimkannya ke sistem pemantauan secara realtime dengan melibatkan parameter penting, seperti parameter suhu, kelembaban, dan gas amonia. WSN memungkinkan analisis yang lebih cepat dan akurat, sehingga peternak dapat mengambil keputusan yang lebih baik dalam pengelolaan kandang. Penggunaan teknologi WSN ini tidak hanya membantu peternak dalam mengoptimalkan kondisi lingkungan di dalam kandang, tetapi juga mengurangi kompleksitas instalasi dan pemeliharaan sistem *monitoring*. Dengan demikian, WSN berpotensi meningkatkan efisiensi operasional peternakan ayam dan mendukung kesehatan ayam dengan menciptakan lingkungan yang lebih terkendali dan aman. Secara keseluruhan tujuan dari penelitian ini adalah menciptakan sistem pemantauan kualitas udara dalam kandang ayam closed house dengan menerapkan sistem *Wireless Sensor Network*.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan pendekatan eksperimental. Metode R&D Adalah proses sistematis untuk menciptakan produk baru atau menyempurnakan produk yang sudah ada melalui penelitian dan pengembangan berkelanjutan, yang bertujuan untuk menghasilkan produk atau model yang lebih efektif dan memenuhi kebutuhan masyarakat. Pada penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji alat pemantauan kualitas udara didalam kandang ayam berbasis Wireless Sensor Network. Metode ini dipilih untuk mengembangkan sistem yang mampu mengidentifikasi kualitas udara memalui transmisi dan komunikasi data tanpa kabel melalui serangkaian tahapan pengujian dan evaluasi kinerja alat.

2.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kandang Ayam tipe Closed House Bela-belawa Kec. Suppa Kab. Pinrang dan Laboratorium Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Parepare dengan durasi pelaksanaan selama Oktober 2024 – Juli 2025.

2.3. Bahan dan Alat Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari berbagai komponen elektronik yang dirancang untuk memantau kualitas udara di dalam kandang ayam.

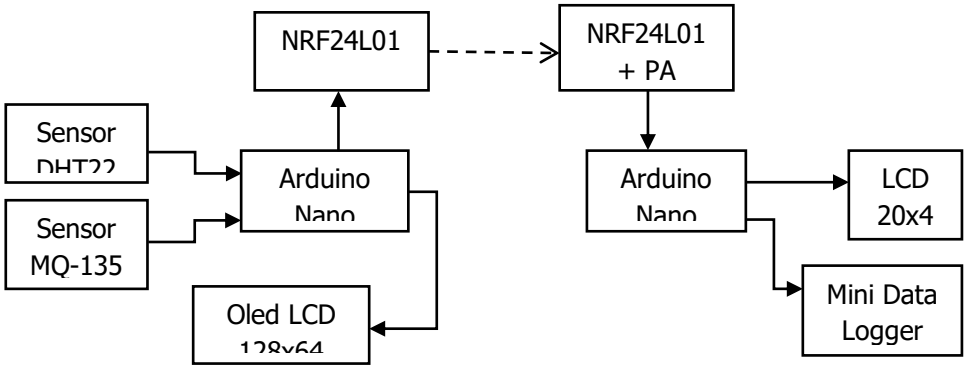
Tabel 1. Alat dan Bahan

No	Nama Komponen	Spesifikasi / Fungsi
1	Arduino Nano	Mikrokontroler berbasis ATmega328P. Memproses,mengolah data dari sensor dan modul komunikasi data
2	DHT22	Mengukur dan mendeteksi suhu dan kelembaban dilingkungan sekitar
3	MQ-135	Mengukur dan mendeteksi Kualitas udara seperti gas amonia (NH3)
4	Modul NRF24L01	Sebagai perangkat komunikasi nirkabel dan transmisi data jarak jauh menggunakan frekuensi 2,4 GHz
5	LCD	OLED I2C 128x64 dan LCD I2C 20X4. Menampilkan status sistem pengirim berdasarkan node dan parameter
6	Saklar	Tombol input sebagai pemicu awal proses pendeteksian sensor dan modul NRF24L01
7	Breadboard & Kabel Jumper	Media koneksi antar komponen dalam rangkaian
8	Baterai	Sebagai sumber daya untuk sistem Arduino dan sensor

2.4. Rancangan Sistem

Blok diagram sistem pemantau kualitas udara yang dirancang pada penelitian ini menggambarkan hubungan antar komponen utama, mulai dari input berupa sensor, proses pengolahan data oleh mikrokontroler, hingga output tampilan informasi pada LCD. Sistem dirancang untuk memantau kondisi didalam kandang ayam dengan cara

mendeteksi suhu, kelembaban dan gas berbahaya seperti amonia secara real-time memalui komunikasi data tanpa kabel. Blok diagram ditunjukkan pada Gambar 1.



