Gambar 5. 9 Grafik Perbandingan Kelembapan Sensor 4 dan Alat Ukur 68

Gambar 5. 10 Grafik Perbandingan Seluruh Data Suhu Sensor 69

Gambar 5. 11 Grafik Perbandingan Seluruh Data Kelembapan Sensor 69

Gambar 5. 12 Rangkaian Pengujian Sensor MQ-135 71

Gambar 5. 13 Grafik Perbandingan Udara Netral dan Tercemar pada Sensor 1 72

Gambar 5. 14 Grafik Perbandingan Udara Netral dan Tercemar pada Sensor 2 73

Gambar 5. 15 Grafik Perbandingan Udara Netral dan Tercemar pada Sensor 3 74

Gambar 5. 16 Grafik Perbandingan Udara Netral dan Tercemar pada Sensor 4 76

Gambar 5. 17 Grafik Perbandingan Data Sensor Keseluruhan 77

Gambar 5. 18 Denah Peletakan *Transmitter* jarak 10 Meter 78

Gambar 5. 19 Denah Peletakan *Transmitter* jarak 20 Meter 83

BAB I

DOC. EU-100 IDENTIFIKASI MASALAH

1.1 Latar Belakang Masalah.

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 di Indonesia menjadi salah satu penyumbang pendapatan masyarakat. Tingginya permintaan pasar terhadap produksi ayam broiler menyebabkan masyarakat Indonesia mulai membangun usaha peternakan ayam broiler, karena usaha peternakan ayam broiler merupakan salah satu usaha yang bertujuan untuk mendapatkan keuntungan.

Kandang ayam broiler di Indonesia umumnya menggunakan dua sistem, yaitu sistem kandang terbuka (*open house*) dan tertutup (*closed house*). Sistem *open house*, meskipun banyak digunakan, dapat menyebabkan masalah ketika cuaca ekstrem atau perubahan suhu terjadi secara mendadak, yang berdampak pada kesehatan ayam. Sebagai alternatif, sistem *closed house* menawarkan pengendalian iklim mikro yang terkendali di dalam kandang, yang dapat meningkatkan produktivitas, efisiensi tenaga kerja, dan juga mendukung usaha peternakan yang ramah lingkungan (Jurnal Teknik Mesin S-1, Vol.9, No.3, Tahun 2021). Pada umumnya kandang *closed house* adalah jenis kandang yang sering digunakan peternak untuk pemeliharaan karena dinilai lebih efisien untuk hasil produksi. Menurut (Gobel et al., 2022) pendapatan usaha peternakan ayam broiler dengan *closed house system* lebih besar dari pada usaha peternakan dengan *open house system*. Menurut (Mukminah & Purwasih, 2020) kandang *closed hous*e memiliki nilai pro-fitabilitas yang dapat dikatakan layak untuk dikembangkan. Salah satu aspek penting dalam sistem *closed house* adalah pemantauan kondisi lingkungan kandang, seperti suhu, kelembaban, dan kadar amonia. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem monitoring yang efisien untuk memastikan lingkungan dalam kandang tetap ideal bagi pertumbuhan ayam broiler.

Kualitas udara di dalam kandang ayam sangat penting untuk kesehatan dan produktivitas unggas. Kandang ayam yang tidak memiliki sirkulasi udara yang baik dapat menyebabkan penumpukan gas berbahaya seperti amonia, serta meningkatkan kelembapan, yang dapat berkontribusi pada masalah pertumbuhan

dan perkembangan Ayam Broiler khususnya pada pernapasan. Oleh karena itu, pemantauan kualitas udara yang kontinu dan *realtime* menjadi sangat penting.

Sistem monitoring pada kandang ayam tradisional umumnya menggunakan kabel untuk menghubungkan sensor-sensor yang memantau kondisi lingkungan seperti suhu, kelembapan, dan kadar gas amonia. Namun, sistem berbasis kabel ini memiliki beberapa kekurangan, antara lain kesulitan dalam 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 kandang secara nirkabel. WSN merupakan jaringan sensor yang menghubungkan berbagai node sensor yang tersebar di lokasi tertentu, yang bertugas mengumpulkan data lingkungan secara otomatis dan mengirimkannya ke sistem pemantauan. Dengan menggunakan WSN, peternak dapat memantau berbagai parameter, seperti suhu, kelembaban, dan kadar gas amonia secara *realtime*, tanpa memerlukan kabel yang rumit.

Selain itu, WSN juga dapat digunakan untuk memantau kualitas udara di kandang ayam, seperti konsentrasi gas berbahaya dan partikel debu, yang dapat memengaruhi kesehatan ayam. Dengan mengumpulkan dan mengirimkan data secara otomatis, 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.

Gas Amonia (NH3) adalah salah satu faktor yang harus diawasi dalam kandang ayam, karena amonia adalah senyawa berbahaya yang dapat mencemari udara dan menyebabkan ketidaknyamanan bagi ayam maupun manusia. Amonia memiliki aroma tajam dan dapat menyebabkan kerusakan pada sistem pernapasan, iritasi mata, hingga keracunan yang bisa berujung pada kejang-kejang. Bagi ayam, paparan amonia dalam kadar tinggi dapat menyebabkan gangguan kesehatan bahkan kematian. Untuk itu, pemantauan kadar gas Amonia di kandang ayam sangat penting. Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan sensor MQ-135 dapat digunakan untuk mendeteksi kadar gas Amonia dengan akurat. Sensor MQ-135 yakni sebuah alat sensor buat pendeteksi gas yang memiliki konduktivitas rendah jika ditempatkan pada area udara jernih atau bersih. Sensor akan menjadi naik jika konduktivitas konsentrasi gas mengalami kenaikan. Kelebihan yang dimiliki sensor MQ-135 adalah peka terhadap gas berbahaya seperti amonia, benzene, sulfide, serta masa aktif yang cukup lama beserta biayanya relatif murah (Tiffani, et al., 2017). Sedangkan untuk pemantauan parameter suhu dan kelembapan digunakan sensor DHT22. Sensor DHT22 adalah sensor digital yang berfungsi untuk mengukur suhu dan kelembapan udara secara relatif, Sensor ini dapat digunakan untuk menstabilkan suhu dan kelembapan secara otomatis. Sensor ini bekerja dengan pasokan tegangan 3V hingga 5V. Suhu yang diukur

berkisar dari -45ºC hingga +125ºC serta dapat mengukur kelembapan dari 0% hingga 100% (Abdul Kadir, 2017).

Dalam sistem WSN yang dikembangkan, sensor MQ-135 dan DHT22 terhubung ke Arduino Nano yang berfungsi sebagai *gateway* untuk mengirimkan data ke server/pusat melalui NRF24L01. Dengan demikian, peternak dapat memantau kadar gas amonia secara langsung melalui Server. Sebagai contoh, penelitian oleh Muhamad Nur Arifin dkk. (2018) telah menggunakan sensor MQ-135 untuk mendeteksi gas berbahaya di peternakan ayam dengan bantuan protokol HTTP, sementara penelitian lain juga menunjukkan penerapan sensor yang sama dalam pemantauan suhu, kelembaban, dan kadar gas Amonia di peternakan sapi perah. Dengan memperhatikan penelitian-penelitian ini, pengembangan sistem sensor untuk peternakan ayam menggunakan WSN diharapkan dapat memberikan solusi yang lebih praktis dan efisien, serta membantu para peternak, baik yang berpengalaman maupun pemula, dalam mengelola kondisi kandang yang lebih baik dan mengurangi risiko yang ditimbulkan oleh gas amonia.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara memantau parameter kualitas udara yang baik untuk memastikan kondisi yang optimal bagi kesehatan ayam broiler?
2. Bagaimana merancang dan membangun sistem instrumentasi pemantauan kualitas udara dalam kandang ayam berbasis wireless sensor network?
3. Bagaimana cara sistem berbasis wireless sensor network dapat memberikan data akurat secara *realtime* tentang kualitas udara?

1.3 Karakteristik Solusi

Manajemen perkandangan memiliki peranan penting terhadap produktivitas untuk mendapatkan hasil yang memuaskan dalam usaha ternak ayam broiler. Pada umumnya kandang *closed house* adalah jenis kandang yang sering digunakan peternak untuk pemeliharaan karena dinilai lebih efisien untuk hasil produksi. Menurut (Mukminah & Purwasih, 2020) kandang *closed house* memiliki nilai profitabilitas yang dapat dikatakan layak untuk dikembangkan. Setelah dilakukan analisis perbandingan usaha peternakan ayam broiler dengan tipe kandang *open* dan *closed house* menghasilkan biaya produksi, pendapatan, serta keuntungan per 1.000 ekor kandang *closed house* lebih tinggi dibandingkan kandang *open house*. Sedangkan untuk profitabilitas kandang *closed house* yakni 9,48 % dapat dikatakan sangat layak untuk dikembangkan.

Selain itu, sistem kandang *closed house* memiliki beberapa kelebihan yaitu manajemen pemeliharaan yang relatif mudah, ayam lebih terlindungi dari faktor *eksternal* yang dapat menyebabkan kerugian budidaya seperti serangan penyakit, cuaca, polusi, dan mencegah ketidakseragaman pertumbuhan ayam yang merugikan peternak. Menurut (Sugito et al., 2021) Kandang *closed house* mempunyai keunggulan yang mampu mengatur suhu sesuai kebutuhan ayam, walaupun memerlukan biaya yang sangat tinggi untuk pembuatannya. Menurut (Sukmaningsih, 2021) rata-rata penerimaan yang diterima oleh peternak ayam pedaging yang menggunakan sistem *closed house* lebih tinggi dibandingkan dengan peternak ayam pedaging dengan sistem tradisional. Kekurangan dari kandang *closed house* adalah biaya operasional lebih tinggi karena sarana prasarana kandang

untuk menunjang kegiatan pemeliharaan. Oleh karena itu dibutuhkan teknologi pemantauan dan pengontrolan suhu dan kelembapan hingga kadar amonia yang terkoneksi dengan jaringan menjadi 1 (satu) kombinasi alat secara utuh dan bekerja kolektif secara *realtime* didalam kandang ayam sehingga bisa mengurangi biaya produktivitas dan diharapkan dapat meningkatkan jumlah pendapatan.

Solusi yang diusulkan menggunakan *Wireless Sensor Network* (WSN) untuk memantau kualitas udara dan kadar gas Amonia dalam kandang ayam secara *realtime*. Sensor MQ-135 adalah salah satu sensor yang dapat mendeteksi konsentrasi kualitas udara seperti Amonia (NH3), Karbon Dioksida (CO2), Alkohol, Asap, dan beberapa senyawa Organik Volatil (VOC). Sensor MQ-135 menghasilkan sinyal yang berkaitan dengan tingkat gas yang ada di udara khusunya di dalam ruangan. Sensor ini sering digunakan dalam aplikasi seperti pemantauan kualitas udara, kemudian mengirimkan data tersebut ke sistem pusat untuk dianalisis. Dengan teknologi nirkabel, instalasi sensor menjadi lebih fleksibel dan efisien, mengurangi biaya kabel dan memungkinkan pengelolaan yang lebih mudah, termasuk akses melalui perangkat *mobile* atau *desktop.*

Sistem ini dilengkapi dengan pemrosesan data otomatis yang memungkinkan peringatan dini jika kualitas udara mencapai ambang batas (*Threshold Value*) yang berbahaya, memfasilitasi pengambilan keputusan cepat dari peternak melalui perangkat *mobile*. Selain itu, fitur pemetaan kualitas udara akan memberikan gambaran visual tentang distribusi polutan di seluruh kandang, membantu peternak mengetahui titik-titik dengan kualitas udara buruk untuk dilakukan tindakan mitigasi. Solusi ini juga terintegrasi dengan sistem otomasi

kandang, memungkinkan penyesuaian langsung terhadap ventilasi atau pengaturan suhu berdasarkan data yang diterima.

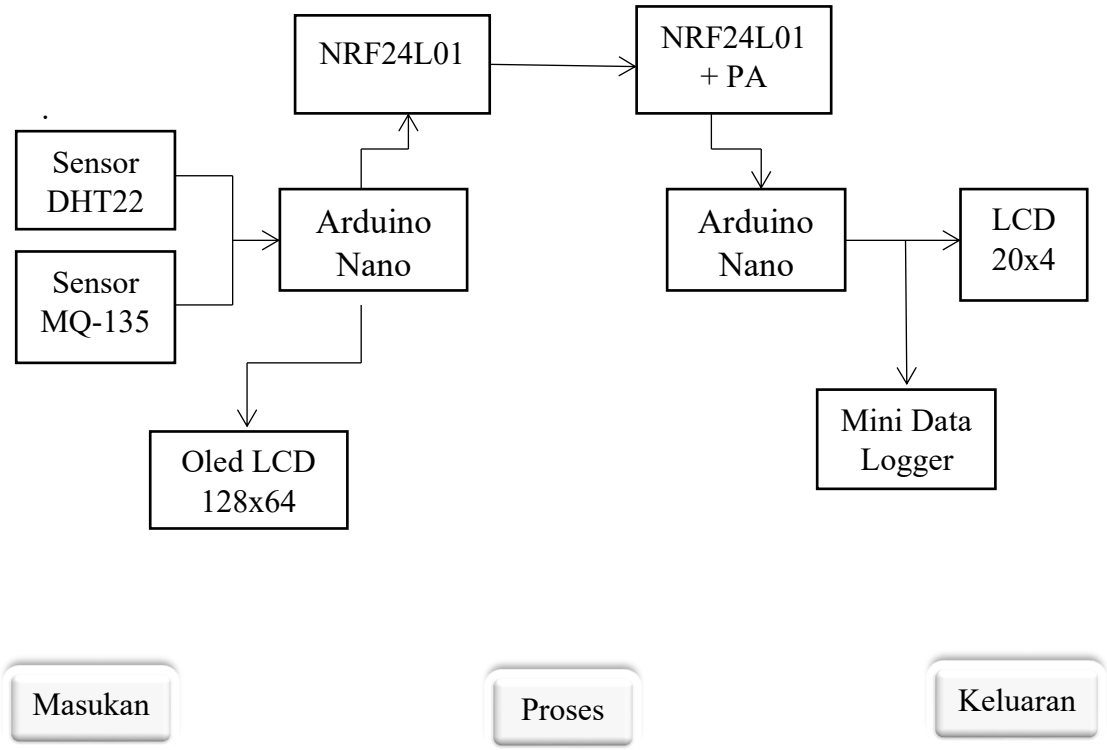
Dengan kemampuan untuk diperluas, solusi ini menawarkan fleksibilitas tinggi untuk peternak dengan berbagai ukuran kandang. Sensor yang hemat energi memastikan operasi jangka panjang tanpa ketergantungan besar pada pasokan listrik *eksternal*. Sistem ini juga dirancang dengan antarmuka pengguna yang intuitif dan aman, menjamin data terenkripsi dan akses terbatas pada pihak yang berwenang. Semua ini bertujuan untuk menciptakan lingkungan yang lebih sehat bagi ayam, meningkatkan kesejahteraan mereka, serta produktivitas peternakan

1.4 Skenario Produk

Sistem implementasi *Wireless Sensor Network* terdiri dari sensor- sensor yang terhubung dalam jaringan nirkabel memungkinkan data untuk dikirimkan dalam waktu *real* tanpa kabel guna untuk mengoptimalkan proses pemantauan dan pengontrolan Suhu, Kelembapan hingga Kadar Gas Amonia dalam kandang ayam broiler. Jaringan ini dapat menggunakan berbagai protokol komunikasi seperti Zigbee, LoRa, NRF24L01 atau *Wi-Fi*, tergantung pada cakupan dan kebutuhan sistem. Data yang dikirimkan oleh sensor-sensor akan diterima dan dikirim ke *Gateaway*, yang berfungsi sebagai penghubung antara jaringan sensor dan server pusat (*center*).

Implementasi *Wireless Sensor Network* (WSN) untuk pemetaan kualitas udara dalam kandang ayam bertujuan membawa perubahan signifikan dalam cara pengelola peternakan memantau kondisi lingkungan di dalam kandang. Dengan data *realtime* dan analisis berbasis teknologi, kualitas udara dapat dipantau secara

lebih efisien, sehingga kesehatan ayam dapat terjaga dan produktivitas peternakan pun dapat meningkat. Selain itu, sistem ini juga akan memberikan kemudahan dalam pengelolaan kandang ayam dengan mengotomatiskan beberapa aspek kontrol kualitas udara



Gambar 1. 1 Gambar rancangan sistem monitoring pemetaan suhu, kelembapan dan gas amonia dalam kandang ayam

1.5 Keuntungan Produk

Pemantauan kualitas udara secara realtime menggunakan Wireless Sensor Network (WSN) memberikan keuntungan besar dalam peternakan ayam. Teknologi ini memungkinkan pemantauan kondisi udara dalam kandang ayam tanpa intervensi manusia langsung, dengan sensor yang dapat mengukur berbagai parameter, seperti

konsentrasi gas berbahaya seperti Amonia (NH3), suhu, dan kelembaban. Dengan adanya pemantauan secara realtime, peternak dapat memperoleh informasi yang akurat dan cepat mengenai kualitas udara. Manfaatnya, jika terjadi perubahan kualitas udara yang berisiko bagi kesehatan ayam, seperti peningkatan kadar amonia yang dapat menyebabkan stres atau gangguan pernapasan, peternak dapat segera mendeteksinya dan mengambil langkah-langkah preventif, seperti menyesuaikan ventilasi atau meningkatkan sirkulasi udara, untuk menjaga kesehatan ayam secara optimal.

1. Peningkatan Kesehatan Ayam

Pertumbuhan dan kesehatan ayam dapat tercapai melalui pengelolaan kualitas udara yang baik. Dengan pemantauan yang akurat terhadap kondisi udara menggunakan sensor, peternak dapat mengontrol suhu dan kelembaban yang tepat dalam kandang, menciptakan lingkungan yang lebih sehat dan nyaman bagi ayam. Keuntungan dari pengelolaan kualitas udara yang optimal ini adalah ayam yang hidup dalam kondisi dengan teratur akan mengurangi kebutuhan akan pengobatan atau antibiotik. Hal ini tidak hanya menurunkan biaya perawatan. Tetapi juga meningkatkan kualiatas produk ayam, khususnya pada ayam Broiler.

2. Efesiensi Sumber Daya

Pemantauan kualitas udara yang efisien melalui sistem WSN membantu peternak mengoptimalkan penggunaan sumber daya seperti ventilasi dan sistem pemanas atau pendingin. Data sensor memungkinkan pengaturan yang lebih tepat, mengurangi pemborosan energi. Manfaatnya, pengelolaan sumber daya yang lebih efisien mengurangi biaya operasional, terutama untuk pemeliharaan kandang dan

sistem ventilasi, serta memungkinkan kontrol otomatis yang menghemat waktu dan tenaga kerja, meningkatkan produktivitas, dan mengurangi kesalahan manusia. Pencegahan dan Pengurangan Dampak Lingkungan dari luar atau didalam.

Dengan penggunaan WSN dapat membantu meminimalkan dampak negatif dari peternakan dari luar maupun di dalam lingkungan dengan memantau kualitas udara, suhu dan kelembaban serta iklim atau cuaca ekstrim yang tidak menentu. Serta Kotoran dari Ayam tersebut yang menimbulkan emisi gas amonia yang dapat mempengaruhi produktivitas dan populasi ayam.

1.6 Kendala dan Parameter Penting

1. Kendala

   Pemeliharaan dan Kendala Sistem

   Dalam lingkungan peternakan, debu, kotoran, dan kelembapan bisa merusak perangkat sensor, sehingga perlu ada sistem pemeliharaan yang efektif. Kendala sistem harus dijaga agar tidak terjadi kegagalan komunikasi antar sensor atau kegagalan pengukuran yang dapat mempengaruhi akurasi pemetaan kualitas udara.

2. Parameter Penting

   2.1 Kualitas Udara :

   Parameter penting dalam kualitas udara kandang ayam meliputi pengukuran gas berbahaya seperti amonia (NH3) yang dapat menyebabkan iritasi pernapasan yang dihasilkan dari dekomposisi kotoran ayam.

   2.2 Suhu (*Temperature*) :

Suhu di kandang ayam sangat mempengaruhi kualitas udara dan kesehatan ayam. Suhu yang terlalu tinggi atau rendah dapat mempengaruhi metabolisme ayam, serta meningkatkan produksi gas berbahaya.

2.3 Kelembapan:

Kelembapan udara dalam kandang ayam sangat penting untuk menghindari kondisi yang mendukung pertumbuhan bakteri dan jamur. Kelembapan yang tinggi dapat memperburuk kualitas udara.

1.7 Aspek Non-Teknis

1. Aspek Sosial

Pemetaan kualitas udara yang baik di kandang ayam dapat meningkatkan kesejahteraan peternak dengan mengurangi risiko paparan gas berbahaya yang dapat menyebabkan masalah kesehatan. Selain itu, pemantauan kualitas udara juga meningkatkan kesejahteraan ayam, yang berdampak pada kesehatan dan produktivitas mereka, menghasilkan produk seperti daging yang berkualitas tinggi.

2. Aspek Ekonomi

Pemetaan kualitas udara dapat mengurangi biaya kesehatan dengan mengurangi ayam yang sakit atau mati, menghemat pengobatan, vaksinasi, dan penggantian ayam. Selain itu, efisiensi dalam pengaturan ventilasi dan pemanas membantu mengurangi konsumsi energi dan biaya operasional, meningkatkan keuntungan peternak.

Namun disisi lain dari keuntungan yang didapatkan apabila melakukan pemetaan kualitas udara dalam kandang menggukan sistem closed house juga

memerlukan perhatian khususnya pada biaya awal yaitu Pembelian Mikrokontroler, Sensor-sensor, ESP8266, LCD, NRF (sebagai Gateway), hingga komponen-komponen lainnya untuk mendukung kelancaran operasional.

3. Aspek Lingkungan

Dapat mengurangi emisi gas berbahaya seperti amonia (NH3) di kandang ayam, yang berkontribusi pada polusi udara dan perubahan iklim.

Pengelolaan Limbah yang Lebih Baik, Pemetaan kualitas udara memungkinkan pengelolaan limbah ternak yang lebih efisien, mengurangi emisi gas melalui pengaturan ventilasi yang tepat.

WSN menggantikan metode konvensional yang lebih boros energi, Menjadikan Teknologi Ramah lingkungan dan membantu mejaga keseimbangan antara produksi ternak dan perlindungan lingkungan.

1.8 Data-data Pendukung

Berdasarkan hasil observasi kandang ayam yang berlokasi di Desa Bela belawa, Kec. Suppa, Kandang ayam tersebut merupakan kandang ayam broiler tipe semi *closed house* artinya kandang tersebut meggunakan teknologi *closed house* untuk model dan bentuk kandangnya. Namun didalam pengoperasiannya masih dalam bentuk manual seperti pemberian pakan hingga pengontrolan suhu dan kelembapan didalam kandang tersebut, walaupun demikian juga terdapat panel pengontrol sebagai titik otomatisasi dalam kandang ayam. Berikut Foto-foto kandang ayam lokasi Observasi :







Gambar 1. 2 Observasi Kandang Ayam tipe Closed House

BAB II

DOC. EU-200 SPESIFIKASI SISTEM/PRODUK

2.1 Fungsi Produk

Produk Implementasi *Wireless Sensor Network* untuk pemetaan kualitas udara dalam kandang ayam memiliki berbagai fungsi yang memungkinkan peternak ayam untuk memudahkan dalam me*monitoring* pemerataan suhu, kelembapan serta kualitas kadar gas Amonia dalam kandang ayam secara efektif, efisien dan *realtime*. Dengan menggunakan sensor digital yang terhubung ke mikrokontroler Arduino Nano, dengan modul NRF24L01 sebagai komunikasi antar mikrokontroler atau secara *wireless* atau jarak jauh secara *realtime* kemudian mengumpulkan, mengirimkan serta menampilkan data informasi langsung pada LCD.

2.2 Kinerja Produk

Kinerja produk ini diukur berdasarkan kemampuan sistem dalam memantau kualitas udara secara *realtime* dan memberikan notifikasi atau indikator jika ada parameter yang melampaui batas yang ditentukan. Sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu sensor gas, sensor suhu dan kelembaban, yang secara terus-menerus mengukur kualitas udara dan memberikan umpan balik langsung pada pengguna melalui layar LCD.

Kinerja produk ini diharapkan dapat meminimalisir dan memudahkan upaya peternak dalam pemantauan kualitas udara serta memenuhi standar ketepatan terhadap parameter kualitas udara. Selain itu, produk ini dirancang untuk mengukur dan menstabilkan pemerataan kualitas udara dalam jangka waktu yang relatif lama.

Tabel 2. 1 Parameter Kinerja Produk

Parameter	Target operasional	Batasan operasional
Suhu	**1-7 hari**: 32-35°C	Suhu ideal untuk ayam broiler sangat muda (day-old chicks). Suhu dapat sedikit diturunkan seiring umur ayam.
	8-14 hari: 30-32°C	Menurun secara bertahap seiring dengan perkembangan ayam.
	15-21 hari: 28-30°C	Suhu yang ideal untuk ayam umur 3 minggu-an.
	22 hari - panen: 24-28°C	Suhu yang lebih rendah cocok untuk ayam broiler dewasa.
Kelembapan	50-70%	Kelembapan yang terlalu tinggi dapat meningkatkan risiko penyakit, sedangkan kelembapan yang terlalu rendah dapat menyebabkan dehidrasi.
Gas Amonia	< 25 ppm	Konsentrasi gas amonia yang lebih tinggi dapat menyebabkan iritasi saluran pernapasan dan stress pada ayam. Penting untuk menjaga ventilasi kandang agar kadar amonia tetap rendah.

2.3 Karakteristik Produk

Spesifikasi pada produk ini adalah sensor DHT22 ditempatkan di beberapa titik di dalam kandang ayam *closed house* bertujuan untuk bagaimana pemerataan suhu dan kelembapan yang baik dan stabil. Sensor ini mengukur dan mendeteksi suhu dan kelembapan secara analog kemudian mengonversi data tersebut ke sinyal digital yang dapat dibaca dan diproses oleh mikrokontroler. Sensor MQ-135 berfungsi untuk mendeteksi dan mengukur kualitas udara dan gas berbahaya khususnya gas amonia kemudian mengirimkan hasil deteksi kualiatas udara berupa perubahan nilai resistensi analog di pin keluarannya . NRF24L01 modul yang

berkomunikasi secara nirkabel SPI (*Serial Peripheral interface*) antar perangkat eksternal seperti sensor dan mikrokontroler yang dapat mengirim atau menerima data. Modul NRF24L01 pada produk ini berkerja sebagai center (pusat) untuk mengumpulkan informasi atau data yang telah di deteksi oleh sensor tersebut. Arduino Nano sebagai mikrokontroler yang dapat memproses dan mengolah data dari sensor suhu, kelembaban dan gas amonia kemudian menampilkan data ke LCD (*Liquid Crystal Display*). Untuk menampilkan data, berdasarkan bagaimana pendeteksian suhu, kelembaban dan gas amonia (NH3).

1. Sensor MQ-135



Gambar 2. 1 Sensor MQ-135

Sensor ini digunakan untuk mendeteksi dan kualitas udara dan sensitif terhadap gas berbahaya seperti gas amonia (NH3), karbon dioksida (CO2), Benzena, alkohol dan lain-lain. Adapun spesifikasi dari sensor MQ-135 berdasarkan pada sumber *https://www.elprocus.com/mq135-air-quality-sensor/* sebagai berikut :

Tabel 2. 2 Spesifikasi Sensor MQ-135

Spesifikasi	**Keterangan**
Tegangan Input/Operasi	+5V DC
Konsumsi Daya	150 mA
Output Digital	0 V– 5V (TTL logika)
Ouput Analog	0V–5V
Durasi pemanasan awal	20 Detik
Tegangan Pemanas	5V±0.1
Resistansi pemanas	33ohm±5%
Konsumsi pemanas	<800mW
Suhu pengoperasian	-10°C hingga -45°C
Suhu penyimpanan	-20°C hingga -70°C
Kelembaban terkait	<95%RH
Konsentrasi oksigen	21% (mempengaruhi sensitivitas)
Rentang operasional	10 – 1000 ppm
Penginderaan resistansi	30kiloohm hingga 200kiloohm
Tingkat kemiringan konsentrasi	≤0,65
Waktu pemanasan awal	lebih dari 24 jam

2. Sensor DHT22



Gambar 2. 2 Sensor DHT22

Sensor DHT22 merupakan sensor yang dapat mendeteksi suhu dan kelembaban dan sering digunakan dalam berbagai aplikasi seperti sistem *monitoring* cuaca serta pengendalian suhu dan kelembaban dalam ruangan atau diluar lingkungan. Adapaun spesifikasi Sensor DHT22 sebagai berikut :

Tabel 2. 3 Spesifikasi Sensor DHT22

Spesifikasi	**Keterangan**
Tegangan Operasional	3.3V - 6V D
Arus Operasional	1.5 mA (maksimum)
Rentang Pengukuran Suhu	-40 °C - +80 °C
Akurasi Suhu	±0.5 °C
Rentang Pengukuran kelembaban	0% - 100% RH
Akurasi kelembaban	±2 % - ±5 % RH
Respon waktu	≤2 detik; Kelembaban: ≤5 detik
Interval pengukuran	2 *second*
Dimensi	15.1mm x 25mm x 7.7mm
Output data	Data digital melalui komunikasi satu kawat (*single wire*)

3. Arduino Nano



Gambar 2. 3 Arduino Nano

Arduino Nano merupakan papan mikrokontroler kecil dan kuat yang didasarkan pada ATmega328P memiliki ukuran yang sangat kompak, hanya 18x45 mm, dan dilengkapi dengan 14 pin digital *input/output* (6 di antaranya dapat digunakan sebagai PWM *output*), 8 pin *analog input*, dan konektivitas USB untuk pemrograman dan komunikasi serial. Arduino Nano sering digunakan dalam proyek-proyek di mana ruang adalah kendala utama, seperti robotika kecil, *wearable technology*, dan perangkat IoT. Adapun Spesifikasi dari Arduino Nano sebagai berikut :

Tabel 2. 4 Spesifikasi Arduino Nano

Spesifikasi	**Keterangan**
Operating voltage	5V
Input Voltage (recommended) :	7V– 9V
Input Voltage (limits)	6V– 20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	8
DC Current per I/O Pin	40 mA
Length	45 mm
Width	18 mm

4. NRF24L01



Gambar 2. 4 NRF2401

NRF24L01 adalah modul *transceiver radio* (protokol SPI) yang digunakan untuk mengirim dan menerima data pada frekuensi operasi ISM dari 2,4 hingga 2,5 GHz. Modul *transceiver* ini terdiri dari generator frekuensi, pengontrol ketukan, penguat daya , modulator osilator kristal, dan demodulator. Modul ini hanya menggunakan daya 11,3 mA pada daya pancar 0 dBm dan menggunakan daya 13,5 mA dalam mode terima.

Kecepatan data *over-the-air* yang tinggi dikombinasikan dengan mode tidur sangat disukai untuk aplikasi daya yang sangat rendah. Regulator tegangan internal mengendalikan *rasio* penolakan daya dan pita daya yang tinggi. Modul ini ringkas dan dapat dengan mudah digunakan di ruang terbatas.

Tabel 2. 5 Spesifikasi Sensor NRF24L01

Spesifikasi	**Keterangan**
Rentang frekuensi	Pita ISM 2,4 – 2,5GHz
Kecepatan data	Kecepatan 250Kbps / 1Mbps / 2Mbps
Daya keluaran maks.	0dBm
Tegangan Operasi	1,9 – 3,6V
Arus operasi maks.	12,3mA
Arus siaga	22µA
Masukan logika	Toleransi 5V
Jangkauan komunikasi	100m (ruang terbuka)

5. *Liquid Crystal Display* 20x4

Liquid Crystal Display (LCD) merupakan komponen elektronika yang berfungsi untuk menampilkan suatu data dapat berupa karakter, huruf, symbol maupun grafik. Karena ukurannya yang kecil maka LCD banyak dipasangkan

dengan Mikrokontroller. LCD tersedia dalam bentuk modul yang mempunyai pin data, control catu daya, dan pengatur kontras tampilan. Untuk gambar LCD 20x4 dapat dilihat pada gambar 2.5



Gambar 2. 5 LCD 20x4

Adapun spesifikasi dari *Liquid Crystal Display* adalah :

Tabel 2. 6 Spesifikasi LCD 20x4

Spesifikasi	**Keterangan**
Jumlah Karakter	16 karakter x 4 Baris
Dimensi Modul	87.0 x 60.0 x 13.6 (Maks)mm
Daerah Jangkauan	Ukuran 62.0 x 26.0 mm
Daerah Aktif	Ukuran 56.2 x 20.8 mm
Ukuran Titik	Ukuran 0.55 x0.55 mm
Nada Titik	0.60 x 0.60 mm
Ukuran Karakter	Ukuran 2.95 x 4.75 mm
Nada Karakter	Ukuran 3.55 x 5.35 mm
Tugas	1/16
Jenis Lampu Datar	LED
IC	ST7066U
Antar Muka	6800

6. *Mini Data Logger Module*

Komponen *realtime* clock adalah komponen IC penghitung yang dapat difungsikan sebagai sumber data waktu baik berupa data jam, hari, bulan maupun tahun. Komponen ini berupa IC yang perlu dilengkapi dengan komponen pendukung lainnya seperti *crystal* sebagai sumber clock dan *Battery External* 3,6 Volt sebagai sumber energi cadangan agar fungsi penghitung tidak berhenti.



Gambar 2. 6 Mini Data Logger Module

Adapun spesifikasi dari Mini Data Logger Module sebagai berikut :

Tabel 2. 7 Spesifikasi Mini Data Logger Module

Spesifikasi	**Keterangan**
Tegangan operasi	4.5v hingga 5.5v
Antar muka komunikasi	I2C
Format waktu	Format 24 jam atau 12 jam
Konsumsi daya	Sekitar 500µA pada 5V.
Penyimpanan data	56-byte untuk data
Akurasi waktu	2 detik per hari.
Penyimpanan waktu	Format BCD (Binary Coded Decimal)
Suhu operasi	-40C hingga 50C
Kecepatan komunikasi	400 kHz

7. Baterai 18650

Baterai 18650 adalah jenis baterai lithium-ion yang dapat diisi ulang, dinamakan demikian karena memiliki dimensi diameter 18mm dan panjang 65mm. Baterai ini banyak digunakan dalam berbagai perangkat elektronik portabel seperti laptop, senter, dan vape, karena ukurannya yang ringkas dan kapasitasnya yang relatif besar.



Gambar 2. 7 Baterai 18650

Adapun spesifikasi dari Baterai 18650 sebagai berikut :

Tabel 2. 8 Spesifikasi Baterai 18650

Spesifikasi	**Keterangan**
Model	Silinder
Terminal	45 g
Tegangan	3,7 v
Kapasitas	1500 - 3500 mAh
Dimensi	65 x 18 mm

2.4 Rencana dan Jadwal (*timeline*) Pelaksanaan Proyek

Tabel 2. 9 Jadwal Pelaksanaan Proyek

No	Uraian Kegiatan	Bulan			
		1	2	3	4
1	Identifiksi Masalah : • Studi Literatur • Identifikasi Parameter				
2	Spesifikasi Sistem : • Penyusunan Spesifikasi Teknis • Pembuataan *Timeline* • Penyusunan RAB				
3	Perancangan Sistem : • Perancangan Hardware • Perancangan Software • Desain Jaringan				
4	Implementasi : • Implementasi Hardware • Implementasi Software				
5	Pengujian Tahap Awal : • Pengujian Hardware • Pengujian Software • Analisis Hasil				
6	Realisasi Hardware dan Software				
8	Pengujian Sistem secara Keseluruhan				
9	Analisis dan Evaluasi				
10	Penyusunan Laporan				

2.5 Rencana Anggaran Belanja

Tabel 2. 10 Rencana Anggaran Biaya

No	Jenis Pengeluaran	Jumlah Unit	Harga Satuan (Rp)	Total (Rp)
1	Sensor DHT22	5 Buah	25.000	125.000
2	Sensor MQ-135	5 Buah	26.000	130.000
3	Arduino Nano	5 Buah	58.000	290.000
4	NRF24L01	5 Buah	25.000	125.000
5	LCD 20x4	1 Buah	75.000	75.000
6	*Module* OLED 0,96 inch I2C	4 Buah	28.000	112.000
7	Box Multi	5 Buah	25.000	125.000
8	Kabel Jumper	4 set	18.000	72.000
9	Papan PCB	5 Buah	10.000	50.000
10	*Mini Data Logger Module*	1 Buah	60.000	60.000
11	Baterai 18650	10 Buah	20.000	200.000
SUB TOTAL				1.364.000

2.6 Rencana Pengujian

A.) Metode pengujian untuk setiap spesifikasi

1. Pengujian Sensor Suhu dan Kelembaban

   - Persiapan Alat dan Bahan

     Sebelum melakukan pengujian, siapkan alat dan bahan yang dibutuhkan: Sensor DHT22, Mikrokontroler (kita menggunakan mikrokontroler jenis Arduino Nano), Perangkat Lunak atau kode program (kita menggunakan Arduino IDE), Kabel jumper untuk

koneksi, Resistor (jika diperlukan), Perangkat lunak Arduino IDE atau platform pemrograman lain, Alat tambahan seperti multimeter (opsional) untuk pengecekan kelistrikan.

- Peletakan Sensor DHT22 dalam kandang ayam.

  Peletakan Sensor DHT22 dilakukan dengan menempatkan sensor di lima titik yang telah ditentukan, yaitu di keempat titik sudut kandang dan 1 sensor ditempatkan ditengah kandang untuk mendapatkan rata-rata suhu dan kelembaban.

- Hubungkan Sensor ke mikrokontroler

  Tahapan selanjutnya yaitu menghubungkan Sensor DHT22 ke Arduino Nano kemudian mengunggah program untuk menjalankan pengujian.

- Melakukan monitoring hasil

  Melakukan monitoring hasil pengujian sensor DHT22 melalui LCD 20x4 yang telah terkoneksi dengan perangkat mikrokontroler.

2. Pengujian Sensor Gas Amonia

   - Sebelum melakukan pengujian, siapkan alat dan bahan yang dibutuhkan: Sensor MQ-135, Mikrokontroler (kita menggunakan mikrokontroler jenis Arduino Nano), Perangkat Lunak atau kode program (kita menggunakan Arduino IDE), Kabel jumper untuk koneksi, Resistor (jika diperlukan), Perangkat lunak Arduino IDE atau platform pemrograman lain, Alat tambahan seperti multimeter (opsional) untuk pengecekan kelistrikan.

- Peletakan Sensor MQ-135 dalam kandang ayam.

  Peletakan Sensor MQ-135 dilakukan dengan menempatkan sensor di lima titik yang telah ditentukan, yaitu di keempat titik sudut kandang dan 1 sensor ditempatkan ditengah kandang untuk mendapatkan rata-rata suhu dan kelembaban.

- Hubungkan Sensor ke mikrokontroler

  Tahapan selanjutnya yaitu menghubungkan Sensor MQ-135 ke Arduino Nsano kemudian mengunggah program untuk menjalankan pengujian.

- Melakukan monitoring hasil

  Melakukan monitoring hasil pengujian sensor MQ-135 melalui LCD 20x4 yang telah terkoneksi dengan perangkat mikrokontroler.

3. Pengujian *Wireless Sensor Network* (WSN)

   Pengujian *Wireless Sensor Network* (WSN) adalah proses untuk mengevaluasi kinerja, keandalan, dan ketahanan jaringan sensor nirkabel. Karena WSN memiliki karakteristik unik seperti keterbatasan daya, komunikasi nirkabel, dan skalabilitas. Berikut adalah penjelasan tentang cara pengujian WSN:

   - Sebelum melakukan pengujian, Hubungkan WSN dengan perangkat yang telah dikalibrasi seperti Sensor DHT22 dan Sensor MQ-135, serta alat ukur seperti multimeter (apabila diperlukan).

- Melakukan pengujian jaringan dengan uji koneksi antara sensor dan router, kemudian memastikan data dapat terkirim dengan benar.

Berikut adalah beberapa parameter utama dalam pengujian WSN :

Tabel 2. 11 Parameter utama pengujian WSN

Parameter	Definisi
Efesiensi Energi	Mengukur konsumsi daya setiap node untuk memperpanjang masa pakai jaringan.
Efesiensi perutean	Menilai bagaimana protokol routing menangani transfer data antar node.
Wilayah Cakupan	Menilai bagaimana protokol routing menangani transfer data antar node.
Keandalan	Kemampuan jaringan mengirim data dengan sukses tanpa kehilangan paket.
Durasi hidup jaringan	Durasi waktu jaringan berfungsi dengan baik sebelum node kehabisan daya.

BAB III

DOC. EU-300 PERANCANGAN SISTEM/PRODUK

3.1 Perancangan Sistem Perangkat Keras

A. Arsitektur Sistem

Arsitektur sistem terdiri dari beberapa komponen utama yang berfungsi untuk memantau suhu, kelembaban serta gas amonia secara *realtime*. Komponen-komponen tersebut terdiri dari sensor, mikrokontroler, tampilan data (LCD), dan sumber daya listrik (misalnya baterai atau sumber daya eksternal). Berikut adalah arsitektur sistem secara umum:

1. Sensor
   a. Sensor DHT22 : Mendeteksi dan mengukur suhu dan kelembaban yang ada di dalam kandang ayam.
   b. Sensor MQ-135 : Mendeteksi dan mengukur tingkat kualitas gas amonia yang ada di dalam kandang ayam.
2. Mikrokontroler (Arduino Nano)

   Sebagai otak sistem, menerima data dari sensor, memproses, mengolahnya, dan mengirimkan hasilnya ke tampilan LCD serta memberikan peringatan jika parameter air melebihi batas yang ditentukan.
3. LCD 20x4

Sebagai antarmuka pengguna, menampilkan hasil pengukuran secara *realtime*. Peternak ayam dapat memantau kondisi kualitas air langsung dari tampilan ini.

4. NRF24L01

   Sebagai komunikasi nirkabel antar perangkat mengirim dan menerima data dari sensor ke pusat penerima yang bisa mengumpulkan dan memproses data dari beberapa titik yang telah di tentukan.