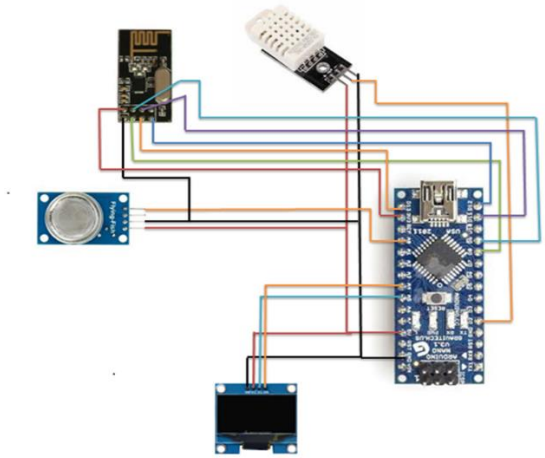
Gambar 1. Blok Diagram

Sistem ini terbagi menjadi 2 Unit, unit pengirim (Transmitter) dan unit penerima (Receiver) yang terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu: 1.unit Pengirim (a) Sensor DHT22 mendeteksi suhu dan kelembaban, (b) Sensor MQ-135 mendeteksi kualitas udara gas Amonia, (c) modul NRF24L01 sebagai komunikasi nirkabel, (d) LCD I2C OLED 128x64 yang menampilkan status sensor dan kondisi kandang ayam, (e) Arduino Nano sebagai mikrokontroler yang memproses dan mengolah data dari sensor dan modul. 2.unit Penerima (f) modul NRF24L01+PA berfungsi menerima data yang dikirim oleh unit pengirim, (g) mini Data Logger berfungsi menyimpan data berdasarkan format waktu, tanggal dan tahun, (h) Arduino Nano berfungsi untuk memproses dan mengolah data yang telah diterima oleh unit pengirim, (i) LCD I2C 20x4 menampilkan data yang telah diproses dan diterima.

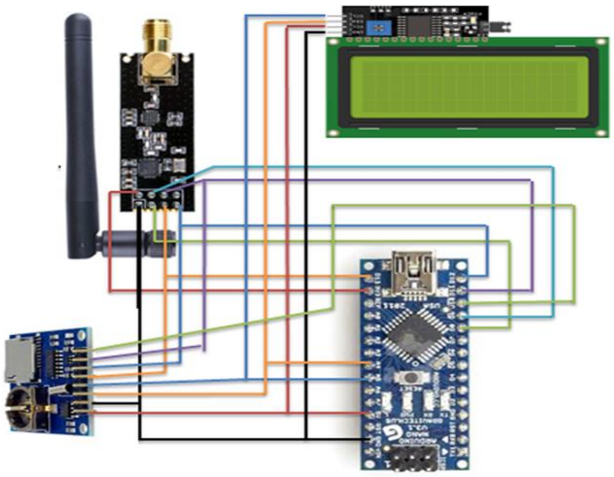
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perancangan Perangkat Keras

Pada perancangan perangkat keras, komponen-komponen utama yang digunakan disusun dan diintegrasikan sebagaimana ditunjukkan pada gambar berikut.



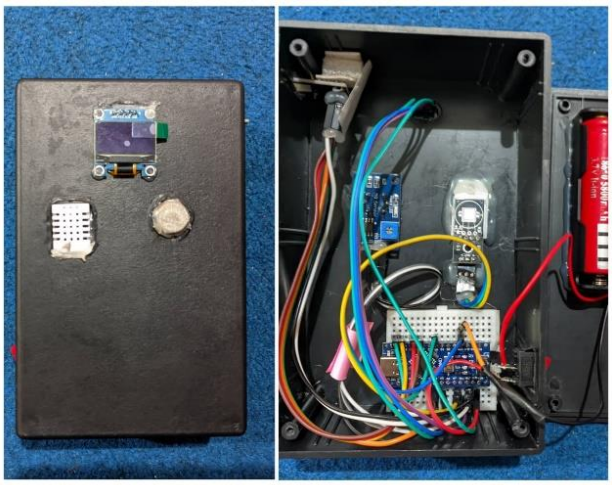
(a)



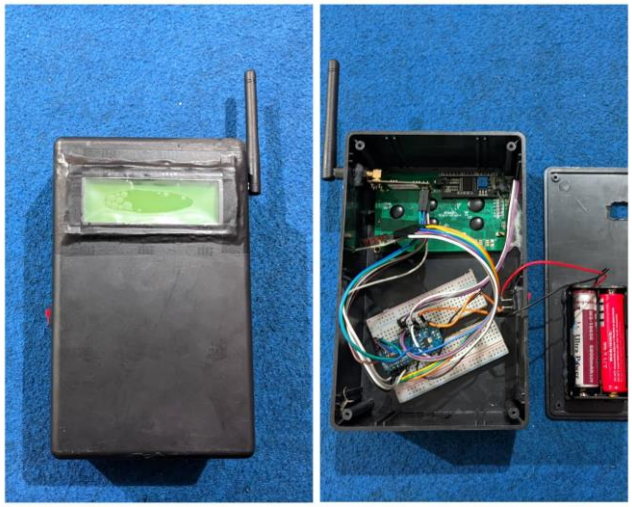
(b)

Gambar 2. Diagram kawat :
(a) Unit pengirim
(b) Unit penerima

Rangkaian pada gambar 2. (a) dan (b) sensor suhu dan kelembapan terhubung ke pin D2, D3, D4, D5 Arduino Nano, sensor MQ-135 terhubung ke pin A0, A1, A2, A3, NRF24L01 terhubung ke pin digital D8 (CSN), D11 (MOSI), D12 (MISO), D13 SCK, Sementara LCD terhubung melalui komunikasi I2C dengan pin A4 (SDA) dan A5 (SCL). Kemudian pada unit penerima data logger terhubung D10 (CS), D11 (MOSI), D12 (MISO), D13 (SCK), A4 (SDA), A5 (SCL). Semua komponen mendapatkan catu daya dari pin 3,3V, 5V dan GND pada Arduino Nano.