B. Desain Subsistem:

Setiap subsistem memiliki fungsi khusus yang saling berinteraksi untuk memastikan pemantauan kualitas air berjalan dengan lancar. Berikut adalah rincian subsistem dan fungsinya:

1. Subsistem Pengukuran (Sensor):
   a) Fungsi: Mengumpulkan data yang berupa suhu, kelembaban dan konstentrasi gas amonia.
   b) Interaksi: Data yang dihasilkan oleh sensor langsung dikirim ke mikrokontroler Arduino Nano untuk diproses.
2. Subsistem Pengolahan Data (Mikrokontroler Arduino Nano):
   a) Fungsi: Mengolah data yang diterima dari sensor dan menampilkannya pada LCD. Jika nilai melebihi ambang batas, mikrokontroler memberikan peringatan.
   b) Interaksi: Menerima data sensor dan memprosesnya. Hasil pemrosesan data ditampilkan pada LCD atau dikirim ke jaringan untuk pemantauan jarak jauh.

3. Subsistem Tampilan (LCD):
    a) Fungsi: Menampilkan data kualitas suhu, kelembaban dan konsenstrasi gas amonia secara visual sehingga peternak dapat melihat hasil deteksi dari sensor.
    b) Interaksi: Data yang telah diproses oleh mikrokontroler dikirim ke LCD untuk ditampilkan kepada pengguna.
4. Subsistem modul NRFL24L01
    a) Fungsi: dapat mengirim dan menerima data antar perangkat dari beberapa titik.
    b) Interaksi: ketika mengirim atau menerima data dari sensor dari beberapa titik, perangkat tersebut dapat mengolah nya dan menyimpan dalam data base kemudian menampilkan di layar LCD.

3.2 Perancangan Sistem Perangkat Lunak

A. *Platform*

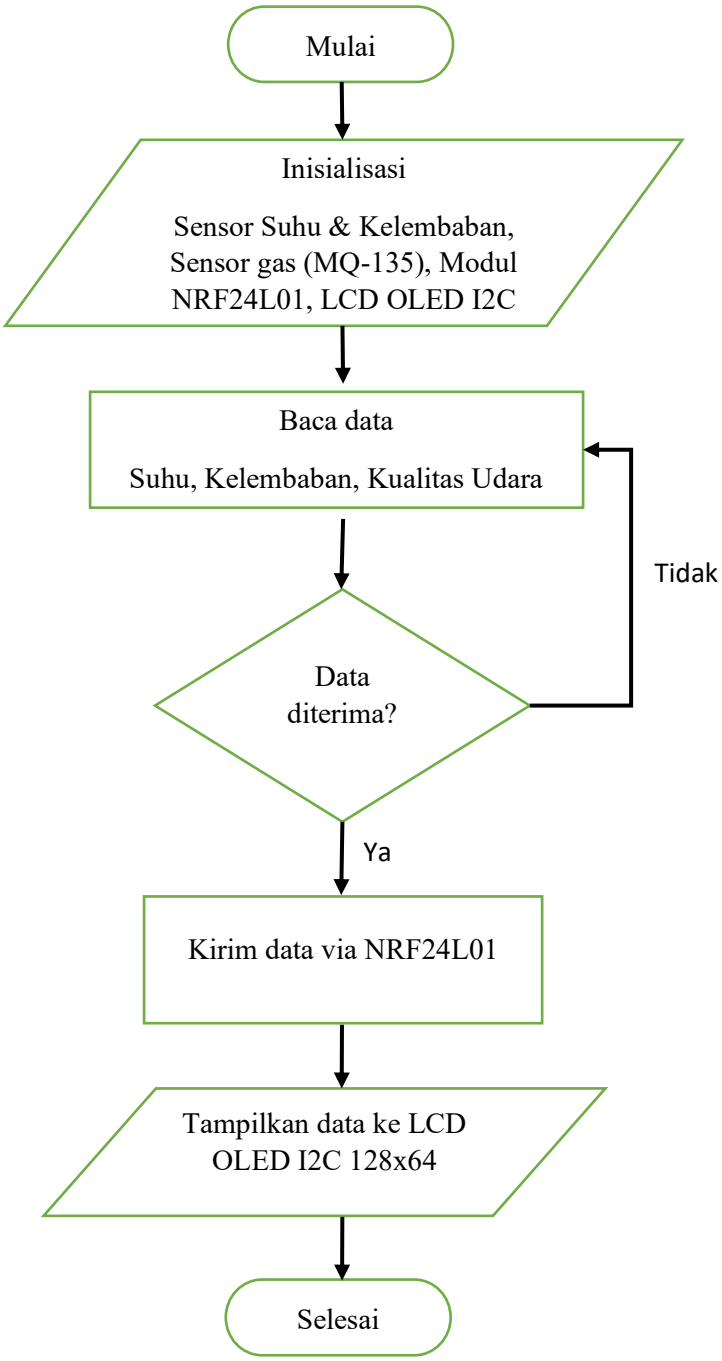
Pengembangan perangkat lunak akan dilakukan menggunakan *platform* Arduino IDE karena kemudahan integrasi dengan mikrokontroler Arduino Nano dan ketersediaan pustaka yang luas.

B. Bahasa Pemrograman:

Bahasa C/C++: Bahasa ini digunakan untuk pemrograman mikrokontroler Arduino Nano karena fleksibilitas dan kontrol yang diberikan dalam pengolahan data dan komunikasi antar perangkat.

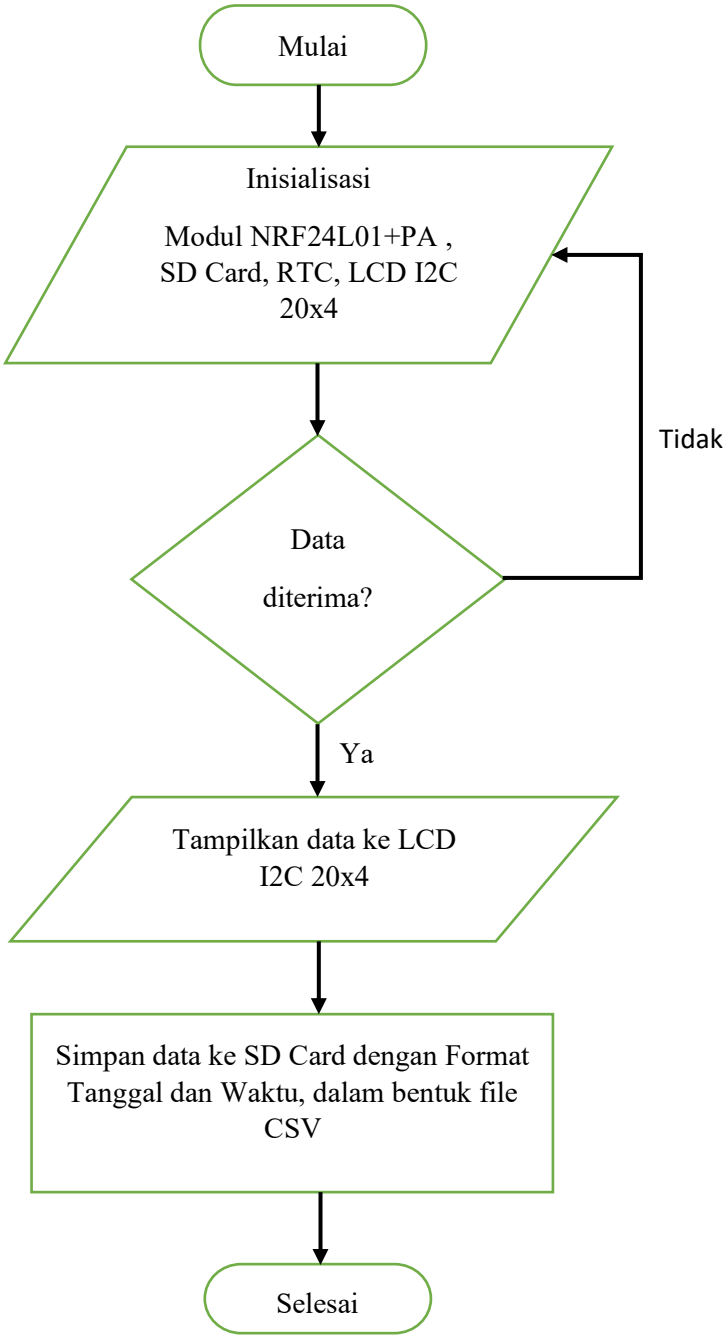
C. *Flowchart*

1. *Flowchart* Pengirim Data



Gambar 3. 1 Flowchart Pengirim Data

2. *Flowchart* Penerima Data

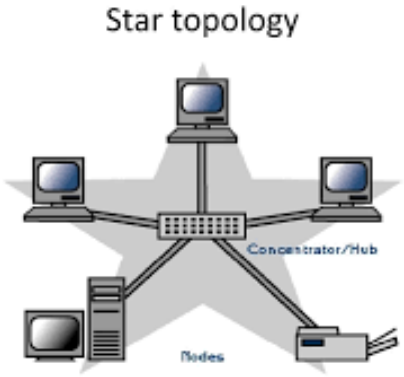


Gambar 3. 2 Flowchart Penerima Data

D. Topologi Jaringan *Star* (Bintang)

Topologi jaringan merupakan tata letak atau metode menghubungkan perangkat satu sama lain untuk membentuk suatu jaringan baik secara fisik maupun logis dengan menggunakan kabel UTP, fiber optik, atau media nirkabel sebagai media transmisi. Secara fisik topologi menggambarkan susunan perangkat keras seperti komputer, sensor dan kabel.

Topologi *Star* (Bintang) merupakan topologi jaringan dimana semua Node (*Client*) terhubung langsung ke satu pusat komunikasi, yakni server. Pada topologi ini, setiap *client* mengirim data ke server secara langsung dan terpisah. Jika salah satu *client* mengalami kerusakan, hal tersebut tidak akan mempengaruhi komunikasi *client* lainnya selama *server* tetap berjalan normal. Gambar topologi *star* dapat dilihat pada Gambar berikut.



Gambar 3. 3 Topologi Start (Bintang)

E. Algoritma Sistem

1. Inisialisasi mikrokontroler dan semua sensor.

2. Mengambil data secara berkelanjutan dari sensor suhu dan gas.
3. Proses data sensor dan mengukur suhu,kelembaban dan gas amonia.
4. NRF24L01 menerima dan mengirim secara nirkabel hasil data dari sensor.
5. Tampilkan data pada LCD.

F. Merancang User Interface

1. Menampilkan nilai parameter kualitas udara secara terpisah, misalnya:
    - Suhu : 27 °C
    - Kelembaban : 60%
    - PPM : 300

3.3 Desain Sistem Secara Keseluruhan

Desain sistem ini mencakup beberapa subsistem utama yang berfungsi secara terintegrasi untuk mencapai tujuan pemantauan kualitas air secara otomatis. Berikut adalah rincian fungsi dan interaksi antar subsistem:

A. Subsistem Input (Sensor)

1. Fungsi: Mengukur parameter suhu,kelembaban dan gas di dalam kandang ayam semi *closed house*.
2. Komponen:
    a) Sensor DHT22 : Mengukur dan mendeteksi suhu dan kelembaban (rentang suhu 40 °C - +80 °C dan kelembaban 0% - 100% RH).
    b) Sensor MQ-135 : (rentang 10 – 1000 ppm gas Amonia).
3. Interaksi : Data yang diperoleh dari setiap sensor dikirim ke mikrokontroler Arduino Nano untuk diproses.

B. Subsistem Prosesor (Arduino Nano)

1. Fungsi: Sebagai pusat pemrosesan data dari sensor dan pengambilan keputusan.
2. Tugas Utama:

   Arduino Nano berfungsi sebagai otak dari sistem ini, mengontrol dan memproses data yang diterima dari sensor-sensor yang terhubung. Dalam integrasi ini, Arduino Nano membaca data dari sensor DHT22 yang mengukur suhu dan kelembaban, serta dari sensor gas MQ-135 yang mendeteksi konsentrasi gas amonia dan kualitas udara. Setelah memproses data tersebut, Arduino Nano mengirimkan informasi hasil pengukuran melalui modul nirkabel NRF24L01 ke perangkat lain, tanpa memerlukan kabel. Arduino Nano berperan sebagai penghubung dan pengendali.
3. interaksi :
   a) Mengontrol pengiriman data dari Modul NRF24L01 ke mikrokontroler Arduino Nano.
   b) Melakukan pengiriman data ke LCD untuk ditampilkan.

C. Subsistem Transmisi Data (NRF24L01)

1. Fungsi : Mengumpulkan data suhu, kelembaban, dan konsentrasi gas amonia dari sensor, lalu mengirimkannya secara nirkabel ke perangkat penerima untuk pemantauan lebih lanjut.
2. Komponen : Modul NRF24L01 komunikasi nirkabel dengan teknologi radio 2.4 GHz yang digunakan untuk mengirim dan menerima data antara Mikrokontroler atau perangkat pengumpul dan penerima lainnya.
3. Interaksi:

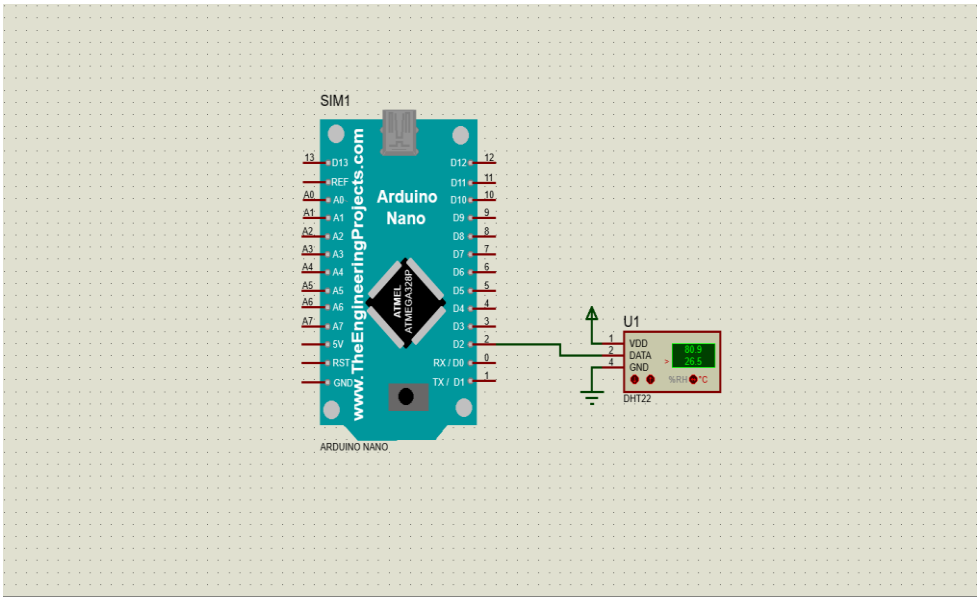
a) NRF24L01 terhubung dengan Arduino Nano dan sensor suhu, kelembaban, serta gas amonia untuk mengumpulkan data secara berkala.
b) Setelah mengumpulkan data dari sensor-sensor tersebut, NRF24L01 mengirimkan data nirkabel ke perangkat penerima lain untuk pemantauan *realtime* dan analisis lebih lanjut.
c) Data yang diterima dapat digunakan untuk menganalisis parameter suhu, kelembaban, dan konsentrasi gas amonia dalam jangka panjang.

D. Subsistem Penyimpanan Data (*Mini Data Logger Module*)

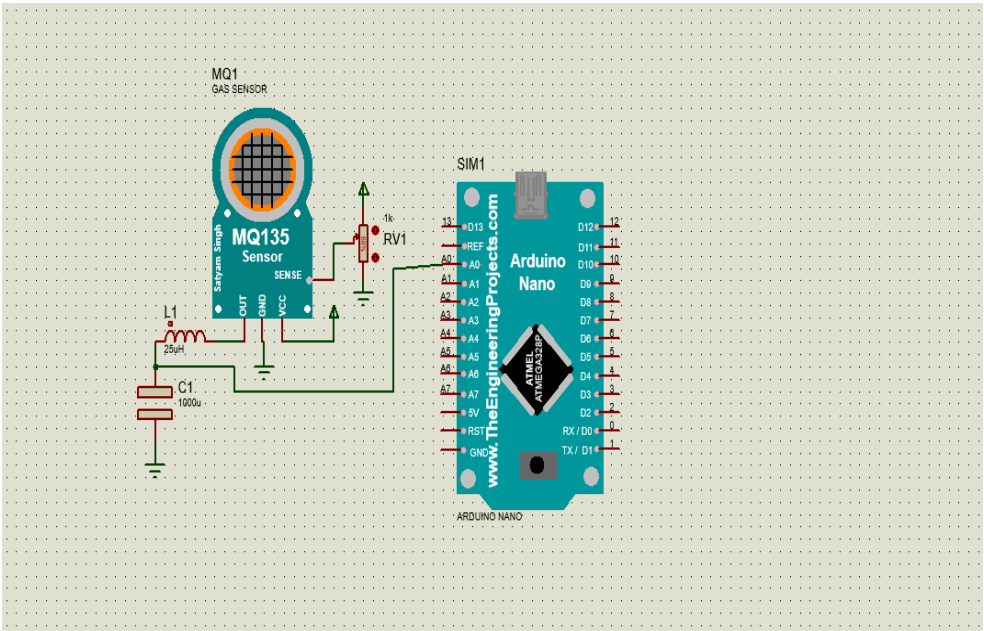
1. Fungsi : Merekam data historis hasil pemantauan parameter suhu, kelembaban dan gas amonia secara berkala.
2. Komponen : *Mini Data Logger Module* : Modul penyimpan waktu *realtime* yang menyimpan data dengan format waktu (jam, hari, bulan, tahun).
3. Interaksi :
   a) *Mini Data Logger Module* menerima data dari Arduino Nano dan menyimpan nilai parameter tren suhu, kelembaban dan gas amonia.
   b) Data historis dapat digunakan untuk menganalisis tren suhu, kelembaban dan gas amonia dalam jangka panjang.

E. Subsistem Catu Daya

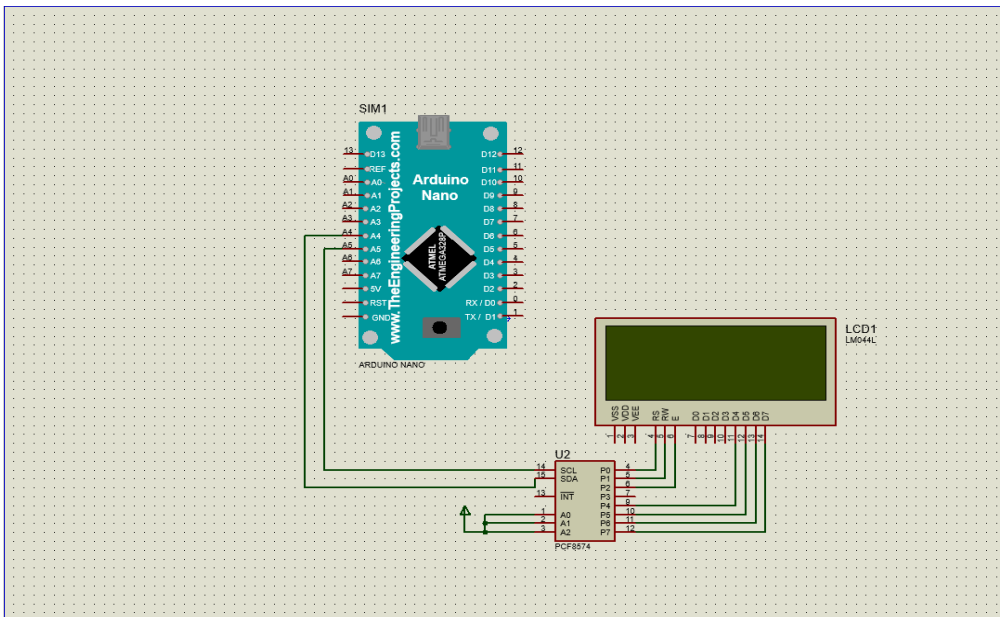
1. Fungsi : Menyediakan daya untuk semua komponen elektronik.
2. Komponen : Baterai 3,7 V olt : Sumber daya utama.
3. Interaksi : Memberikan suplai daya ke sensor, mikrokontroler, *Mini Data Logger Module,* NRF24L01 dan LCD.



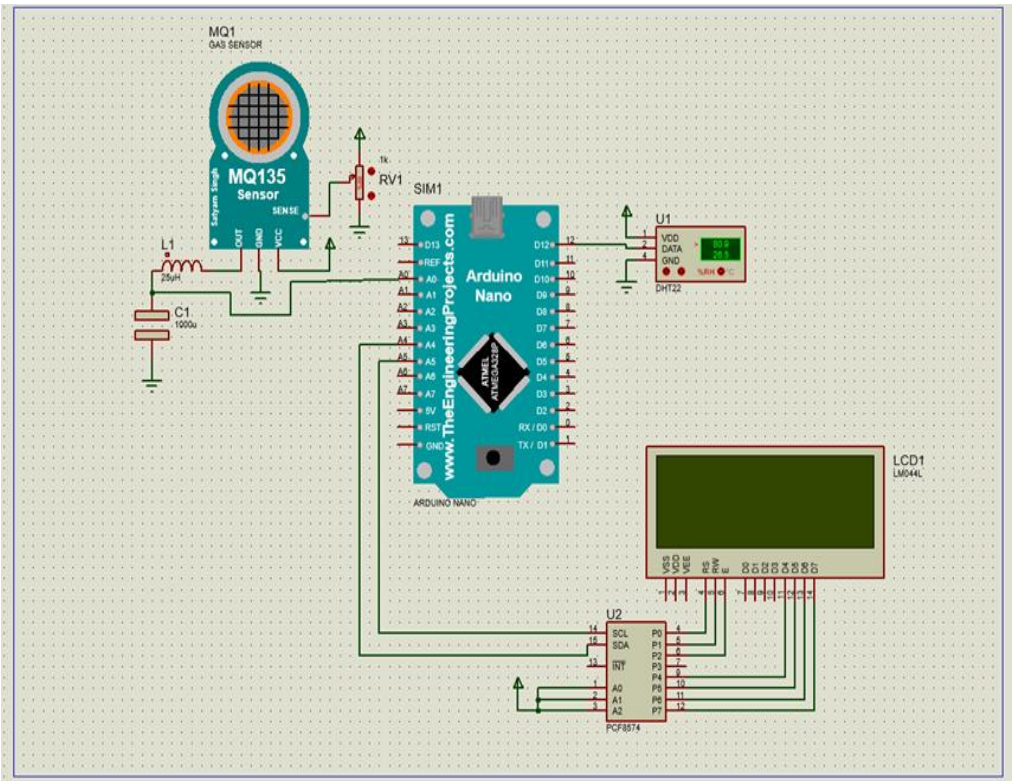
Gambar 3. 4 Integrasi Arduino Nano dan DHT22



Gambar 3. 5 Integrasi Arduino Nano dan MQ-135



Gambar 3. 6 Integrasi Arduino Nano dan LCD I2C 20x4



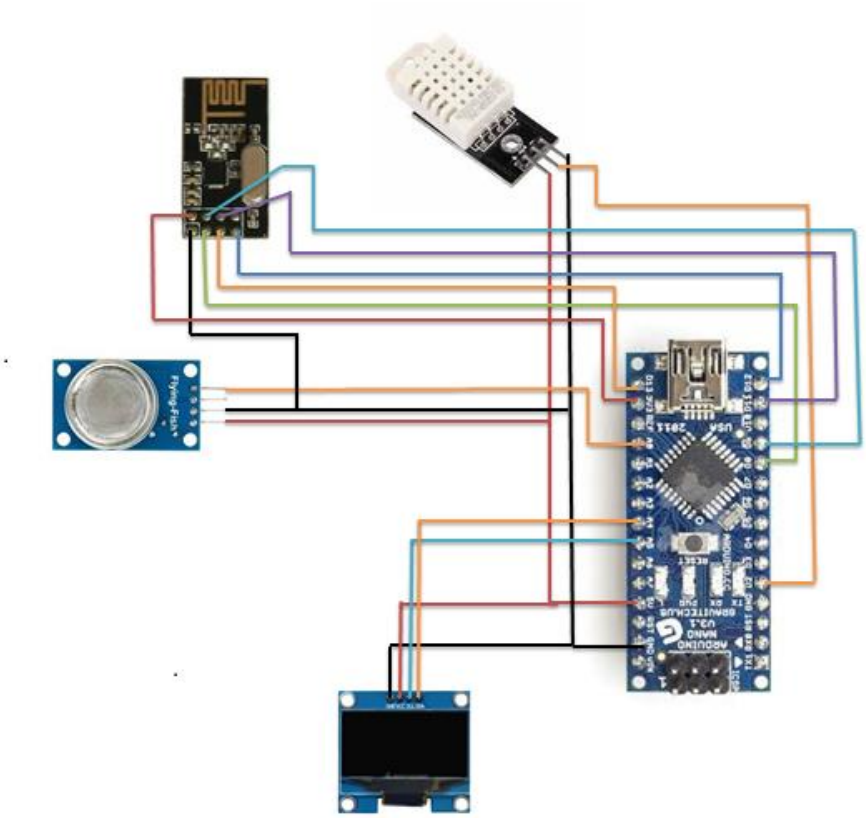
Gambar 3. 7 Integrasi Komponen Secara Keseluruhan

BAB IV

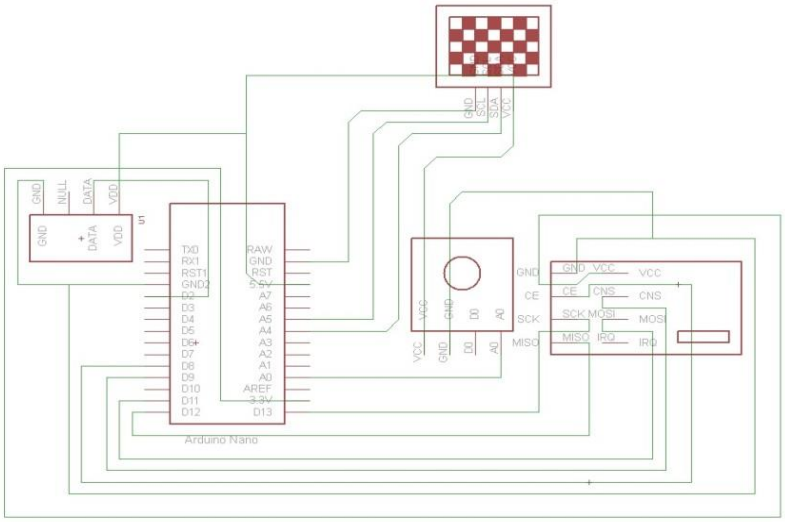
DOC. EU-400 IMPLEMENTASI

4.1 Hasil Perancangan Sistem Perangkat Keras

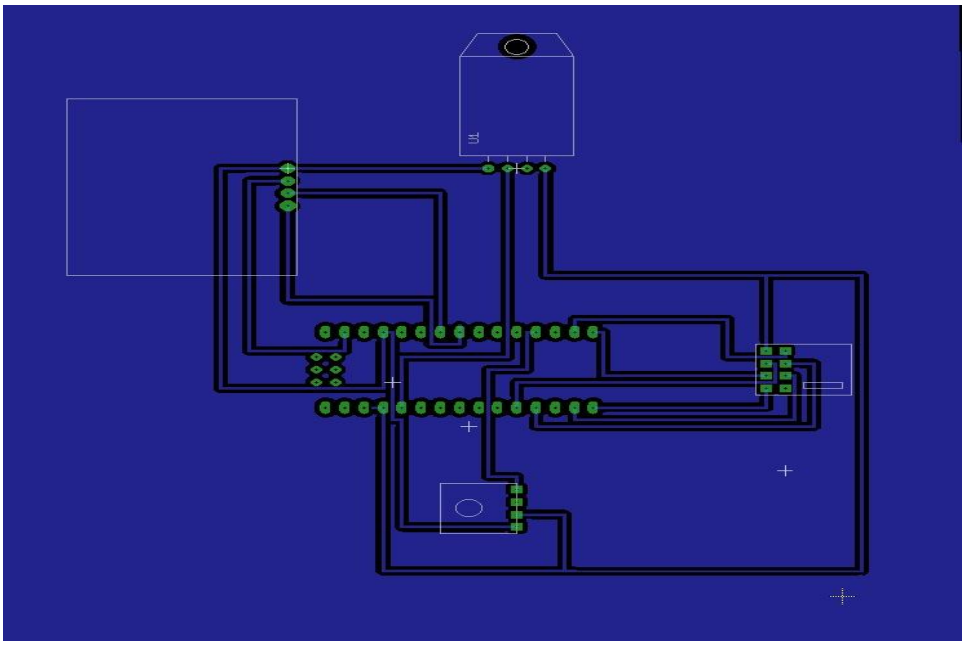
Pada rangkaian tediri dari dua Arduino Nano sebagai mikrokontroler yang bertugas sebagai pengirim (*Transmitter*) dan penerima (*Receiver*) tersebut menunjukkan rangkaian yang terhubung dengan sensor suhu, kelembaban, kualitas udara, modul transmisi Data Display OLED LCD 128x64, LCD I2C 20x4 menggunakan modul I2C. Pada Mikrokontroler pertama (Transmitter), Sensor suhu, kelembaban dan kualitas udara di hubungkan ke Arduino nano dengan koneksi VCC ke 5V, GND ke GND,Vout ke D2, output Analog ke (A0) dan modul NRF24L01 dihubungkan ke Arduino nano dengan koneksi VCC ke 3,3V, GND ke GND, pin CE ke 8, pin CSN ke 9, pin SCK ke 13, pin MOSI ke 11, pin MISO ke 12, Sementara itu, Display OLED LCD 128x64 terhubung melalui modul I2C dengan konenksi VCC ke Vin, GND ke GND, SDA ke pin A4 dan SCL ke pin A5 pada Arduino Nano. Pada Mikrokontroler kedua (Receiver) modul NRF24L01+PA/LNA (Antena) dihubungkan ke Arduino Nano dengan koneksi VCC ke 3,3V, GND ke GND, pin CE ke 8, pin CSN ke 9, pin SCK ke 13, pin MOSI ke 11, pin MISO ke 12, Sementara itu, LCD I2C 20x4 terhubung melalui modul I2C dengan koneksi VCC ke Vin, GND ke GND, SDA ke pin A4, SCL ke pin A5 pada Arduino Nano, menggunakan protokol komunikasi I2C untuk menampilkan data suhu, kelembaban dan kualitas udara. Dapat dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4. 1 Desain Skematik Subsistem Pengirim Data

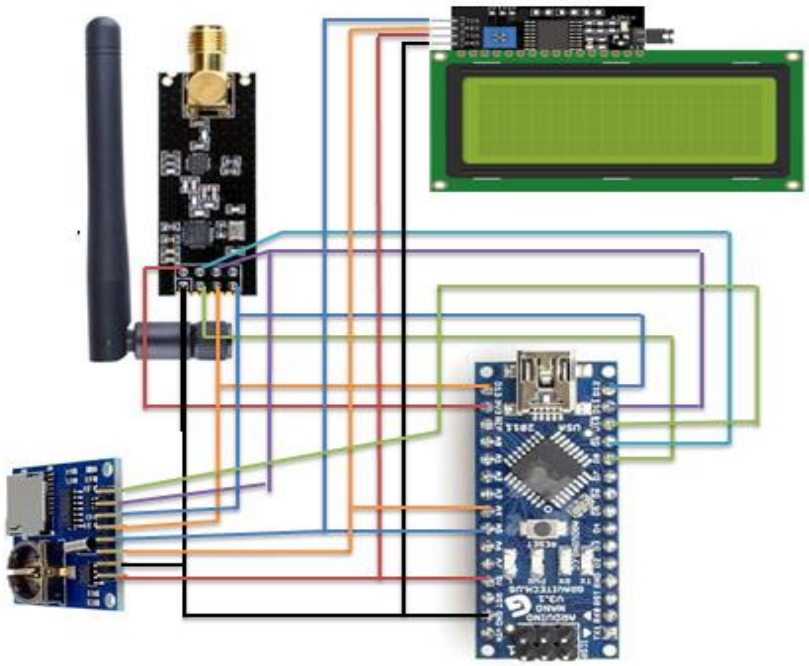


Gambar 4. 2 Desain Skematik Sistem Pengirim Data

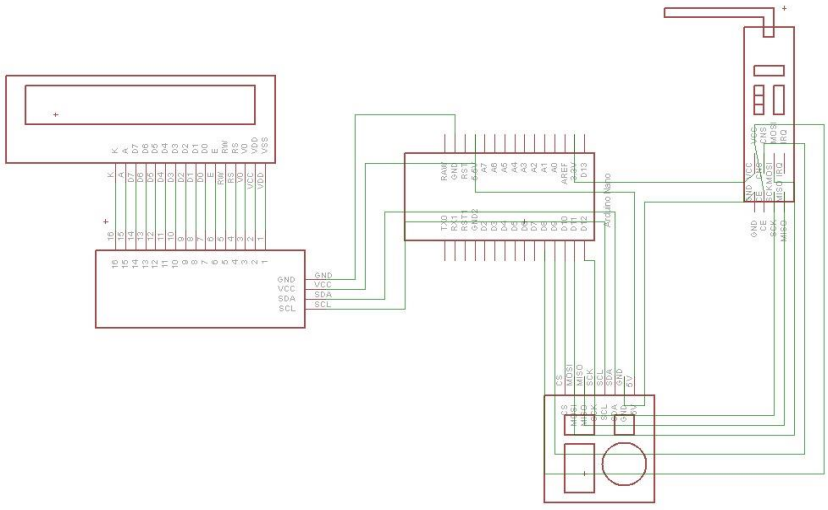


Gambar 4. 3 Desain PCB Board Sistem Pengirim Data

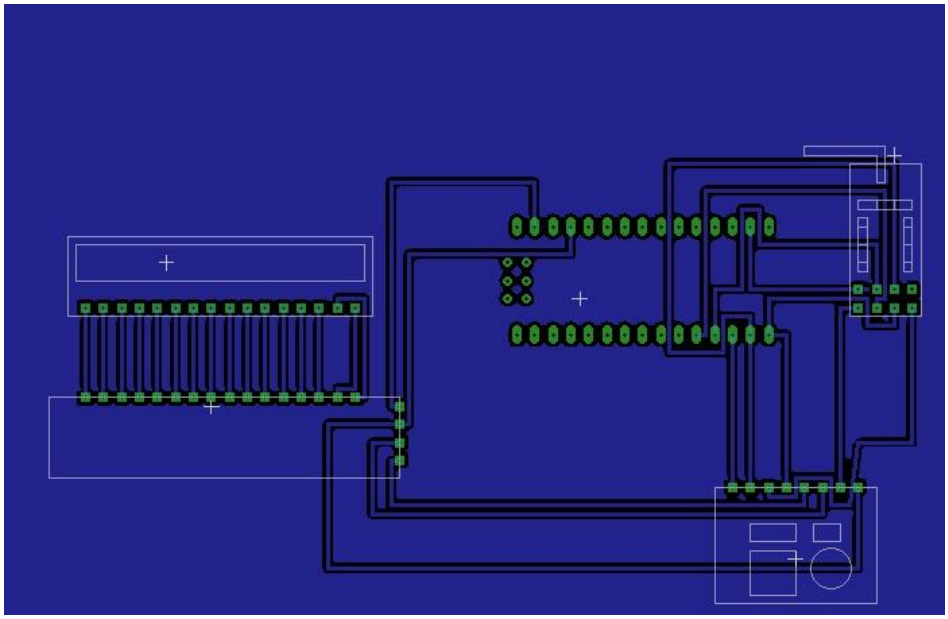
Rangkaian pada gambar merupakan sebuah implementas*i Wireless Sensor Network* untuk pemetaan kualitas udara dalam kandang ayam berbasis Arduino Nano dan NRF24L01 yang dirancang dalam bentuk layout PCB. Komponen utama yang digunakan adalah Arduino Nano sebagai pusat kendali, sensor suhu, kelembaban, Gas Amonia kualitas udara dan NRF24L01 sebagai input, dan Display OLED LCD 128x64 dan LCD 20x4 yang menggunakan antarmuka I2C sebagai output tampilan data. Sensor kelembaban tanah terhubung ke pin analog D2, D3, D4, D5 Arduino Nano, sementara LCD terhubung melalui komunikasi I2C dengan pin A4 (SDA) dan A5 (SCL). Semua komponen mendapatkan catu daya dari pin 3,3V, 5V dan GND pada Arduino Nano. Rangkaian penerima data Sensor dapat dilihat pada gambar dibawah 4.4 ini.



Gambar 4. 4 Desain Skematik Subsistem Penerima Data



Gambar 4. 5 Desain Skematik Sistem Penerima Data



Gambar 4. 6 Desain PCB Board Sistem Penerima Data

Fungsi utama dari rangkaian ini adalah untuk membaca, mengukur, memonitoring tingkat suhu, kelembaban, kualitas udara dengan cara pemetaan alat komunikasi nirkabel tanpa harus terhubung dengan kabel dan menampilkannya langsung di LCD. Sensor akan mendeteksi nilai suhu, kelembaban, kualitas udara yang kemudian dibaca oleh Arduino Nano sebagai sinyal analog, diproses dalam program, dan hasil akhirnya ditampilkan dalam bentuk angka atau persentase pada layar LCD. Dengan layout PCB ini, rangkaian menjadi lebih rapi, stabil, dan siap untuk diaplikasikan dalam bidang peternakan ayam.

4.2 Hasil Perancangan Sistem Perangkat Lunak

1. *Source Code*/Listing Program

   a. Kode Program Pengirim Data NRF24L01 (*Transmitter*)

```
#include <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>
#include <DHT.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>

// ------- Konfigurasi -------
#define DHTPIN 2
#define DHTTYPE DHT22
#define MQ135_PIN A0
#define OLED_RESET -1

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
Adafruit_SSD1306 display(128, 64, &Wire, OLED_RESET);
RF24 radio(8, 9);

const uint8_t address[] = "00001";
unsigned long lastReceived[4] = {0, 0, 0, 0}; // waktu
terakhir data masuk per kandang
const unsigned long TIMEOUT = 5000; // 5 detik timeout

// Variabel global untuk menyimpan data setiap box
String suhu[4] = {"0", "0", "0", "0"};
String hum[4]  = {"0", "0", "0", "0"};
String ppm[4]  = {"0", "0", "0", "0"};
String data = "";

// Struktur untuk menyimpan data
struct SensorData {
int temp;
int hum;
int airQuality;
};

SensorData sensorData;

void setup() {
Serial.begin(9600);

// NRF24L01
radio.begin();
radio.openWritingPipe(address);
radio.setPALevel(RF24_PA_HIGH);
radio.setDataRate(RF24_250KBPS);
radio.stopListening();

// DHT22
dht.begin();
```

```
        // OLED
        if (!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C)) {
        Serial.println(F("Gagal inisialisasi OLED"));
        while (true);
        }

        display.clearDisplay();
        display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
        display.setTextSize(1);
        display.setCursor(0, 0);
        display.println("Inisialisasi..");
        display.display();
        delay(1000);
        }

        void loop() {
        //BACA SENSOR
        sensorData.temp = dht.readTemperature();
        sensorData.hum = dht.readHumidity();
        sensorData.airQuality = analogRead(MQ135_PIN);

        // Ganti dengan 0 jika gagal baca
        if (isnan(sensorData.temp)) sensorData.temp = 0;
        if (isnan(sensorData.hum))  sensorData.hum  = 0;


        // Kirim data via NRF24L01
        char dataKirim[32];
        snprintf(dataKirim,sizeof(dataKirim),"1#%d#%d#%d",
        (int)sensorData.temp,(int)sensorData.hum,
        sensorData.airQuality);
        radio.write(&dataKirim, sizeof(dataKirim));
        Serial.print("Data dikirim: ");
        Serial.println(dataKirim);

        // TAMPILKAN KE OLED
        display.clearDisplay();
        display.setCursor(0, 0);
        display.setTextSize(2);
        display.println(F("1"));
        display.print(F("S: ")); display.print(sensorData.temp);
        display.println(F(" C"));
        display.print(F("K: ")); display.print(sensorData.hum);
        display.println(F(" %"));
        display.print(F("PPM: "));
        display.println(sensorData.airQuality);
        display.display();
        delay(2000);

}
```

b. Kode Program Penerima data NRF24L01 + PA dan Mini data Logger dengan LCD

```
#include <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <SD.h>
#include <RTClib.h>  // Tambahan RTC

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
RF24 radio(8, 9);
RTC_DS1307 rtc;  // Inisialisasi RTC

const uint8_t address[] = "00001";
unsigned long lastReceived[4] = {0, 0, 0, 0};
const unsigned long TIMEOUT = 5000;

String suhu[4] = {"0", "0", "0", "0"};
String hum[4]  = {"0", "0", "0", "0"};
String ppm[4]  = {"0", "0", "0", "0"};
String data = "";

const int chipSelect = 10;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  radio.begin();
  radio.openReadingPipe(0, address);
  radio.setPALevel(RF24_PA_HIGH);
  radio.setDataRate(RF24_250KBPS);
  radio.startListening();

  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Receiver Ready...");
  delay(2000);
  lcd.clear();

  if (!SD.begin(chipSelect)) {
    Serial.println("SD gagal!");
  } else {
    Serial.println("SD siap.");
  }

  if (!rtc.begin()) {
    Serial.println("RTC tidak ditemukan!");
  }
```

```
  if (!rtc.isrunning()) {
    Serial.println("RTC tidak jalan, set waktu...");
    rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__),  F(__TIME__)));    //  set
waktu otomatis dari waktu kompilasi
  }
}

void loop() {
  bacaData();
  tampil();
  delay(500);
}

void bacaData() {
  if (radio.available()) {
    char text[32] = "";
    radio.read(&text, sizeof(text));
    data = text;
    Serial.println(data);
    olahData(data);
  }
}
void olahData(String dataMasuk) {
  String suhu1 = "", hum1 = "", ppm1 = "";
  String suhu2 = "", hum2 = "", ppm2 = "";
  String suhu3 = "", hum3 = "", ppm3 = "";
  String suhu4 = "", hum4 = "", ppm4 = "";


  String kandang = pisahData(dataMasuk, '#', 0);
  String suhuIn = pisahData(dataMasuk, '#', 1);
  String kelembabanIn = pisahData(dataMasuk, '#', 2);
  String ppmIn = pisahData(dataMasuk, '#', 3);

  int index = kandang.toInt() - 1;
  if (index >= 0 && index < 4) {
    suhu[index] = suhuIn != "" ? suhuIn : "0";
    hum[index]  = kelembabanIn != "" ? kelembabanIn : "0";
    ppm[index]  = ppmIn != "" ? ppmIn : "0";
    lastReceived[index] = millis();
    tulisKeSD(kandang, suhuIn, kelembabanIn, ppmIn);  // simpan
ke SD dengan waktu nyata
  }
}

void tampil() {
  lcd.clear();
  for (int i = 0; i < 4; i++) {
    lcd.setCursor(0, i);
    if (millis() - lastReceived[i] > TIMEOUT) {
    lcd.print(String(i + 1) + " Tidak ada data");
    } else {
    lcd.print(String(i + 1) + " S:" + suhu[i] + "C K:" + hum[i]
+ "% P:" + ppm[i]);
    }
  }
}
```

```
String pisahData(String data, char separator, int index) {
  int found = 0;
  int strIndex[] = {0, -1};
  int maxIndex = data.length() - 1;

  for (int i = 0; i <= maxIndex && found <= index; i++) {
    if (data.charAt(i) == separator || i == maxIndex) {
    found++;
    strIndex[0] = strIndex[1] + 1;
    strIndex[1] = (i == maxIndex) ? i + 1 : i;
    }
  }
  return found > index ? data.substring(strIndex[0],
strIndex[1]) : "";
}

void tulisKeSD(String kandang, String suhu, String kelembaban,
String ppm) {
  File file = SD.open("data_log.csv", FILE_WRITE);
  if (file) {
    DateTime now = rtc.now();
    // Format: Tanggal, Waktu, Box, Suhu, Kelembaban, PPM
    file.print(now.day()); file.print("/");
    file.print(now.month()); file.print("/");
    file.print(now.year()); file.print(",");

    file.print(now.hour()); file.print(":");
    file.print(now.minute()); file.print(":");
    file.print(now.second()); file.print(",");

    file.print("BOX"); file.print(kandang); file.print(",");
    file.print(suhu.toInt()); file.print(",");       // hanya
ambil angka bulat suhu
    file.print(kelembaban); file.print(",");
    file.println(ppm);

    file.close();
  } else {
    Serial.println("Gagal menulis ke file.");
  }
}
```

4.3 Konstruksi/Mekanik

1. Foto Produk

   Produk yang dirancang sesuai dengan judul penelitian iyalah Sebuah alat yang mampu untuk mengukur kualitas udara dalam kandang ayam berupa suhu, kelembapan serta kualitas gas amonia dalam kandang ayam kemudian mentransmisikan data tersebut ke titik server (*Receiver*) berbasis *Wireless*

Sensor Network. Data dari tiap titik pengirim(*Transmitter*) yang dikirimkan ke titik penerima (*Receiver*) secara nirkabel akan ditampilkan pada LCD I2C. Sistem ini membantu pemetaan kualitas udara dalam kandang ayam menjadi lebih efisien.

a) Kandang Ayam.