(a)



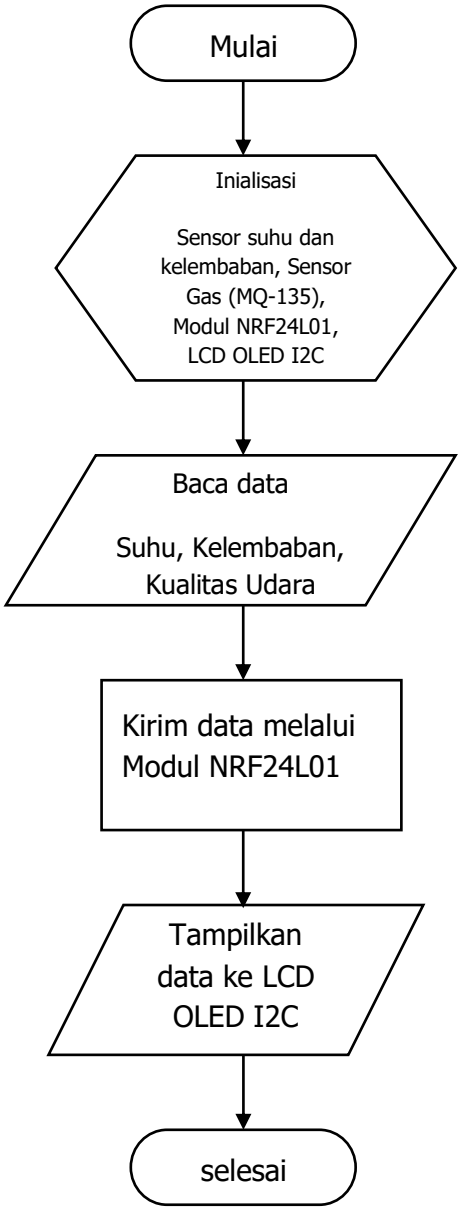
(b)

Gambar 3. Realisasi unit :
(a) Unit pengirim
(b) Unit penerima

Gambar 3. (a) dan (b) merupakan realisasi unit pengirim dan unit penerima. Unit pengirim terdiri dari rangkaian sensor suhu dan kelembapan, sensor gas amonia, rangkaian penampil data dan rangkaian transmisi data. Kemudian pada unit penerima terdiri dari rangkaian transmisi data, rangkaian penyimpan data dan rangkaian penampil data. Mikrokontroler yang digunakan adalah arduino nano sebagai komponen utama. Kedua unit ini dilengkapi saklar sebagai pemicu untuk mengaktifkan atau menonaktifkan perangkat, serta menggunakan baterai sebagai sumber daya agar dapat beroperasi secara mandiri. Secara keseluruhan, rancangan perangkat keras ini memungkinkan pemantauan kualitas udara dalam kandang ayam dari beberapa titik dengan lebih efisien.

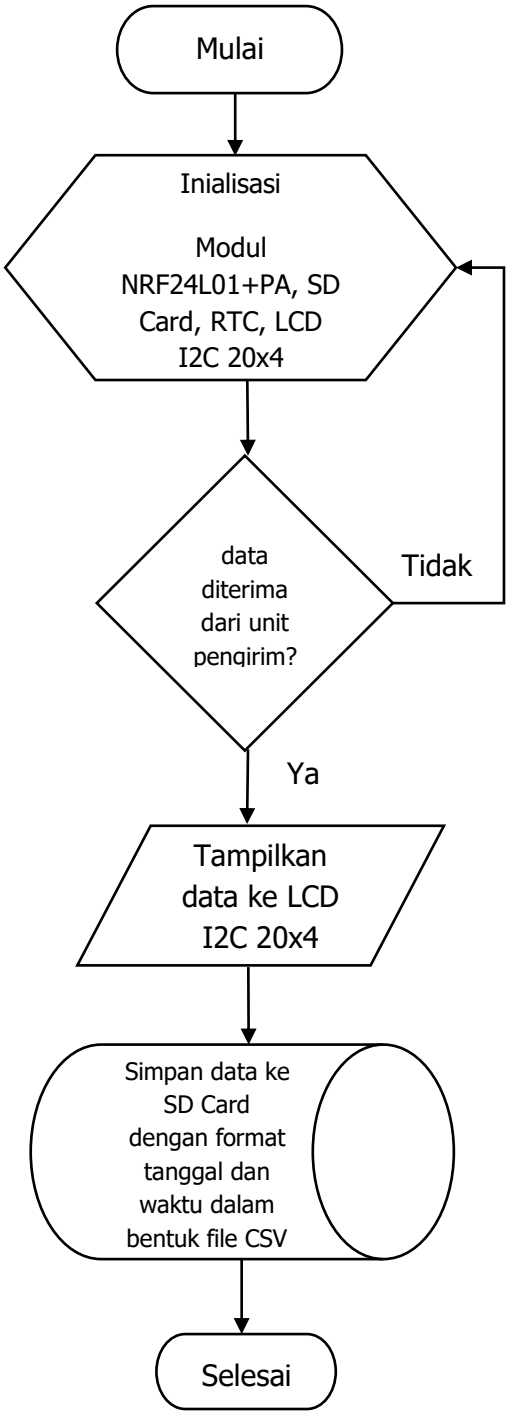
3.2. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak merupakan elemen penting dalam pengembangan sistem pemantauan kualitas udara berbasis WSN dalam kandang ayam karena menentukan alur logika kerja sistem. Flowchart digunakan untuk menggambarkan dua bagian utama, yaitu proses alur kerja pada sistem Pengirim dan sistem Penerima. Alur ini terdiri dari tahapan inisialisasi sensor, pembacaan data, pengambilan keputusan, dan menampilkan informasi pada LCD. Gambar 4 menunjukkan diagram alir sistem pengirim, sementara gambar 5 menggambarkan diagram alir sistem penerima. Keduanya menggambarkan logika sistem secara otomatis, responsif, dan efisien.



Gambar 4. Diagram Alir Sistem Pengirim

Pada gambar diatas, sistem pengirim bekerja dimulai dari kondisi menunggu input dari pengguna melalui saklar. Setelah saklar diaktifkan, Sensor DHT22 dan Sensor MQ-135 mulai mendeteksi kualitas udara di dalam kandang kandang ayam seperti suhu, kelembapan dan gas amonia. Setelah dibaca oleh sensor, maka arduino akan mengolah dan memproses data sensor. Jika data tidak diterima, maka sistem akan kembali ke kondisi awal. Jika data diterima, maka data langsung ditampilkan menggunakan LCD I2C 128x64 berdasarkan node.



Gambar 5. Diagram Alir Sistem Penerima

Sementara pada gambar 5, sistem penerima bekerja dimulai dengan menerima data dari sistem pengirim melalui modul komunikasi nirkabel dengan menyeleksi kondisi, jika data tidak diterima maka sistem kembali ke kondisi awal. Namun jika data diterima, maka data dari sistem pengirim akan menampilkan di LCD I2C 20x4 secara keseluruhan berdasarkan urutan node yang telah di tetapkan serta menyimpan data tersebut

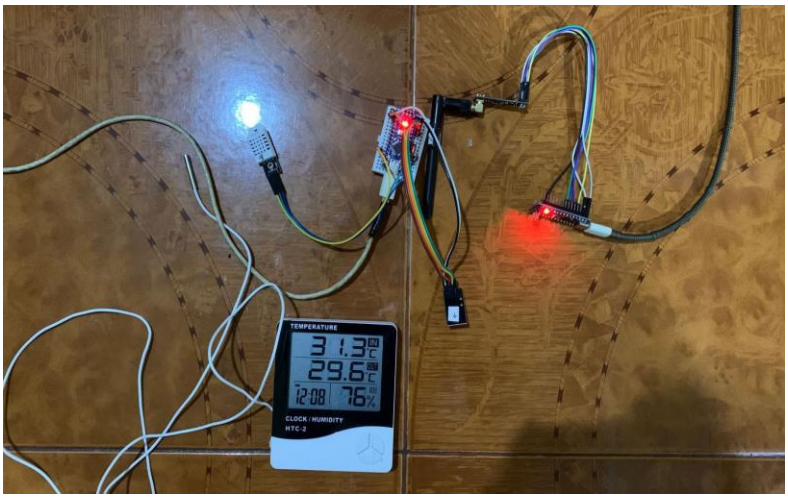
menggunakan modul memory card SD dengan menggunakan format waktu, tanggal, dan tahun secara real-time.

3.3. Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk memastikan bahwa sistem mampu bekerja secara akurat, stabil dan andal dalam memantau kondisi lingkungan secara nyata. Pengujian dilakukan dengan mengukur suhu, kelembapan serta gas amonia menggunakan masing-masing sensor DHT22 dan MQ-135. Kemudian dilanjutkan untuk mengukur jarak jangkauan transmisi datanya menggunakan NRF24L01.

3.3.1 Pengujian Tingkat Akurasi Pembacaan Suhu dan Kelembapan

Pada tahap ini dilakukan pengujian tingkat akurasi pembacaan suhu dan kelembapan dengan cara menguji tingkat keakuratan pembacaan alat yang telah dirancang. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi hasil pembacaan alat dengan cara membandingkannya terhadap alat ukur standar atau referensi, sehingga dapat diketahui sejauh mana deviasi (error) yang muncul dan apakah masih berada dalam batas toleransi yang dapat diterima. Pengujian dilakukan didalam ruangan tertutup ber-AC kemudian mengatur suhu ruangan tersebut menggunakan AC, kemudian menunggu beberapa menit sehingga suhu ruangan merata secara keseluruhan sesuai dengan yang inginkan lalu menyalakan alat yang telah dirancangkan. Hasil pembacaan alat kemudian dicatat dan dibandingkan dengan alat ukur standar dan menghitung nilai persentase kesalahannya untuk mengetahui tingkat keakuratan alat yang dirancang.