   Kandang Ayam yang kami gunakan sebagai tempat pengujian dan implementasi alat adalah sebuah kandang ayam tipe *Closed House* milik seorang pengusaha kandang ayam yang berlokasi di Desa Bela-belawa, Kecamatan Suppa, Kabupaten Pinrang.

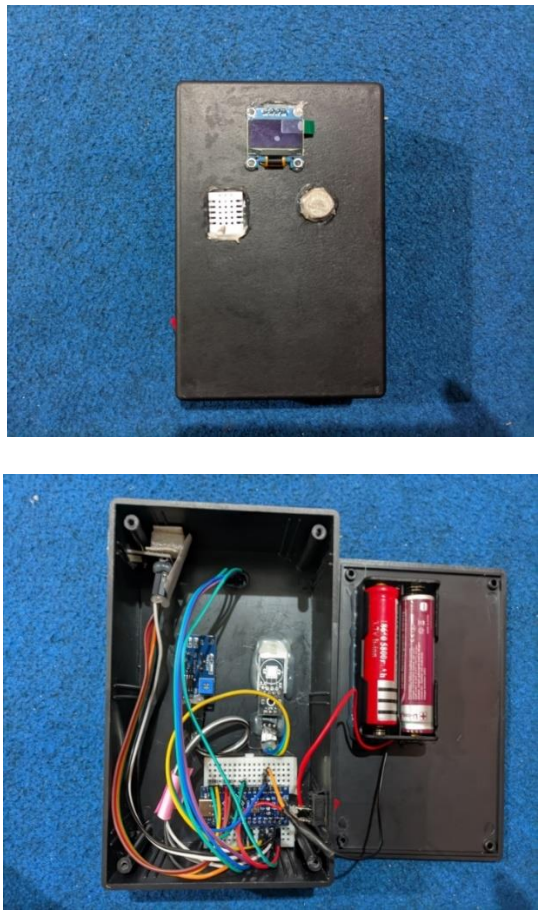




Gambar 4. 7 Kandang Ayam lokasi Pengujian alat

b) Box Proyek

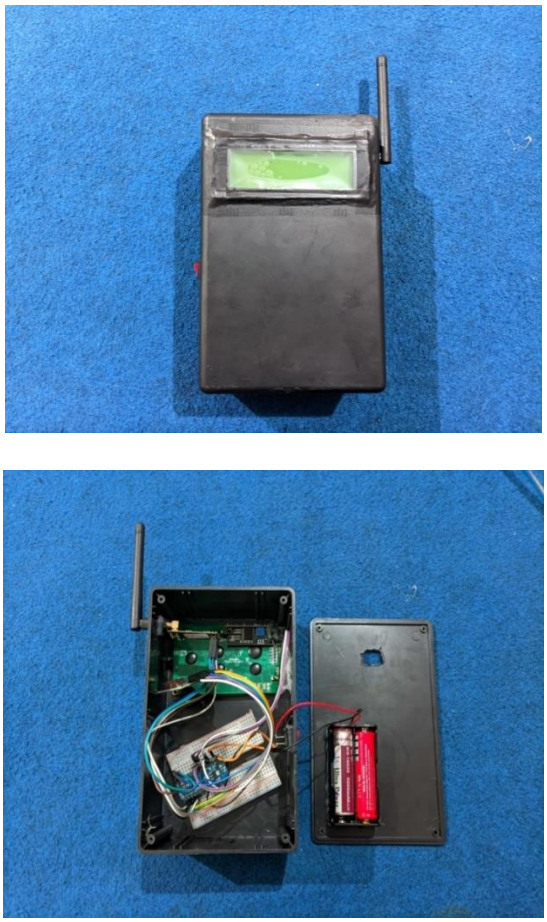
Box proyek yang berwarna hitam sebagai alat/wadah untuk menempatkan sensor-sensor pada titik pengirim (*Transmitter*) dan Penerima (*Receiver*). Pada Box Pengirim terdapat beberapa komponen Sensor yaitu DHT22 dan MQ-135, Mikrokontroler Arduino Nano, NRF24L01 serta OLED LCD 128x64 yang terintegrasi satu sama lain. Dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4. 8 Box Pengirim (Transmitter)

Kemudian pada Box Penerima terdapat Mikrokontroler Arduino Nano, NRF24L01+PA, Mini Data Logger yang terintegrasi satu sama

lain serta LCD 20x4 dengan modul I2C untuk menampilkan data dari box pengirim (*Transmitter*). Dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4. 9 Box Penerima (Receiver)

2. Detail Spesifikasi Produk

a) Arduino Nano

Arduino Nano adalah salah satu papan mikrokontroler yang memiliki ukuran kompak, lengkap dengan fitur yang mendukung penggunaan breadboard. Papan Arduino Nano menggunakan mikrokontroler ATmega328 (untuk Arduino Nano versi 3.x) atau ATmega16 (untuk versi 2.x). Mikrokontroler ATMega328 adalah mikrokontroller keluaran dari

atmel yang mempunyai arsitektur RISC (*Reduce Instruction Set Computer*) yang dimana setiap proses eksekusi data lebih cepat dari pada arsitektur CISC (*Completed Instruction Set Computer*).

Berikut ini adalah spesifikasi dari Arduino Nano :

1) Chip Mikrokontroller menggunakan ATmega328p atau Atmega168.
2) Tegangan operasi sebesar 5 volt.
3) Tegangan input (yang disarankan) sebesar 7 volt – 12 volt.
4) Terdapat pin digital I/O 14 buah dan 6 diantaranya sebagai *output* PWM.
5) 8 Pin *Input* Analog.
6) 40 Ma Arus DC per pin I/O.
7) Flash Memori 16KB (Atmega168) atau 32KB (Atmega328) 2KB digunakan oleh *Bootloader*.
8) 1 KbyteSRAM (Atmega168) atau 2 Kbyte 32KB (Atmega328).
9) 512 Byte EEPROM (Atmega168) atau 1 Kbyte (Atmega328).
10) 16MHz *Clock Speed*.
11) Ukuran 1.85cm x 4.3cm.

b) LCD 20x4 I2C

LCD adalah lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida dalam bentuk tampilan seven-segment dan lapisan elektroda pada kaca belakang. Ketika elektroda diaktifkan dengan medan listrik (tegangan), molekul organik yang panjang dan silindris menyesuaikan diri dengan elektroda dari segmen. Lapisan sandwich memiliki polarizer cahaya vertikal depan dan polarizer cahaya

horisontal belakang yang diikuti dengan lapisan reflektor. Cahaya yang dipantulkan tidak dapat melewati molekul-molekul yang telah menyesuaikan diri dan segmen yang diaktifkan terlihat menjadi gelap dan membentuk karakter data yang ingin ditampilkan.

Inter Integrated Circuit atau sering disebut I2C adalah standar komunikasi serial dua arah menggunakan dua saluran yang didisain khusus untuk mengirim maupun menerima data. Sistem I2C terdiri dari saluran SCL (*Serial Clock*) dan SDA (*Serial Data*) yang membawa informasi data antara I2C dengan pengontrolnya. Piranti yang dihubungkan dengan sistem I2C Bus dapat dioperasikan sebagai *Master* dan *Slave*. *Master* adalah piranti yang memulai transfer data pada I2C Bus dengan membentuk sinyal *Start*, mengakhiri transfer data dengan membentuk sinyal Stop, dan membangkitkan sinyal *clock*. *Slave* adalah piranti yang dialamati master. I2C LCD backpack ini bertujuan untuk mengurangi jumlah pin yang digunakan pada koneksi antara arduino (atau microcontroller lainnya) dengan character LCD.

Fitur utama I2C bus adalah sebagai berikut :

1) Hanya melibatkan dua kabel yaitu serial data line (selanjutnya disebut SDA) dan serial clockline (selanjutnya disebut SCL).
2) Setiap IC yang terhubung dengan I2C memiliki alamat yang unik yang dapat diakses secara software dengan master / slave protocol yang sederhana, dengan mampu mengakomodasikan multi master.

3) I2C merupakan serial bus dengan orientasi data 8bit (byte), komunikasi 2 arah, dengan kecepatan transfer data sampai 100 Kbit/s pada mode standar dan 3,4 Mbit/s pada mode kecepatan tinggi.
4) Jumlah IC yang dapat dihubungkan pada I2C bus hanya dibatasi oleh beban kapasitansi pada bus yaitu maksimum 400pF.

c) NRF24L01

NRF24l01 adalah sebuah modul komunikasi jarak jauh yang bekerja pada gelombang RF 2,4-2,5 GHz. Modul NRF24l01 menggunakan *Serial Peripheral Interface* (SPI) untuk berkomunikasi. Tegangan kerja dari modul ini adalah 5 Vdc. Konsumsi arus pada modul ini sangat rendah, yaitu 9 mA pada power output -6dBm dan 12,3 mA pada Rx mode. NRF24l01 ini memiliki *Ultra Low Power* (ULP) *solution*, yang memungkinkan bisa bertahan berbulan-bulan bahkan bertahun-tahun dengan hanya menggunakan baterai AA atau AAA. Modul NRF24l01 ini banyak digunakan dalam *wireless mouse*, *keyboard*, dan *joystik*, komunikasi data *wireless*, *alarm* dan sistem keamanan, peralatan rumah tangga berbasis *wireless*, sensor industri dan mainan.

Modul NRF24l01 dapat menggunakan 125 saluran yang berbeda dan bisa menciptakan 125 *network* pada satu area. Setiap saluran bisa memiliki sampai 6 alamat atau dengan kata lain, satu modul bisa melakukan komunikasi dengan 6 modul lain dalam waktu bersamaan. Pin yang terdapat pada modul NRF24l01 adalah VCC, GND, CSN, CE, MOSI, MISO, IRQ. Pin VCC atau pin power pada modul NRF24L01 berfungsi untuk input

tegangan sebesar 3,3 V. Pin GND atau disebut pin *ground* pada modul NRF24L01 berfungsi untuk menghubungkan modul ke *ground* pada sistem ini. Pin CE atau disebut pin *Chip Enable* pada modul NRF24L01 berfungsi untuk mengaktifkan komunikasi SPI (*Serial Peripheral Interface*). Pin CSN atau disebut pin *Chip Select Not* pada modul NRF24L01 berfungsi untuk mengaktifkan *input high* atau mematikan SPI pada keadaan selain *high*. Pin SCK atau disebut pin *Serial Clock* pada modul NRF24L01 berfungsi untuk memasukkan input *clock* pada komunikasi SPI.

d) DHT22

DHT22 adalah sensor suhu dan kelembapan yang sangat akurat. Sensor ini mengukur nilai kelembapan relatif. Ia menggunakan elemen sensor kapasitif untuk mengukur kelembapan. Untuk mengukur suhu, ia menggunakan termistor NTC. Sensor ini juga dapat digunakan dalam kondisi yang keras. Ia tersedia sebagai sensor dan juga modul.

Adapun spesifikasi dari sensor DHT22 sebagai berikut :

1) Ia bekerja dengan tegangan pasokan DC 3,3V hingga 5,5V.
2) DHT22 membutuhkan arus 1,5mA untuk bekerja.
3) Saat dalam mode siaga, sensor ini mengonsumsi arus 0,02 mA.
4) Sensor ini memberikan nilai keluaran digital.
5) Kisaran suhu pengoperasian sensor ini adalah dari -40°C hingga 80°C.
6) Dapat mendeteksi kelembaban dari 0-100%RH.
7) Sensor ini dapat mengukur kelembapan dengan akurasi hingga +-2% RH.
8) Akurasi suhu hingga <+-0,5 celcius dapat diukur dengan DHT22.

e) MQ-135

Sensor MQ-135 merupakan salah satu jenis sensor gas yang banyak digunakan sebagai komponen utama dalam penelitian berbasis gas. Sensor ini memiliki kelebihan yaitu rentang deteksi yang lebar, sensitivitas yang tinggi, respon yang cepat, stabil dan usia penggunaan yang panjang. Sensor MQ-135 memiliki fungsi dan cakupan penggunaan yang luas dalam mendeteksi kadar gas di udara yang membahayakan kesehatan dan mencemari lingkungan. Sensor ini mampu mendeteksi gas seperti gas aseton (CH3COCH3), toluena (C6H5CH3), alkohol(C2H5OH), karbon dioksida (CO2), amonia (NH3) dan karbon monoksida (CO).

f) Mini Data Logger

Mini data logger shield plus SD card adalah sebuah perangkat yang memungkinkan Anda mencatat data dari sensor dan menyimpannya ke kartu SD. Mini data logger memiliki komponen *realtime clock* yaitu komponen IC penghitung yang dapat difungsikan sebagai sumber data waktu baik berupa data jam, hari, bulan maupun tahun. Komponen ini berupa IC yang perlu dilengkapi dengan komponen pendukung lainnya seperti *crystal* sebagai sumber clock dan *Battery External* 3 Volt sebagai sumber energi cadangan agar fungsi penghitung tidak berhenti.

4.4 Cara Pengoperasian Sistem/Produk

Dalam mengoperasikan alat pengukur kualitas udara berbasis *Wireless Sensor Network* (WSN) ini dapat dilakukan dengan langkah-langkah berikut :



Gambar 4. 10 Pengukuran Kualitas Udara

1. Tempatkan ke-4 Box Pengirim (*Transmitter*) di titik yang telah ditentukan, pastikan jarak setiap box dapat dijangkau oleh box penerima (*Receiver*). Kemudian tempatkan box penerima (*Receiver*) di titik tengah dari ke-4 box pengirim (*Transmitter*).
2. Mengaktifkan alat dengan cara menekan sakelar on/off pada box. Pastikan seluruh titik pengirim (*Transmitter*) telah dinyalakan begitupun dengan titik penerima (*Receiver*).
3. Setelah semua box pengirim dinyalakan maka sensor-sensor akan mulai membaca/mengukur kualitas udara disekitarnya, baik itu suhu, kelembapan maupun kadar gas amonia kemudian akan ditampilkan pada LCD Oled 128X64. Data hasil pembacaan sensor juga secara langsung akan dikirimkan ke titik penerima (*Receiver*) untuk kemudian disimpan di Mini Data Logger ataupun ditampilkan pada LCD 20x4 I2C.
4. Pembacaan/pengukuran data sensor dilakukan secara terus menerus (*realtime*) oleh *transmitter* dan pada *receiver* akan ditampilkan secara berkala sesuai perintah.

BAB V

DOC. EU-500 PENGUJIAN DAN ANALISIS

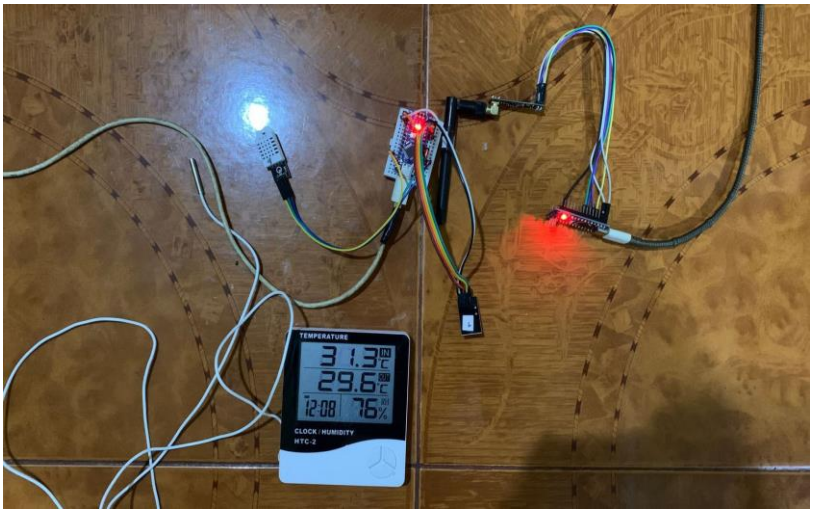
5.1 Pengujian Spesifikasi Sistem/Produk

A. Pengujian Sensor DHT22

1. Langkah-Langkah Pengambilan Data Sensor DHT22

Untuk melakukan pengambilan data dengan sensor DHT22, pertama kami menyiapkan alat seperti sensor DHT22, mikrokontroler (Arduino Uno/Nano), termometer digital, kabel jumper, dan komputer dengan Arduino IDE. Rakit perangkat keras dengan menghubungkan VCC, GND, dan DATA sensor ke mikrokontroler. Selanjutnya, program mikrokontroler menggunakan Arduino IDE, lalu cek data lewat Serial Monitor. Setelah sensor berfungsi, kami melakukan pengukuran menggunakan 4 sensor berbeda dengan masing-masing sensor dilakukan 5 kali pengambilan data. Data yang diukur sebagai parameter adalah Suhu dan Kelembapan yang dilakukan secara bergantian lalu kemudian mencatat hasilnya, dan dibandingkan dengan alat ukur referensi.

1. Gambar Rangkaian Pengujian Sensor DHT22



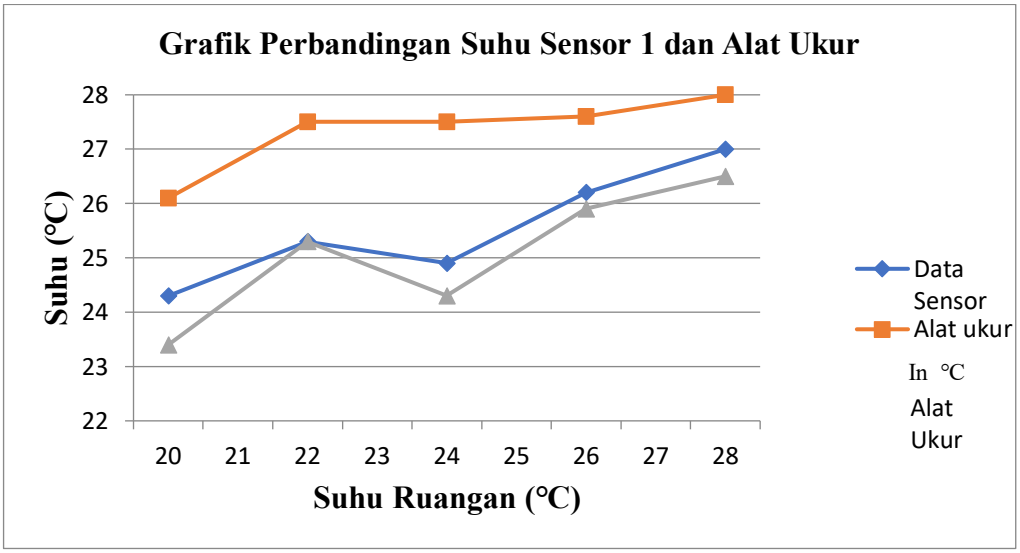
Gambar 5. 1 Rangkaian Pengujian Sensor DHT22

2. Tabel dan Analisis Data Hasil Pengujian Sensor DHT22

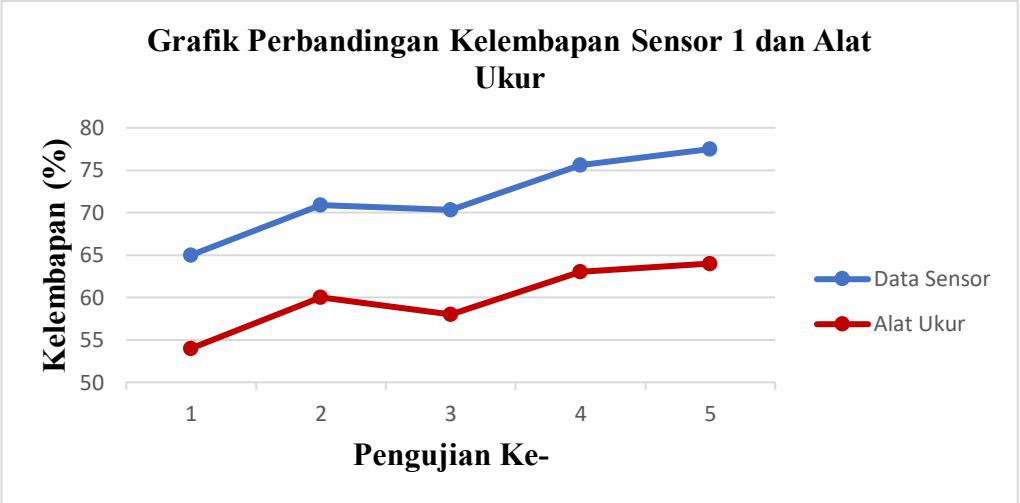
2.1 Pengujian Sensor Ke-1

Tabel 5. 1 Hasil Pengujian Sensor 1

No	Suhu (ºC)	Data Sensor		Alat ukur		
		Suhu (ºC)	Kelembapan (%)	IN (ºC)	OUT (ºC)	Kelembapan (%)
1	20	24,30	65,00	26,1	23,4	54
2	22	25,30	70,90	27,5	25,3	60
3	24	24,90	70,30	27,5	24,3	58
4	26	26,20	75,60	27,6	25,9	63
5	28	27,00	77,50	28,0	26,5	64



Gambar 5. 2 Grafik Perbandingan Suhu Sensor 1 dan Alat Ukur



Gambar 5. 3 Grafik Perbandingan Kelembapan Sensor 1 dan Alat Ukur

Analisis Data Hasil Pengujian Sensor 1

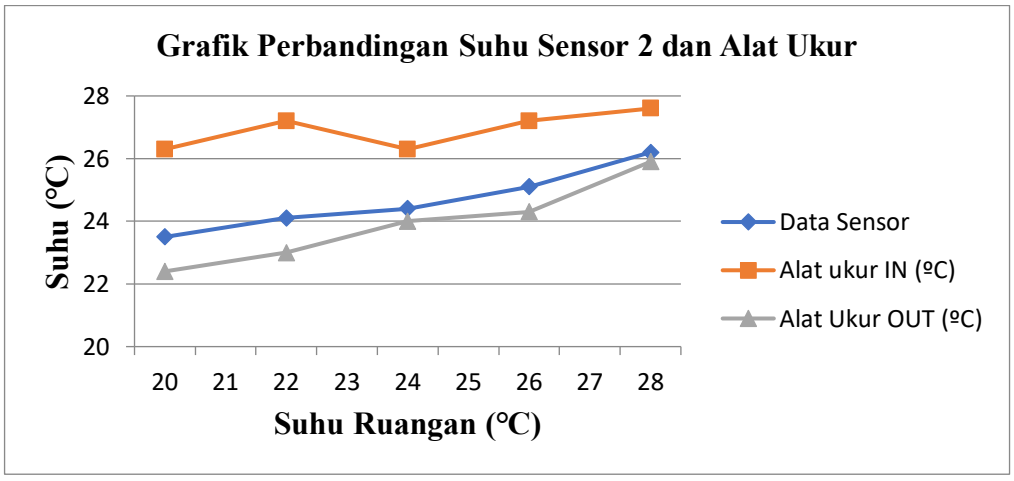
Sensor 1 menunjukkan pembacaan suhu yang lebih tinggi dibandingkan dengan alat ukur referensi. Perbedaan suhu berkisar antara 1,9°C hingga 4,3°C, dengan nilai tertinggi pada suhu 20°C dan nilai terendah pada suhu 28°C.

Sementara itu, pembacaan kelembapan oleh sensor cenderung lebih tinggi daripada alat ukur, dengan selisih yang cukup besar terutama pada suhu 26°C dan 28°C. Meskipun pola perubahan suhu dan kelembapan sensor mengikuti tren alat ukur, perbedaan ini menunjukkan bahwa Sensor 1 memerlukan kalibrasi untuk meningkatkan akurasi.

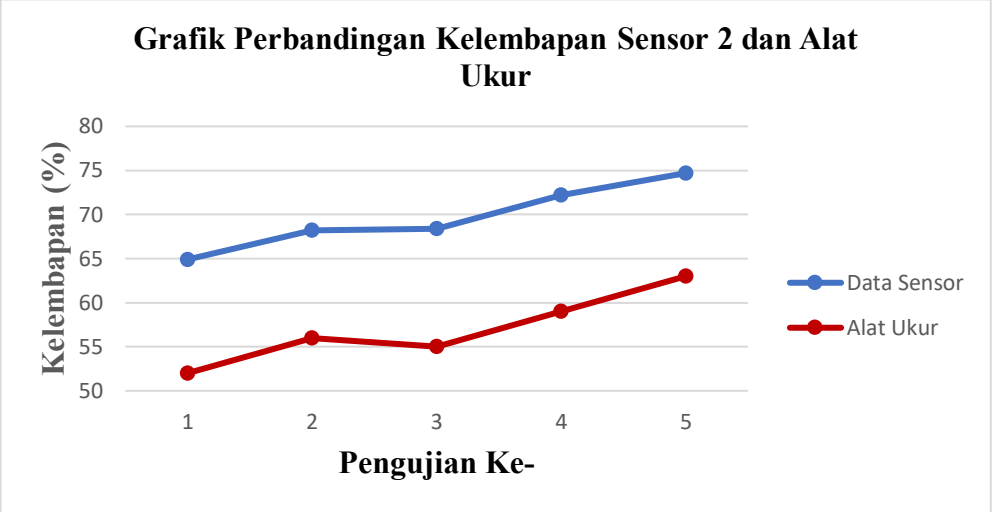
2.2 Pengujian Sensor Ke-2

Tabel 5. 2 Hasil Pengujian Sensor 2

No	Suhu (ºC)	Data Sensor		Alat ukur		
		Suhu (ºC)	Kelembapan (%)	IN (ºC)	OUT (ºC)	Kelembapan (%)
1	20	23,50	64,90	26,3	22,4	52
2	22	24,10	68,20	27,2	23,0	56
3	24	24,40	68,40	26,3	24,0	55
4	26	25,10	72,20	27,2	24,3	59
5	28	26,20	74,70	27,6	25,9	63



Gambar 5. 4 Grafik Perbandingan Suhu Sensor 2 dan Alat Ukur



Gambar 5. 5 Grafik Perbandingan Kelembapan Sensor 1 dan Alat Ukur

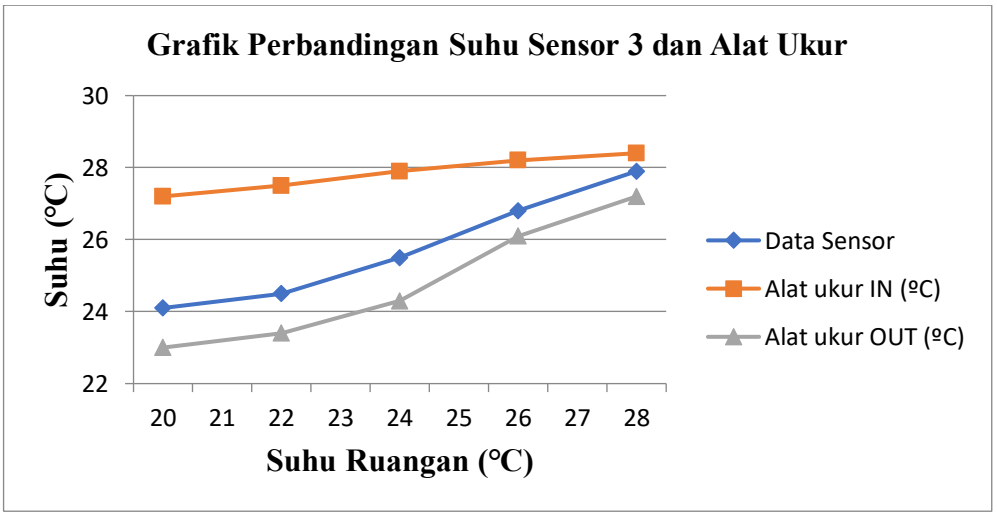
Analisis Data Hasil Pengujian Sensor 2

Sensor 2 memiliki pola pembacaan yang lebih stabil dibandingkan Sensor 1, dengan perbedaan suhu terhadap alat ukur berkisar antara 0,8°C hingga 3,1°C. Pada beberapa titik, seperti suhu 24°C dan 26°C, nilai suhu yang dicatat oleh sensor lebih mendekati alat ukur dibanding sensor lainnya. Namun, kelembapan yang terdeteksi oleh sensor ini tetap lebih tinggi dibandingkan alat ukur, meskipun selisihnya lebih kecil dibandingkan Sensor 1. Secara keseluruhan, Sensor 2 memiliki tingkat akurasi yang lebih baik dibandingkan Sensor 1, tetapi tetap memerlukan kalibrasi untuk memastikan kesesuaian data.

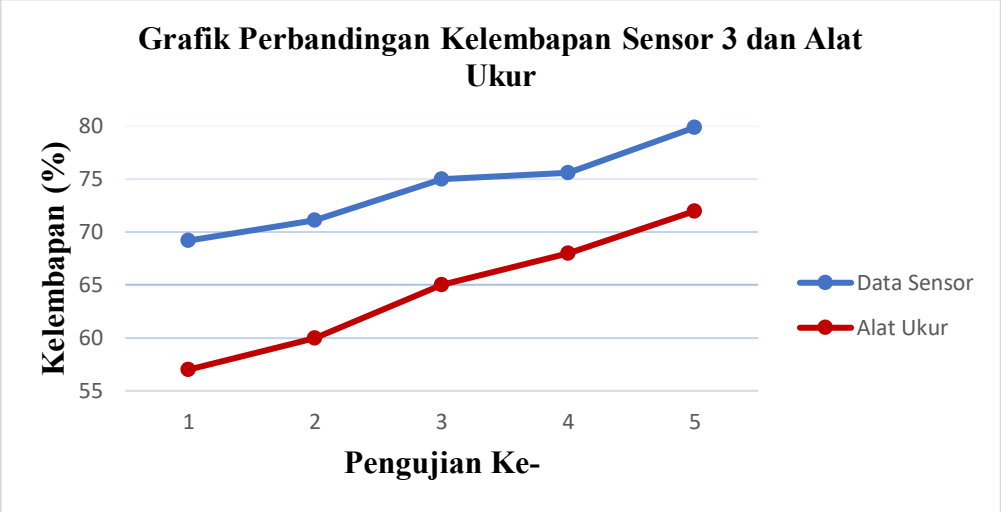
2.3 Pengujian Sensor Ke-3

Tabel 5. 3 Hasil Pengujian Sensor 3

No	Suhu (ºC)	Data Sensor		Alat ukur		
		Suhu (ºC)	Kelembapan (%)	IN (ºC)	OUT (ºC)	Kelembapan (%)
1	20	24,10	69,20	27,2	23,0	57
2	22	24,50	71,10	27,5	23,4	60
3	24	25,50	75,00	27,9	24,3	65
4	26	26,80	75,60	28,2	26,1	68
5	28	27,90	79,90	28,4	27,2	72



Gambar 5. 6 Grafik Perbandingan Suhu Sensor 3 dan Alat Ukur



Gambar 5. 7 Grafik Perbandingan Kelembapan Sensor 3 dan Alat Ukur

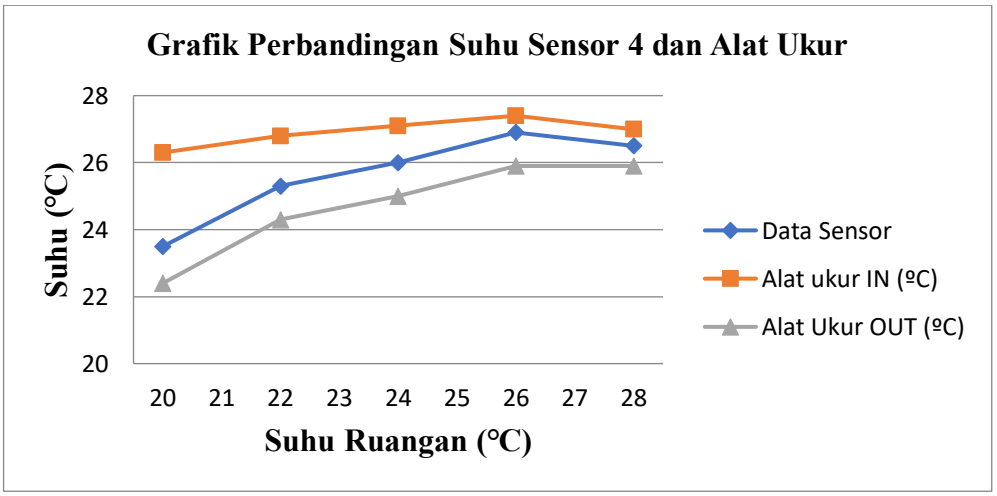
Analisis Data Hasil Pengujian Sensor 3

Sensor 3 mencatat suhu yang secara umum lebih tinggi dibandingkan sensor lainnya dan alat ukur referensi, dengan selisih berkisar antara 1,0°C hingga 3,5°C. Sensor ini juga menunjukkan pembacaan kelembapan yang lebih tinggi dibandingkan alat ukur, terutama pada suhu 26°C dan 28°C, di mana selisihnya cukup besar. Meskipun tren perubahan suhu dan kelembapan sensor ini sejalan dengan alat ukur, nilai absolutnya lebih besar, sehingga Sensor 3 perlu dikalibrasi untuk menyesuaikan pembacaannya agar lebih akurat.

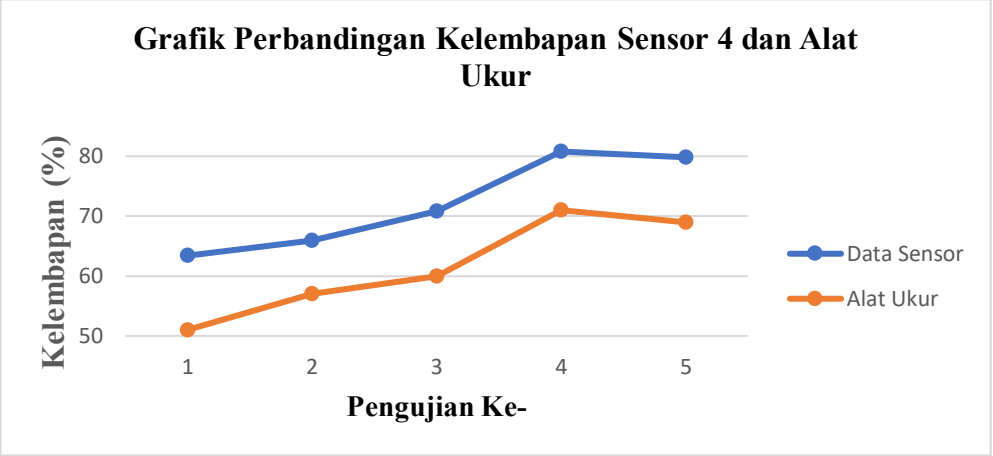
2.4 Pengujian Sensor Ke-4

Tabel 5. 4 Hasil Pengujian Sensor 4

No	Suhu (ºC)	Data Sensor		Alat ukur		
		Suhu (ºC)	Kelembapan (%)	IN (ºC)	OUT (ºC)	Kelembapan (%)
1	20	23,50	63,40	26,3	22,4	51
2	22	25,30	65,90	26,8	24,3	57
3	24	26,00	70,80	27,1	25,0	60
4	26	26,90	80,80	27,4	25,9	71
5	28	26,50	79,80	27,0	25,9	69



Gambar 5. 8 Grafik Perbandingan Suhu Sensor 4 dan Alat Ukur

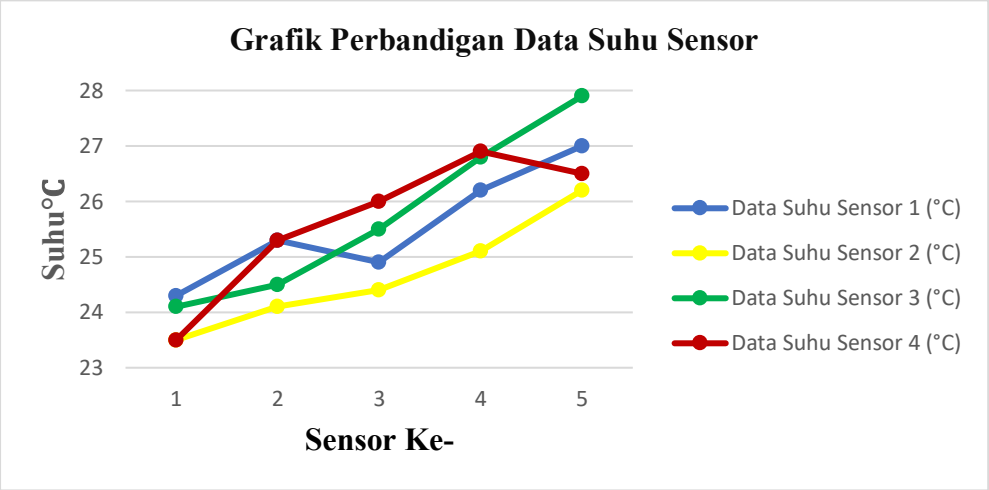


Gambar 5. 9 Grafik Perbandingan Kelembapan Sensor 4 dan Alat Ukur

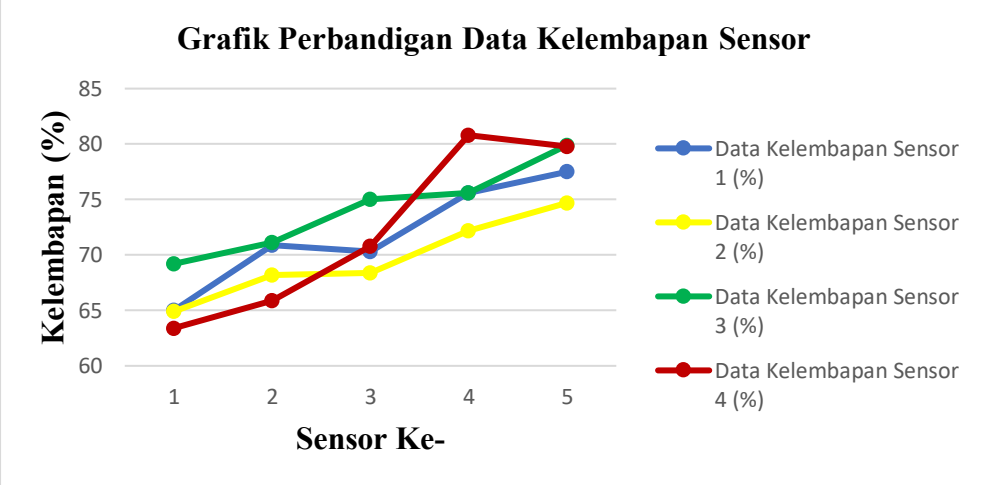
Analisis Data Hasil Pengujian Sensor 4

Sensor 4 menunjukkan pembacaan suhu yang relatif mendekati alat ukur dibandingkan sensor lainnya, dengan selisih berkisar antara 0,5°C hingga 3,3°C. Namun, perbedaan terbesar pada Sensor 4 terletak pada pembacaan kelembapan, di mana terdapat deviasi signifikan terutama pada suhu 26°C dan 28°C. Kelembapan yang terukur oleh sensor ini lebih tinggi dibandingkan alat ukur, dengan selisih mencapai hampir 10% pada suhu tertentu. Oleh karena itu, meskipun pembacaan suhunya cukup baik, Sensor 4 tetap membutuhkan kalibrasi khusus pada aspek kelembapan agar lebih akurat.