Gambar 6. Pengujian Tingkat Akurasi Pembacaan Suhu dan Kelembapan

Tabel 2. Hasil Pengujian Tingkat Akurasi Pembacaan Suhu dan Kelembapan

No	Keterangan	Suhu (ºC)	Data Sensor		Alat ukur		Persentase Kesalahan		Tingkat Akurasi	
			Suhu (ºC)	Kelembapan (%)	Suhu (ºC)	Kelembapan (%)	Suhu (%)	Kelembapan (%)	Suhu (%)	Kelembapan (%)
1	Sensor 1	20	24,30	65,00	23,4	54	3,7	16	98,2	84,2
2		22	25,30	70,90	25,3	60	0	14		
3		24	24,90	70,30	24,3	58	2.4	17		
4		26	26,20	75,60	25,9	63	1,1	16		
5		28	27,00	77,50	26,5	64	1,8	16		
		Rata-rata :					1,8	15,8		
6	Sensor 2	20	23,50	64,90	22,4	52	4,6	18	97,1	82,8
7		22	24,10	68,20	23,0	56	4,5	17		
8		24	24,40	68,40	24,0	55	1,6	19		
9		26	25,10	72,20	24,3	59	3,1	18		
10		28	26,20	74,70	25,9	63	1,1	14		
		Rata-rata :					2,9	17,2		
11	Sensor 3	20	24,10	69,20	23,0	57	4,5	17	96,3	87,6
12		22	24,50	71,10	23,4	60	4,4	15		
13		24	25,50	75,00	24,3	65	4,7	13		
14		26	26,80	75,60	26,1	68	2,6	9		
15		28	27,90	79,90	27,2	72	2,5	8		
		Rata-rata :					3,7	12,4		
16	Sensor 4	20	23,50	63,40	22,4	51	4,6	19	96,4	86,4
17		22	25,30	65,90	24,3	57	3,9	12		
18		24	26,00	70,80	25,0	60	3,8	14		
19		26	26,90	80,80	25,9	71	3,7	11		
20		28	26,50	79,80	25,9	69	2,2	12		
		Rata-rata :					3,6	13,6		

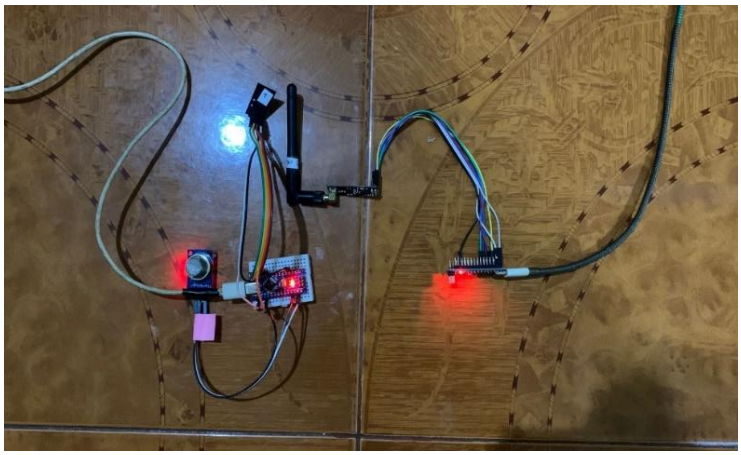
Berdasarkan tabel pengujian diatas didapatkan bahwa kinerja masing-masing sensor memiliki tingkat kesalahan dan akurasi yang berbeda-beda. Pada pengukuran suhu sensor 1 memiliki persentase kesalahan terendah yaitu 1,8% dan tingkat akurasinya 98,2% sedangkan sensor 3 memiliki persentase kesalahan tertinggi dengan nilai 3,7% dan tingkat akurasinya 96,3%. Dari hasil perbandingan dapat disimpulkan bahwa keempat sensor memiliki kemampuan yang cukup baik dalam mengukur suhu karena rata-rata tingkat akurasi berada di atas 96%, meskipun terdapat variasi kecil pada persentase kesalahan. Sedangkan pada pengukuran kelembapan tingkat kesalahan relatif lebih tinggi, berkisar antara 12,4% hingga 17,2%, yang berdampak pada akurasi kelembapan yang lebih rendah dibandingkan suhu. Sehingga untuk pengaplikasian jangka panjang dalam kandang ayam maka diperlukan kalibrasi lebih lanjut agar data yang diperoleh lebih akurat dan sesuai dengan standar alat ukur.

3.3.2 Pengujian Tingkat Akurasi Pembacaan Gas Amonia

Fungsi pengujian tingkat akurasi alat gas amonia ini adalah untuk mengukur tingkat akurasi alat dengan cara membandingkan hasil pembacaannya terhadap kondisi udara bersih maupun udara terkontaminasi dengan gas amonia. Pengujian dilakukan dengan mendiamkan alat yang telah dirancang pada kondisi udara terbuka selama beberapa menit kemudian mencatat hasilnya. Setelah itu, memasukkan alat pada wadah tertutup yang diisi dengan kotoran ayam kemudian mendiamkan alat tersebut selama beberapa menit lalu mencatat perubahan nilai dari udara bersih dan membandingkannya. Pengujian dilakukan berulang kali dengan menguji keempat alat.