Grafik Perbandingan Suhu & Kelembapan pada Data Sensor



Gambar 5. 10 Grafik Perbandingan Seluruh Data Suhu Sensor



Gambar 5. 11 Grafik Perbandingan Seluruh Data Kelembapan Sensor

Beberapa anomali ditemukan dalam pengujian ini. Salah satu yang paling mencolok adalah pada Sensor 1 dan 2, di mana suhu yang tercatat pada **24°C** lebih rendah dibandingkan suhu pada **22°C**, yang mungkin disebabkan oleh faktor lingkungan atau ketidakstabilan sensor pada suhu tertentu. Selain itu, Sensor 4 menunjukkan nilai kelembapan yang lebih tinggi dibandingkan sensor lainnya,

terutama pada suhu **26°C**, yang mencapai **80.80%**, jauh di atas alat ukur maupun sensor lainnya. Hal ini bisa disebabkan oleh tingkat kepekaan sensor yang lebih tinggi terhadap perubahan kelembapan atau faktor eksternal yang memengaruhi pembacaan.

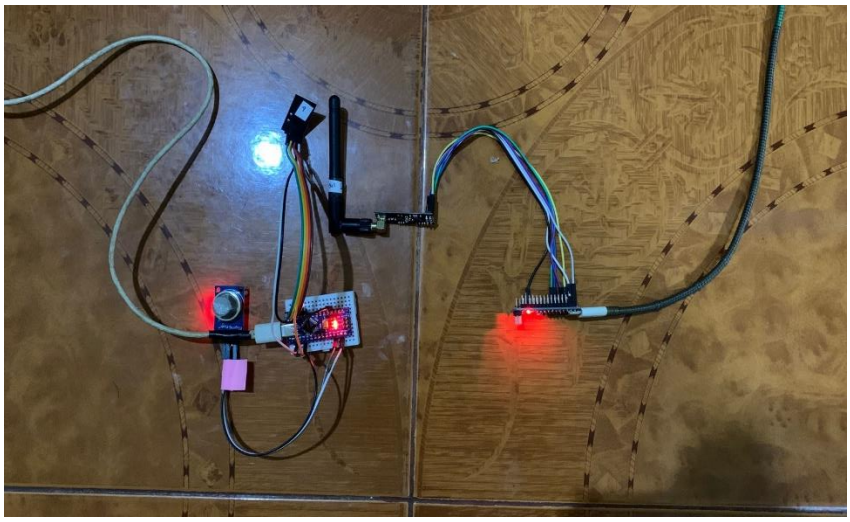
Secara keseluruhan, keempat sensor menunjukkan pola perubahan suhu dan kelembapan yang sesuai dengan tren alat ukur, namun dengan variasi dalam tingkat akurasi. Sensor 2 dan Sensor 4 memiliki akurasi suhu yang lebih baik dibandingkan Sensor 1 dan Sensor 3, tetapi Sensor 4 mengalami deviasi kelembapan yang lebih tinggi. Untuk meningkatkan akurasi dalam aplikasi nyata, keempat sensor ini memerlukan kalibrasi, terutama dalam aspek kelembapan, agar data yang diperoleh lebih akurat dan sesuai dengan standar alat ukur.

B. Pengujian Sensor MQ-135

1. Langkah-Langkah Pengambilan Data Sensor MQ-135

Untuk melakukan pengambilan data dengan sensor MQ-135, pertama kami menyiapkan alat seperti sensor MQ-135, mikrokontroler (Arduino Uno/Nano), kabel jumper, dan komputer dengan Arduino IDE. Rakit perangkat keras dengan menghubungkan VCC, GND, dan DATA sensor ke mikrokontroler. Selanjutnya, program mikrokontroler menggunakan Arduino IDE, lalu cek data lewat Serial Monitor. Setelah semuanya telah terkonfigurasi maka dilakukan proses pengukuran parameter Gas Amonia seperti halnya pada proses pengukuran Suhu dan Kelembapan yakni menggunakan 4 sensor berbeda dengan masing-masing sensor dilakukan 5 kali pengambilan data, kemudian mencatat hasil data yang diperoleh.

1. Gambar Rangkaian Pengujian Sensor MQ-135



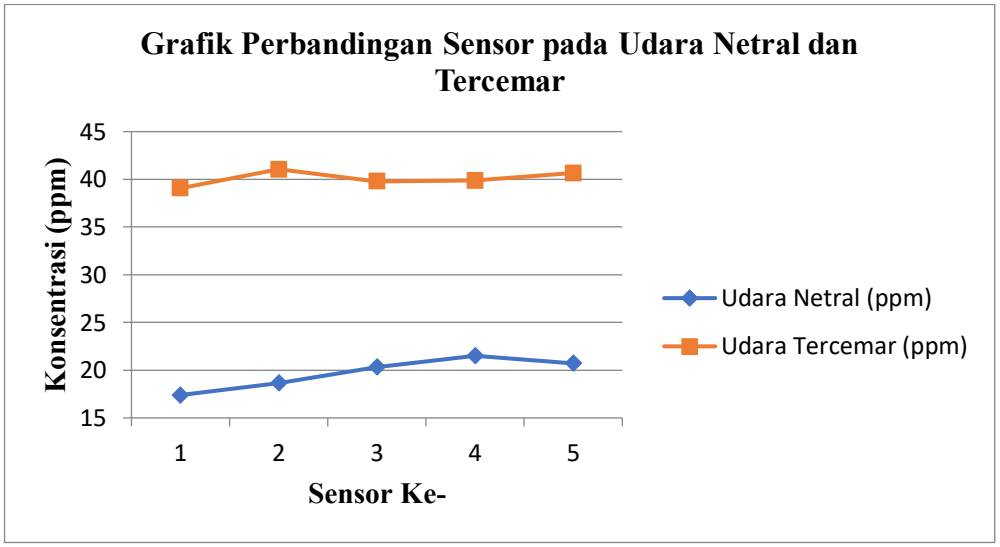
Gambar 5. 12 Rangkaian Pengujian Sensor MQ-135

2. Tabel dan Analisis Data Hasil Pengujian Sensor MQ-135

2.1 Pengujian Sensor Ke-1

Tabel 5. 5 Tabel Hasil Pengujian Sensor Gas Amonia 1

No	Sensor Ke-1	Udara Netral (ppm)	Udara Tercemar (ppm)
1	Pengujian ke-1	17,40	39,07
2	Pengujian ke-2	18,67	41,06
3	Pengujian ke-3	20,33	39,78
4	Pengujian ke-4	21,51	39,88
5	Pengujian ke-5	20,72	40,66



Gambar 5. 13 Grafik Perbandingan Udara Netral dan Tercemar pada Sensor 1

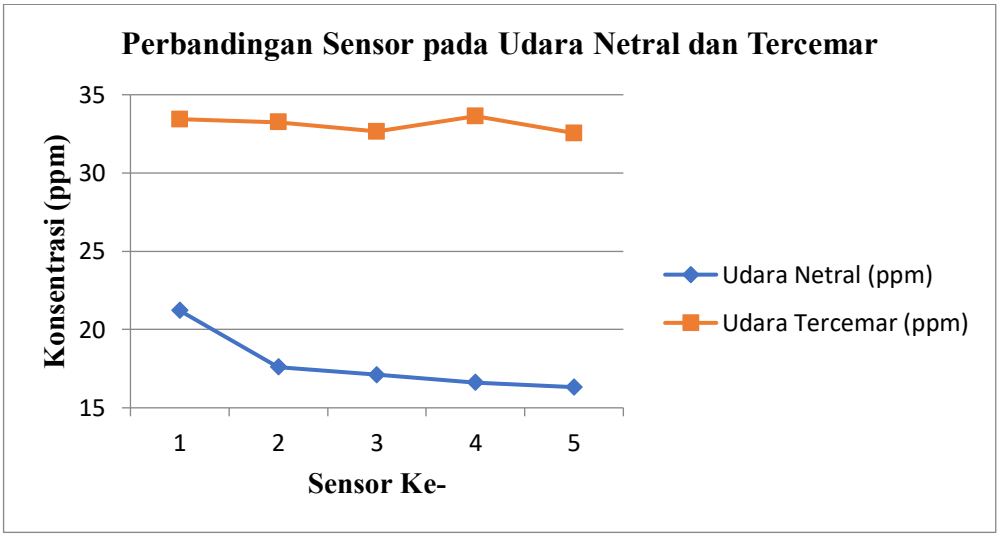
Analisis Data Hasil Pengujian Sensor 1

Hasil pengujian sensor gas amonia (NH3) menunjukkan bahwa keempat sensor memiliki sensitivitas yang baik dalam mendeteksi perubahan konsentrasi NH3 di udara, baik dalam kondisi netral maupun tercemar. Sensor 1 mencatat kadar NH3 dalam udara netral dengan kisaran 17.40 hingga 21.51 ppm, sedangkan dalam udara tercemar meningkat signifikan menjadi 39.78 hingga 49.07 ppm, dengan rata-rata peningkatan 2-3 kali lipat. Hal ini menunjukkan bahwa sensor ini mampu merespons perubahan lingkungan dengan cukup baik, meskipun masih terdapat sedikit fluktuasi dalam kadar NH3 pada udara tercemar.

2.2 Pengujian Sensor Ke-2

Tabel 5. 6 Hasil Pengujian Sensor Gas Amonia 2

No	Sensor Ke-2	Udara Netral (ppm)	Udara Tercemar (ppm)
1	Pengujian ke-1	21,21	33,43
2	Pengujian ke-2	17,60	33,24
3	Pengujian ke-3	17,11	32,65
4	Pengujian ke-4	16,62	33,63
5	Pengujian ke-5	16,32	32,55



Gambar 5. 14 Grafik Perbandingan Udara Netral dan Tercemar pada Sensor 2

Analisis Data Hasil Pengujian Sensor 2

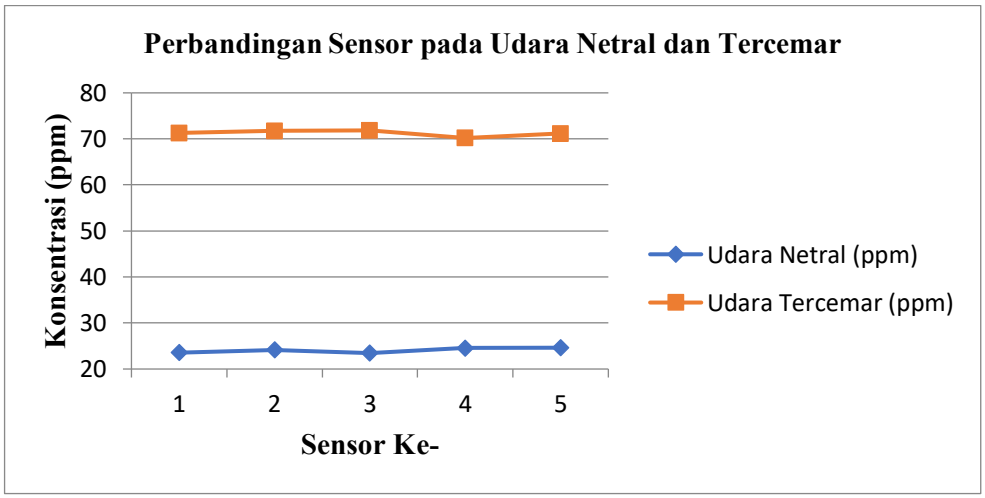
Sensor 2 menunjukkan kadar NH3 dalam udara netral yang lebih rendah dibandingkan Sensor 1, yaitu 16.32 hingga 21.21 ppm. Begitupun pada kondisi udara tercemar, yaitu 32,55 hingga 33,63 ppm. Namun, pada sensor 2 ini terjadi anomali dimana pada kondisi normal proses pembacaan sensor akan bertambah

tinggi seiring dengan massa kotoran yang semakin bertambah pula tetapi pada proses pembacaan sensor baik dalam kondisi normal dan tercemar relatif menurun. Tetapi juga mengalami fluktuasi pada kondisi udara tercemar yang mungkin dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti kelembapan atau suhu.

2.3 Pengujian Sensor Ke-3

Tabel 5. 7 Hasil Pengujian Sensor Gas Amonia 3

No	Sensor Ke-3	Udara Netral (ppm)	Udara Tercemar (ppm)
1	Pengujian ke-1	23,56	71,26
2	Pengujian ke-2	24,14	71,75
3	Pengujian ke-3	23,46	71,85
4	Pengujian ke-4	24,54	70,19
5	Pengujian ke-5	24,63	71,16



Gambar 5. 15 Grafik Perbandingan Udara Netral dan Tercemar pada Sensor 3

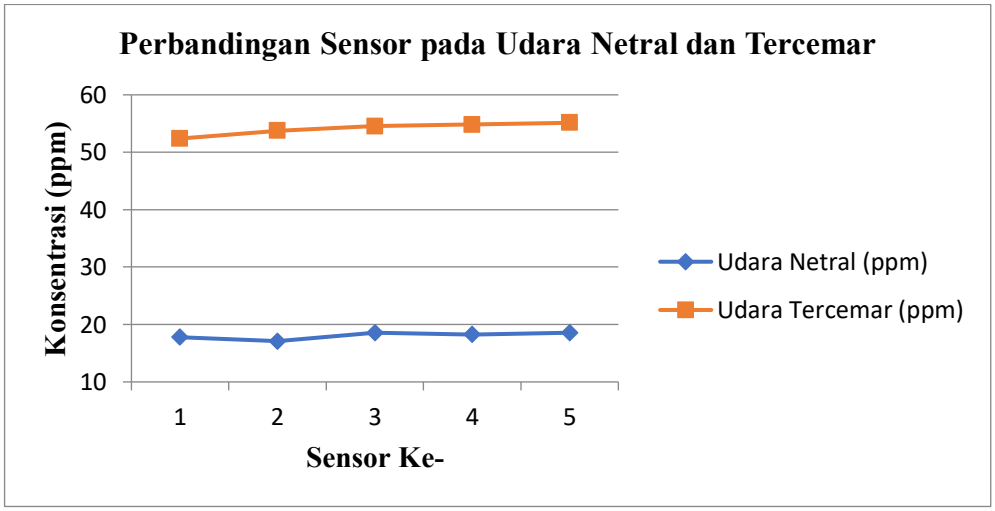
Analisis Data Hasil Pengujian Sensor 3

Sensor 3 mencatat kadar NH3 dalam udara netral dengan nilai tertinggi dibandingkan sensor lainnya, yaitu 23.46 hingga 29.54 ppm. Dalam udara tercemar, kadar NH3 meningkat tajam hingga 70.16 hingga 71.85 ppm, dengan peningkatan hampir tiga kali lipat dari kadar udara netral. Sensor ini memiliki kestabilan yang sangat baik karena perubahan kadar NH3 dalam udara tercemar relatif kecil dan berkisar di sekitar 70 - 71 ppm. Hasil ini menunjukkan bahwa Sensor 3 memiliki keakuratan dan keandalan yang lebih tinggi dibandingkan Sensor 1 dan 2, serta menunjukkan respons yang stabil terhadap gas amonia dalam kondisi tercemar.

2.4 Pengujian Sensor Ke-4

Tabel 5. 8 Hasil Pengujian Sensor Gas Amonia 4

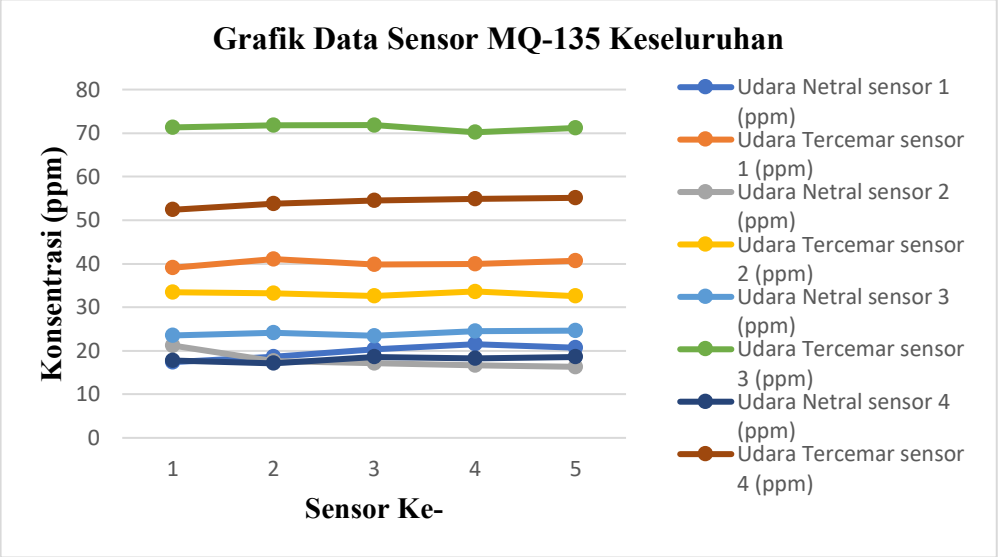
No	Sensor Ke-4	Udara Netral (ppm)	Udara Tercemar (ppm)
1	Pengujian ke-1	17,79	52,39
2	Pengujian ke-2	17,11	53,76
3	Pengujian ke-3	18,57	54,55
4	Pengujian ke-4	18,28	54,84
5	Pengujian ke-5	18,57	55,13



Gambar 5. 16 Grafik Perbandingan Udara Netral dan Tercemar pada Sensor 4

Analisis Data Hasil Pengujian Sensor 4

Sensor 4 memiliki pola perubahan yang paling konsisten dibandingkan sensor lainnya. Dalam udara netral, kadar NH3 yang terdeteksi berada pada rentang 17.41 hingga 18.57 ppm, yang relatif stabil dengan perbedaan nilai yang sangat kecil. Sementara itu, dalam udara tercemar, kadar NH3 meningkat secara bertahap hingga 52.39 hingga 55.13 ppm, menunjukkan peningkatan yang hampir linear. Sensor ini memiliki respons yang lebih terprediksi dibandingkan sensor lainnya, menjadikannya sensor dengan pola perubahan NH3 yang paling stabil dan konsisten.



Gambar 5. 17 Grafik Perbandingan Data Sensor Keseluruhan

Dari hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa semua sensor menunjukkan peningkatan kadar NH3 dalam udara tercemar dengan rata-rata kenaikan 2 hingga 3 kali lipat dibandingkan udara netral. Sensor 3 mencatat kadar NH3 tertinggi dalam udara tercemar, 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 sensor gas amonia yang diuji memiliki kepekaan yang baik

terhadap perubahan kadar NH3, namun masih perlu optimasi dalam hal stabilitas dan akurasi untuk aplikasi di kandang ayam.

C. Pengujian NRF24L01

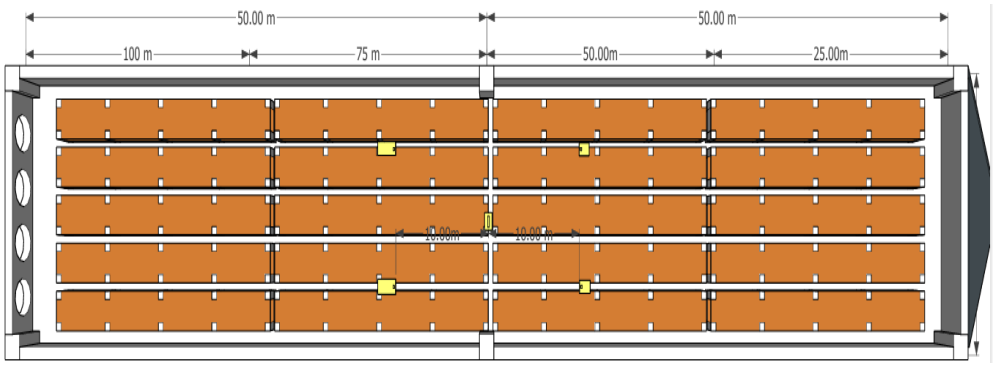
1. Pengujian Jarak 10 Meter

Pengujian NRF24L01 dilakukan dengan 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*. *Delay* merupakan waktu yang dibutuhkan data untuk menempuh jarak dari asal ke tujuan. *Delay* dipengaruhi oleh jarak, media fisik atau waktu proses yang begitu lama (Rusdan, 2017).

Pengujian *delay* merupakan menghitung waktu tertunda saat paket menempuh jarak yang diakibatkan oleh proses transmisi dari satu titik menuju titik yang menjadi tujuannya. Rumus mendapatkan *delay* sebagai berikut :

$$\text{Rata-rata } delay = \frac{\text{Total Delay}}{\text{Total Paket diterima}}$$

Gambar peletakan *Transmitter* dapat dilihat padaa gambar dibawah ini.