Tabel 3. Hasil Pengujian Tingkat Akurasi Pembacaan Gas Amonia

No	Sensor Ke-	Pengujian Ke-	Udara Netral (ppm)	Udara Tercemar (ppm)
1	Sensor 1	1	17,40	39,07
2		2	18,67	41,06
3		3	20,33	39,78
4		4	21,51	39,88
5		5	20,72	40,66
6	Sensor 2	1	17,21	33,43
7		2	17,60	33,24
8		3	17,11	32,65
9		4	16,62	33,63
10		5	16,32	32,55
11	Sensor 3	1	23,56	71,26
12		2	24,14	71,75
13		3	23,46	71,85
14		4	24,54	70,19
15		5	24,63	71,16
16	Sensor 4	1	17,79	52,39
17		2	17,11	53,76
18		3	18,57	54,55
19		4	18,28	54,84
20		5	18,57	55,13



Gambar 7. Pengujian Tingkat Akurasi Pembacaan Gas Amonia

Berdasarkan tabel pengujian sensor MQ-135 diatas didapatkan bahwa semua sensor menunjukkan peningkatan gas amonia dalam udara tercemar dengan rata-rata kenaikan 2 hingga 3 kali lipat dibandingkan udara netral. Sensor 3 mencatat gas amonia tertinggi dalam udara tercemar yaitu 71,85, Fluktuasi tertinggi terjadi pada Sensor 1, yang kemungkinan disebabkan oleh faktor eksternal seperti perubahan suhu atau kelembapan. Oleh karena itu, diperlukan kalibrasi lebih lanjut untuk menyesuaikan hasil pengukuran dengan standar yang lebih akurat. Selain itu, pengujian dalam berbagai kondisi lingkungan, seperti suhu dan kelembapan yang berbeda, perlu dilakukan untuk menilai performa sensor dalam situasi yang lebih luas. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa alat yang diuji memiliki kepekaan yang baik terhadap perubahan gas amonia, namun masih perlu optimasi dalam hal stabilitas dan akurasi untuk aplikasi di kandang ayam.

3.3.3 Pengukuran Jarak Jangkauan Sistem

Pengukuran jarak jangkauan dilakukan untuk mengetahui sejauh mana transmisi dan penerimaan data dapat terjangkau dengan baik. Melalui pengukuran, dapat diketahui sejauh mana kestabilan sinyal, kekuatan jangkauan serta menghitung delay yang terjadi dalam proses pengiriman data. Selain itu, pengujian juga digunakan untuk mengevaluasi respon modul terhadap kondisi lingkungan tertentu, seperti adanya penghalang atau jarak yang bervariasi. Pengukuran jarak jangkauan dilakukan pada jarak 20 Meter pada masing-masing Box Transmitter, namun data yang ditampilkan hanya pada Box 1 karena berdasarkan hasil pengukuran data masing-masing Box Transmitter hampir memiliki kesamaan.

Pengujian NRF24L01 pada jarak 20 meter juga berfokus pada indikator keandalan dan kecepatan transmisi pengiriman data. Proses pengujian dilakukan dengan menempatkan Transmitter pada titik-titik jarak yang telah ditentukan, kemudian mengitung rata-rata delay data yang diterima oleh Receiver. Pengujian delay merupakan menghitung waktu tertunda saat paket menempuh jarak yang diakibatkan oleh proses transmisi dari satu titik menuju titik yang menjadi tujuannya.

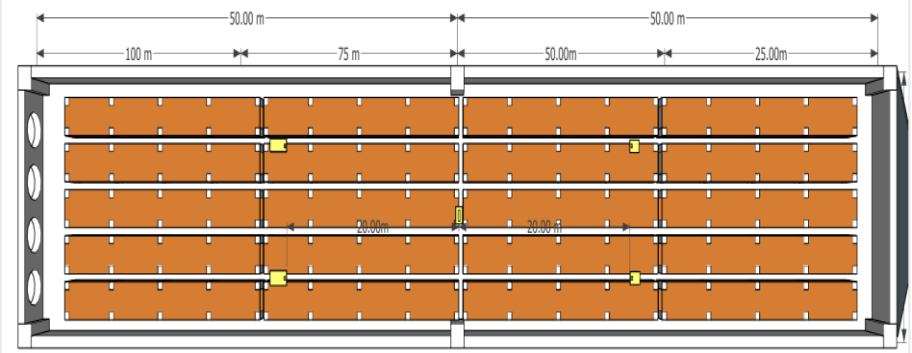
Tabel 4. Pengukuran jarak jangkauan 20 meter

No	Waktu		Box Ke-	Kualitas Udara		
	Tanggal	Jam		S (ºC)	K (%)	PPM
1	31/7/2025	14:57:52	Box 1	32	74	308
2	31/7/2025	14:57:53	Box 1	32	74	354
3	31/7/2025	14:57:55	Box 1	32	74	373
4	31/7/2025	14:57:57	Box 1	32	74	376
5	31/7/2025	14:57:59	Box 1	32	74	371
6	31/7/2025	14:58:01	Box 1	32	74	363
7	31/7/2025	14:58:03	Box 1	32	74	353
8	31/7/2025	14:58:05	Box 1	32	74	344
9	31/7/2025	14:58:07	Box 1	32	74	336
10	31/7/2025	14:58:09	Box 1	32	74	328
11	31/7/2025	14:58:11	Box 1	32	74	321
12	31/7/2025	14:58:14	Box 1	32	74	315
13	31/7/2025	14:58:15	Box 1	32	74	310
14	31/7/2025	14:58:17	Box 1	32	74	305
15	31/7/2025	14:58:20	Box 1	32	74	301
16	31/7/2025	14:58:22	Box 1	32	74	297
17	31/7/2025	14:58:24	Box 1	32	73	293
18	31/7/2025	14:58:26	Box 1	32	73	290
19	31/7/2025	14:58:28	Box 1	32	73	286
20	31/7/2025	14:58:30	Box 1	32	73	283
21	31/7/2025	14:58:32	Box 1	32	73	281
22	31/7/2025	14:58:34	Box 1	32	73	278
23	31/7/2025	14:58:36	Box 1	32	73	276
24	31/7/2025	14:58:38	Box 1	32	73	274
25	31/7/2025	14:58:40	Box 1	32	73	272
26	31/7/2025	14:58:42	Box 1	32	73	270
27	31/7/2025	14:58:44	Box 1	32	73	269
28	31/7/2025	14:58:47	Box 1	32	73	267
29	31/7/2025	14:58:49	Box 1	32	73	265
30	31/7/2025	14:58:50	Box 1	32	73	264
31	31/7/2025	14:58:53	Box 1	32	73	263

Menghitung Delay.

Rumus mendapatkan delay sebagai berikut : Rata-rata delay = $\frac{\text{Total Delay}}{\text{Total Paket diterima}}$

Berdasarkan tabel 4. paket yang diterima adalah 31 paket dalam waktu 61 detik dengan total delay selama 59 detik maka didapatkan rata-rata delay yaitu 1,90 detik.



Gambar 8. Denah Peletakan Transmitter 20 Meter

3.4 Implementasi Sistem dalam Kandang Ayam

Pengujian dan implementasi dalam kandang ayam dilakukan dengan menguji sistem secara keseluruhan berdasarkan parameter-parameter yang telah ditentukan setelah dilakukannya kalibrasi dan pengukuran sistem diawal. Sensor-sensor yang telah terintegrasi dengan mikrokontroler akan membaca kondisi lingkungan secara realtime. Adapun hasil implementasi dan pengujian dalam kandang ayam terdapat dalam tabel berikut.

Tabel 5. Implementasi sistem dalam Kandang Ayam Closed House

No	Waktu (WITA)	Box 1			Box 2			Box 3			Box 4		
		S (°C)	K (%)	PPM	S (°C)	K (%)	PPM	S (°C)	K (%)	PPM	S (°C)	K (%)	PPM
1	13.00	31	81	515	33	73	256	31	82	150	32	75	206
2	13.15	31	81	520	33	72	245	31	79	162	30	79	216
3	13.30	31	82	438	33	71	246	32	78	144	31	78	227
4	13.45	31	82	375	33	70	231	31	80	141	31	78	222
5	14.00	31	83	380	32	74	190	31	82	166	31	80	214
6	14.15	31	83	380	32	76	203	31	83	143	30	81	205
7	14.30	31	82	388	31	79	119	31	82	141	30	81	205
8	14.45	30	85	385	30	82	245	30	83	148	29	82	240
9	15.00	30	85	385	29	83	213	30	82	146	29	82	198
10	15.15	29	86	387	29	84	213	30	82	144	29	83	189
Rata-rata		30	82	415	31	76	216	30	81	148	30	79	212

Analisis Data Hasil Pengujian.

Pemantauan kondisi dalam kandang ayam selama beberapa jam dengan durasi pengambilan data per 15 menit dimulai pukul 13.00 wita sampai pukul 15.15 wita menunjukan dinamika yang cukup signifikan terhadap parameter suhu, kelembapan serta gas amonia. Dari parameter suhu, Keempat box menunjukkan kondisi yang relatif stabil dan tidak mengalami fluktuasi cuaca yang ekstrem. Suhu hasil pembacaan semua box transmitter berkisar antara 29 hingga 33°C dimana suhu tertinggi terdapat pada box 2. Sedangkan, suhu dalam kandang ayam mengalami penurunan secara bertahap mulai pukul 14.45 wita hingga 15.15 wita yang diindikasikan dipengaruhi oleh perubahan suhu dari luar kandang.

Pada parameter kelembapan nilai tertinggi dari hasil pengamatan terdapat pada box 1 dengan rata-rata mencapai 82%, sedangkan box 2 menunjukkan nilai rata-rata terendah yakni 76%. Dari data tersebut dapat dianalisa bahwa terjadinya perbedaan yang cukup signifikan antar sensor yang dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti pencahayaan dalam kandang ataupun posisi kipas ventilasi dan juga mungkin berasal luar kandang.

Fokus utama yang paling krusial dalam data ini adalah kadar gas amonia, karena gas amonia merupakan parameter kritis yang dapat mempengaruhi kesehatan ayam secara langsung. Dari hasil pengamatan box 1 menunjukkan kadar gas amonia tertinggi dengan rata-rata 415 ppm, dengan nilai puncak diatas 500 ppm. Nilai ini jauh melebihi ambang batas aman untuk ternak ayam karena dapat mempengaruhi saluran pernafasan serta menurunkan performa produksi. Sebaliknya, box 3 menunjukkan nilai kadar gas amonia yang relatif rendah dengan rata-rata 148 ppm. Terjadinya perbedaan yang signifikan antar sensor terkadang dipengaruhi oleh distribusi ventilasi atau aliran udara yang tidak merata dalam kandang ayam serta terkadang penumpukan kotoran ayam disuatu tempat dan tidak merata menyebabkan perbedaan hasil pembacaan yang signifikan. Namun, terkadang juga dipengaruhi dari kondisi sensor yang mungkin memerlukan kalibrasi lebih lanjut.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan Wireless Sensor Network untuk pemetaan kualitas udara dalam kandang ayam, bahwa sistem ini berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan baik. Sistem ini mampu memantau perubahan kondisi kualitas udara dalam kandang ayam secara realtime dari empat titik pemantauan (Trasmitter) berdasarkan kondisi kualitas udara normal. Hasil pengujian tingkat akurasi pembacaan suhu didapatkan data bahwa tingkat akurasi keempat alat cukup bagus yaitu diatas 96%, namun pada tingkat akurasi kelembapan persentase kesalahan relatif lebih tinggi, berkisar antara 12,4% hingga 17,2%. Begitupun dengan tingkat akurasi pembacaan gas amonia terjadi fluktuasi nilai yang cukup signifikan. Data hasil pengukuran jarak pengiriman menunjukkan bahwa transmisi data antar node, dari transmitter ke receiver, mengalami delay dengan rata-rata 1,9 detik pada jarak 20 meter. Kemudian data hasil pengujian alat dalam kandang ayam jarak 5-30 meter di box 2 pukul 13.00 Wita menunjukkan data suhu 33ºC, kelembapan 73% dan gas amonia 256 PPM

dan pada pukul 15.15 Wita menunjukkan suhu 29ºC, kelembapan 84% dan gas amonia 213 PPM. Hasil ini membuktikan bahwa kualitas udara di dalam kandang ayam mengalami perubahan secara fluktuatif dan dapat dipantau secara realtime. Secara keseluruhan, sistem ini telah memenuhi tujuan utamanya yaitu menciptakan sistem pemantauan kondisi kualitas udara dalam kandang ayam dengan menerapkan cara kerja Wireless Sensor Network.

REFERENSI

Abdul Kadir, S. (2017). Penggunaan sensor DHT22 untuk pemantauan suhu dan kelembapan dalam peternakan ayam. *Jurnal Teknologi Peternakan*, *9*(4), 15–22.

Adnantha, Y. A., & Kusuma, W. A. (2018). Implementasi wireless sensor network untuk otomatisasi suhu ruang dan kelembaban tanah pada greenhouse berbasis web server. *JOIN (Jurnal Online Informatika)*, *3*(1), 14–21. https://doi.org/10.15575/join.v3i1.169

Ardiansyah, A. Y. (2019). *Manajemen pembagian beban pada transmisi data berdasarkan analisa performa wireless sensor network menggunakan algoritma mesh routing* [Tesis Magister, Institut Teknologi Sepuluh Nopember]. Departemen Manajemen Teknologi, Fakultas Bisnis dan Manajemen Teknologi. https://repository.its.ac.id

Arifin, M. N., Alfiansyah, A., & Santoso, S. (2018). Pemanfaatan sensor MQ-135 untuk deteksi gas berbahaya dalam peternakan ayam dengan protokol HTTP. *Jurnal Sistem Informasi*, *7*(1), 75–83.

Badan Pusat Statistik. (2021). *Sensus pertanian 2020: Statistik peternakan di Indonesia*. Badan Pusat Statistik.

Gobel, F., Siregar, H., & Irianto, H. (2022). Analisis keuntungan usaha peternakan ayam broiler dengan sistem closed house dan open house. *Jurnal Peternakan Indonesia*, *15*(2), 95–104.

Hafis, M. F., Hidayat, N., & Soebroto, A. A. (2020). Implementasi wireless sensor network untuk mendeteksi gas amonia pada kandang ayam menggunakan modul WiFi ESP8266. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, *4* (11), 4080–4088. https://j-ptik.ub.ac.id

Jurnal Teknik Mesin S-1. (2021). Pengaruh sistem closed house dalam usaha peternakan ayam broiler: Kajian sistem pengendalian iklim mikro. *Jurnal Teknik Mesin S-1*, *9*(3), 22–31.

Mukminah, S., & Purwasih, P. (2020). Analisis perbandingan usaha peternakan ayam broiler dengan tipe kandang open dan closed house. *Jurnal Peternakan dan Teknologi Pakan*, *15*(2), 125–133.

Mukminah, S., & Purwasih, P. (2020). Evaluasi profitabilitas usaha peternakan ayam broiler dengan sistem closed house di Indonesia. *Jurnal Ekonomi Pertanian*, *12*(3), 45–55.

Septiano, A. (2020, April 1). NRF24L01 sebagai Pemancar/Penerima untuk *Wireless Sensor Network*. file:///C:/Users/user/Downloads/856-Article%20Text-1573-1-10-20200401.pdfSugito, S., Mulyadi, M., & Hartono, H. (2021). Keunggulan sistem kandang closed house dalam budidaya ayam broiler. *Jurnal Teknologi Pertanian*, *28*(1), 45–52.

Sukmaningsih, S. (2021). Pengaruh sistem closed house terhadap penerimaan peternak ayam pedaging. *Jurnal Ekonomi dan Bisnis Pertanian*, *12*(3), 201–210.

Syafrita, Y. Y., & Elfiyani. (2018). Program pencahayaan melalui tirai kandang untuk meningkatkan produksi telur parent stock broiler [Lighting through cage curtain program to increase egg production broiler parent stock]. *Journal of Livestock and Animal Health*, *1*(1), 006–010. https://jurnalpolitanipyk.ac.id/index.php/JLHH

Tiffani, F., Syafiq, A., & Rahman, A. (2017). Penerapan sensor MQ-135 untuk deteksi gas amonia pada peternakan ayam. *Jurnal Teknik Lingkungan*, *6*(2), 40–49.