Gambar 5. 18 Denah Peletakan *Transmitter* jarak 10 Meter

a) Box 1

Tabel 5.9 Pengujian NRF24L01 jarak 10 meter Box 1

No	Waktu		Box Ke-	Kualitas Udara		
	Tanggal	Jam(Wita)		S (ºC)	K (%)	PPM
1	31/7/2025	13:49:44	Box 1	32	68	153
2	31/7/2025	13:49:45	Box 1	32	68	221
3	31/7/2025	13:49:46	Box 1	32	68	291
4	31/7/2025	13:49:48	Box 1	32	68	338
5	31/7/2025	13:49:50	Box 1	32	68	362
6	31/7/2025	13:49:53	Box 1	32	68	367
7	31/7/2025	13:49:54	Box 1	32	68	362
8	31/7/2025	13:49:56	Box 1	32	68	355
9	31/7/2025	13:49:59	Box 1	32	68	346
10	31/7/2025	13:50:01	Box 1	32	68	338
11	31/7/2025	13:50:03	Box 1	32	68	330
12	31/7/2025	13:50:05	Box 1	32	68	323
13	31/7/2025	13:50:07	Box 1	32	68	317
14	31/7/2025	13:50:09	Box 1	32	68	312
15	31/7/2025	13:50:11	Box 1	32	68	308
16	31/7/2025	13:50:13	Box 1	32	68	304
17	31/7/2025	13:50:15	Box 1	32	68	300
18	31/7/2025	13:50:17	Box 1	32	68	297
19	31/7/2025	13:50:19	Box 1	32	68	294
20	31/7/2025	13:50:21	Box 1	32	68	292
21	31/7/2025	13:50:24	Box 1	32	68	289
22	31/7/2025	13:50:26	Box 1	32	68	287
23	31/7/2025	13:50:27	Box 1	32	67	285
24	31/7/2025	13:50:30	Box 1	32	67	283
25	31/7/2025	13:50:32	Box 1	32	67	282
26	31/7/2025	13:50:34	Box 1	32	67	279
27	31/7/2025	13:50:36	Box 1	32	67	278
28	31/7/2025	13:50:38	Box 1	32	67	276
29	31/7/2025	13:50:40	Box 1	32	67	273
30	31/7/2025	13:50:42	Box 1	32	66	272
31	31/7/2025	13:50:44	Box 1	32	67	271

Menghitung *Delay*

Berdasarkan tabel 5.9 total paket yang diterima adalah 31 paket dalam waktu 1 menit dengan total *delay* selama 61 detik maka didapatkan rata-rata *delay* yaitu 1,96 detik.

b) Box 2

Tabel 5.10 Pengujian NRF24L01 jarak 10 meter Box 2

No	Waktu		Box Ke-	Kualitas Udara		
	Tanggal	Jam(Wita)		S (ºC)	K (%)	PPM
1	31/7/2025	14:12:40	Box 2	35	58	335
2	31/7/2025	14:12:40	Box 2	35	58	402
3	31/7/2025	14:12:42	Box 2	35	59	455
4	31/7/2025	14:12:45	Box 2	35	58	490
5	31/7/2025	14:12:46	Box 2	35	58	510
6	31/7/2025	14:12:48	Box 2	35	58	526
7	31/7/2025	14:12:51	Box 2	35	58	535
8	31/7/2025	14:12:53	Box 2	35	58	542
9	31/7/2025	14:12:55	Box 2	35	58	546
10	31/7/2025	14:12:57	Box 2	35	59	549
11	31/7/2025	14:12:59	Box 2	35	59	551
12	31/7/2025	14:13:01	Box 2	35	58	552
13	31/7/2025	14:13:03	Box 2	35	58	552
14	31/7/2025	14:13:05	Box 2	35	59	552
15	31/7/2025	14:13:07	Box 2	35	59	552
16	31/7/2025	14:13:10	Box 2	35	59	550
17	31/7/2025	14:13:11	Box 2	35	59	548
18	31/7/2025	14:13:13	Box 2	35	59	548
19	31/7/2025	14:13:16	Box 2	35	59	546
20	31/7/2025	14:13:18	Box 2	35	59	545
21	31/7/2025	14:13:20	Box 2	35	59	544
22	31/7/2025	14:13:21	Box 2	35	59	542
23	31/7/2025	14:13:24	Box 2	35	59	541
24	31/7/2025	14:13:26	Box 2	35	59	540
25	31/7/2025	14:13:28	Box 2	35	59	538
26	31/7/2025	14:13:30	Box 2	35	59	537
27	31/7/2025	14:13:32	Box 2	35	59	535
28	31/7/2025	14:13:34	Box 2	35	59	534
29	31/7/2025	14:13:36	Box 2	35	59	532
30	31/7/2025	14:13:38	Box 2	35	59	530
31	31/7/2025	14:13:40	Box 2	35	59	529

Menghitung *Delay*

Berdasarkan tabel 5.10 total paket yang diterima adalah 31 paket dalam waktu 1 menit dengan total *delay* selama 60 detik maka didapatkan rata-rata *delay* yaitu 1,93 detik.

c) Box 3

Tabel 5.11 Pengujian NRF24L01 jarak 10 meter Box 3

No	Waktu		Box Ke-	Kualitas Udara		
	Tanggal	Jam(Wita)		S (ºC)	K (%)	PPM
1	31/7/2025	14:27:01	Box 3	32	69	289
2	31/7/2025	14:27:01	Box 3	32	69	384
3	31/7/2025	14:27:03	Box 3	32	69	450
4	31/7/2025	14:27:04	Box 3	32	69	517
5	31/7/2025	14:27:06	Box 3	32	69	552
6	31/7/2025	14:27:09	Box 3	32	69	581
7	31/7/2025	14:27:11	Box 3	32	69	596
8	31/7/2025	14:27:13	Box 3	32	69	607
9	31/7/2025	14:27:15	Box 3	32	69	611
10	31/7/2025	14:27:17	Box 3	32	69	601
11	31/7/2025	14:27:19	Box 3	32	69	600
12	31/7/2025	14:27:21	Box 3	32	69	590
13	31/7/2025	14:27:23	Box 3	32	69	586
14	31/7/2025	14:27:25	Box 3	32	69	580
15	31/7/2025	14:27:28	Box 3	32	69	576
16	31/7/2025	14:27:29	Box 3	32	69	568
17	31/7/2025	14:27:31	Box 3	32	69	556
18	31/7/2025	14:27:34	Box 3	32	69	560
19	31/7/2025	14:27:36	Box 3	32	69	548
20	31/7/2025	14:27:38	Box 3	32	69	550
21	31/7/2025	14:27:39	Box 3	32	69	540
22	31/7/2025	14:27:42	Box 3	32	69	541
23	31/7/2025	14:27:44	Box 3	32	69	529
24	31/7/2025	14:27:46	Box 3	32	69	530
25	31/7/2025	14:27:48	Box 3	32	69	523
26	31/7/2025	14:27:50	Box 3	32	69	516
27	31/7/2025	14:27:52	Box 3	32	69	510
28	31/7/2025	14:27:54	Box 3	32	69	505
29	31/7/2025	14:27:56	Box 3	32	69	502
30	31/7/2025	14:27:58	Box 3	32	69	496
31	31/7/2025	14:28:01	Box 3	32	69	495

Menghitung *Delay*

Berdasarkan tabel 5.11 total paket yang diterima adalah 31 paket dalam waktu 1 menit dengan total *delay* selama 60 detik maka didapatkan rata-rata *delay* yaitu 1,93 detik.

d) Box 4

Tabel 5.12 Pengujian NRF24L01 jarak 10 meter Box 4

No	Waktu		Box Ke-	Kualitas Udara		
	Tanggal	Jam(Wita)		S (ºC)	K (%)	PPM
1	31/7/2025	14:38:28	Box 4	32	71	257
2	31/7/2025	14:38:29	Box 4	32	71	320
3	31/7/2025	14:38:30	Box 4	32	71	354
4	31/7/2025	14:38:32	Box 4	32	71	368
5	31/7/2025	14:38:34	Box 4	32	71	371
6	31/7/2025	14:38:36	Box 4	32	71	367
7	31/7/2025	14:38:38	Box 4	32	71	361
8	31/7/2025	14:38:40	Box 4	32	71	355
9	31/7/2025	14:38:42	Box 4	32	71	351
10	31/7/2025	14:38:44	Box 4	32	71	346
11	31/7/2025	14:38:46	Box 4	32	71	339
12	31/7/2025	14:38:48	Box 4	32	71	332
13	31/7/2025	14:38:50	Box 4	32	71	326
14	31/7/2025	14:38:52	Box 4	32	71	321
15	31/7/2025	14:38:54	Box 4	32	71	315
16	31/7/2025	14:38:57	Box 4	32	71	313
17	31/7/2025	14:38:59	Box 4	32	71	309
18	31/7/2025	14:39:00	Box 4	32	71	305
19	31/7/2025	14:39:03	Box 4	32	71	302
20	31/7/2025	14:39:05	Box 4	32	71	299
21	31/7/2025	14:39:07	Box 4	32	71	296
22	31/7/2025	14:39:09	Box 4	32	71	293
23	31/7/2025	14:39:11	Box 4	32	71	291
24	31/7/2025	14:39:13	Box 4	32	71	289
25	31/7/2025	14:39:15	Box 4	32	71	287
26	31/7/2025	14:39:17	Box 4	32	71	285
27	31/7/2025	14:39:19	Box 4	32	71	282
28	31/7/2025	14:39:21	Box 4	32	71	280
29	31/7/2025	14:39:24	Box 4	32	71	278
30	31/7/2025	14:39:25	Box 4	32	71	276
31	31/7/2025	14:39:27	Box 4	32	71	274

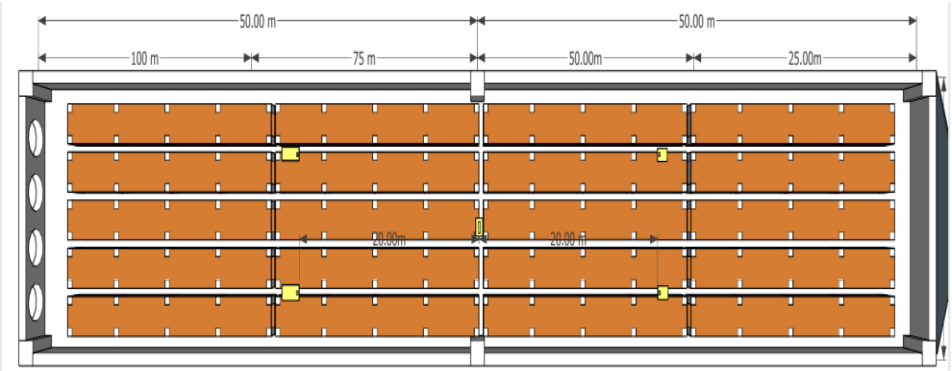
Menghitung *Delay*

Berdasarkan tabel 5.12 total paket yang diterima adalah 31 paket dalam waktu 59 detik dengan total *delay* selama 59 detik maka didapatkan rata-rata *delay* yaitu 1,90 detik.

Hasil pengujian NRF24L01 pada jarak 10 meter diketahui bahwa proses pengiriman data dari *Transmitter* ke *Receiver* terjadi *delay* didalamnya, dengan rata-rata *delay* box 1 sampai box 4 adalah 1,9 detik.

2. Pengujian Jarak 20 Meter

Gambar peletakan *Transmitter* dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 5. 19 Denah Peletakan *Transmitter* jarak 20 Meter

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

a) Box 1

Tabel 5.13 Pengujian NRF24L01 jarak 20 meter Box 1

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*

Berdasarkan tabel 5.13 total 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.

b) Box 2

Tabel 5.14 Pengujian NRF24L01 jarak 20 meter Box 2

No	Waktu		Box Ke-	Kualitas Udara		
	Tanggal	Jam		S (ºC)	K (%)	PPM
1	31/7/2025	15:12:45	Box 2	31	76	200
2	31/7/2025	15:12:46	Box 2	31	77	265
3	31/7/2025	15:12:48	Box 2	31	76	324
4	31/7/2025	15:12:50	Box 2	31	76	369
5	31/7/2025	15:12:52	Box 2	31	76	402
6	31/7/2025	15:12:54	Box 2	31	76	425
7	31/7/2025	15:12:56	Box 2	31	76	440
8	31/7/2025	15:12:58	Box 2	31	76	452
9	31/7/2025	15:13:00	Box 2	31	76	460
10	31/7/2025	15:13:02	Box 2	31	76	464
11	31/7/2025	15:13:04	Box 2	31	76	468
12	31/7/2025	15:13:07	Box 2	31	76	469
13	31/7/2025	15:13:08	Box 2	31	76	471
14	31/7/2025	15:13:10	Box 2	31	76	471
15	31/7/2025	15:13:12	Box 2	31	76	471
16	31/7/2025	15:13:15	Box 2	31	76	471
17	31/7/2025	15:13:17	Box 2	31	76	470
18	31/7/2025	15:13:18	Box 2	31	76	469
19	31/7/2025	15:13:21	Box 2	31	76	469
20	31/7/2025	15:13:23	Box 2	31	76	468
21	31/7/2025	15:13:25	Box 2	31	76	467
22	31/7/2025	15:13:27	Box 2	32	76	466
23	31/7/2025	15:13:29	Box 2	32	75	465
24	31/7/2025	15:13:31	Box 2	32	76	465
25	31/7/2025	15:13:33	Box 2	32	76	464
26	31/7/2025	15:13:35	Box 2	32	76	463
27	31/7/2025	15:13:37	Box 2	32	76	462
28	31/7/2025	15:13:39	Box 2	32	75	461
29	31/7/2025	15:13:42	Box 2	32	76	460
30	31/7/2025	15:13:43	Box 2	32	76	458
31	31/7/2025	15:13:45	Box 2	32	76	458

Menghitung *Delay*

Berdasarkan tabel 5.13 total paket yang diterima adalah 31 paket dalam waktu 1 menit dengan total *delay* selama 60 detik maka didapatkan rata-rata *delay* yaitu 1,93 detik.

c) Box 3

Tabel 5.15 Pengujian NRF24L01 jarak 20 meter Box 3

No	Waktu		Box Ke-	Kualitas Udara		
	Tanggal	Jam		S (ºC)	K (%)	PPM
1	31/7/2025	15:25:07	Box 3	31	78	339
2	31/7/2025	15:25:07	Box 3	31	78	347
3	31/7/2025	15:25:08	Box 3	31	78	362
4	31/7/2025	15:25:10	Box 3	31	78	364
5	31/7/2025	15:25:12	Box 3	31	78	365
6	31/7/2025	15:25:14	Box 3	31	78	370
7	31/7/2025	15:25:16	Box 3	31	78	366
8	31/7/2025	15:25:18	Box 3	31	78	367
9	31/7/2025	15:25:20	Box 3	31	78	359
10	31/7/2025	15:25:22	Box 3	31	78	356
11	31/7/2025	15:25:25	Box 3	31	78	361
12	31/7/2025	15:25:27	Box 3	31	78	352
13	31/7/2025	15:25:28	Box 3	31	78	349
14	31/7/2025	15:25:31	Box 3	31	78	349
15	31/7/2025	15:25:33	Box 3	31	78	350
16	31/7/2025	15:25:35	Box 3	31	78	346
17	31/7/2025	15:25:37	Box 3	31	78	345
18	31/7/2025	15:25:39	Box 3	31	78	340
19	31/7/2025	15:25:41	Box 3	31	78	336
20	31/7/2025	15:25:43	Box 3	31	78	333
21	31/7/2025	15:25:45	Box 3	31	78	332
22	31/7/2025	15:25:47	Box 3	31	78	332
23	31/7/2025	15:25:49	Box 3	31	78	333
24	31/7/2025	15:25:51	Box 3	31	78	330
25	31/7/2025	15:25:53	Box 3	31	77	333
26	31/7/2025	15:25:55	Box 3	31	77	335
27	31/7/2025	15:25:58	Box 3	31	77	321
28	31/7/2025	15:26:00	Box 3	31	78	327
29	31/7/2025	15:26:01	Box 3	31	78	324
30	31/7/2025	15:26:04	Box 3	31	78	329
31	31/7/2025	15:26:06	Box 3	31	78	313

Menghitung *Delay*

Berdasarkan tabel 5.13 total paket yang diterima adalah 31 paket dalam waktu 59 detik dengan total *delay* selama 59 detik maka didapatkan rata-rata *delay* yaitu 1,90 detik.

d) Box 4

Tabel 5.16 Pengujian NRF24L01 jarak 20 meter Box 4

No	Waktu		Box Ke-	Kualitas Udara		
	Tanggal	Jam		S (ºC)	K (%)	PPM
1	31/7/2025	15:38:00	Box 4	31	78	178
2	31/7/2025	15:38:01	Box 4	31	78	208
3	31/7/2025	15:38:01	Box 4	31	78	232
4	31/7/2025	15:38:03	Box 4	31	78	247
5	31/7/2025	15:38:06	Box 4	31	77	256
6	31/7/2025	15:38:08	Box 4	31	77	260
7	31/7/2025	15:38:10	Box 4	31	77	262
8	31/7/2025	15:38:12	Box 4	31	77	261
9	31/7/2025	15:38:14	Box 4	31	77	259
10	31/7/2025	15:38:16	Box 4	31	77	258
11	31/7/2025	15:38:18	Box 4	31	77	257
12	31/7/2025	15:38:20	Box 4	31	77	254
13	31/7/2025	15:38:22	Box 4	31	77	253
14	31/7/2025	15:38:24	Box 4	31	77	252
15	31/7/2025	15:38:26	Box 4	31	77	250
16	31/7/2025	15:38:28	Box 4	31	77	249
17	31/7/2025	15:38:30	Box 4	31	77	247
18	31/7/2025	15:38:33	Box 4	31	77	246
19	31/7/2025	15:38:35	Box 4	31	77	245
20	31/7/2025	15:38:36	Box 4	31	77	244
21	31/7/2025	15:38:39	Box 4	31	76	242
22	31/7/2025	15:38:41	Box 4	31	76	241
23	31/7/2025	15:38:43	Box 4	31	76	240
24	31/7/2025	15:38:45	Box 4	31	76	239
25	31/7/2025	15:38:47	Box 4	31	76	238
26	31/7/2025	15:38:49	Box 4	31	76	237
27	31/7/2025	15:38:51	Box 4	31	76	237
28	31/7/2025	15:38:53	Box 4	31	76	236
29	31/7/2025	15:38:55	Box 4	31	76	235
30	31/7/2025	15:38:59	Box 4	31	76	234
31	31/7/2025	15:39:01	Box 4	31	76	233

Menghitung *Delay*

Berdasarkan tabel 5.13 total paket yang diterima adalah 31 paket dalam waktu 61 detik dengan total *delay* selama 61 detik maka didapatkan rata-rata *delay* yaitu 1,96 detik.

Hasil pengujian NRF24L01 pada jarak 20 meter diketahui bahwa proses pengiriman data dari *Transmitter* ke *Receiver* juga terjadi *delay* didalamnya, dengan rata-rata *delay* box 1 sampai box 4 adalah 1,9 detik. Hal ini menunjukkan bahwa *delay* antara jarak 10 meter dan 20 meter adalah sama sehingga dapat disimpulkan bahwa *delay* yang terjadi pada proses pengiriman data dari *Transmitter* ke *Receiver* tidak signifikan dipengaruhi oleh jarak.

D. Pengujian Alat dan Analisis Hasil Pengujian

1. Implementasi Alat Dalam Kandang Ayam

Setelah melakukan proses pengujian dan kalibrasi pada sensor dan perakitan pada box telah dirampungkan, maka kami melakukan uji coba alat secara keseluruhan pada kandang ayam. Data pada box *Transmitter* akan dikirimkan pada *Receiver* untuk ditampilkan pada LCD I2C 20x4 kemudian menyimpan dalam data logger.

Adapun hasil pengujian dalam kandang ayam dalam dilihat dalam tabel berikut:

Tabel 5. 17 Data Hasil Pengujian Dalam Kandang Ayam

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

2. Analisis Data Hasil Pengujian

Pemantauan kondisi mikroklimat dalam kandang ayam selama beberapa jam 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 berkisar antara 29 hingga 33°C dimana suhu tertinggi terdapat pada box 2. Sedangkan, suhu dalam kandang ayam mengalami penurunan secara bertahap mulai pukul

15.00 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 83%, sedangkan box 2 menunjukkan nilai rata-rata terendah yakni 78,4%. 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 392 ppm, dengan nilai puncak diatas 500 ppm. Nilai ini jauh melebihi ambang batas aman untuk ternak aym karena dapat mempengaruhi saluran pernafasan serta menurunkan performa produksi. Sebaliknya, box 3 menunjukkan nilai kadar gas amonia yang relatif rendah dengan rata-rata 149,5 ppm. Terjadinya perbedaan yang signifikan antar sensor terkadang dipengaruhi oleh distribusi ventilasi atau aliran udara yang tidak merata dalam kandang ayam. Namun, terkadang juga dipengaruhi dari kondisi sensor yang mungkin memerlukan kalibrasi lebih lanjut.

5.2 Pengujian Pemecahan Masalah

1. Evaluasi Terhadap Rumusan Masalah

Evaluasi terhadap rumusan masalah terkait implementasi *Wireless Sensor Network* untuk pemetaan kualitas udara dalam kandang dilakukan dengan menguji solusi yang telah dirancang berdasarkan rumusan masalahnya, Rumusan masalah yang diangkat adalah "Bagaimana caranya memantau parameter kualitas udara yang baik bagi kesehatan ayam?, Bagaimana merancang instrumentasi pemantauan tersebut dengan berbasis WSN? Serta bagaimana WSN dapat memberikan infomasi terkait data kualitas udara secara *realtime*?". Solusi yang kemudian dihasilkan adalah dengan menggunakan sensor DHT22 dan MQ-135 untuk mengukur suhu dan kelembapan serta kadar gas amonia yang optimal sesuai dengan masa perkembangan ayam. Sensor-sensor yang ada terintegrasi satu sama lain dan dikendalikan menggunakan Arduino Nano sebagai mikrokontroler, Data hasil pembacaan sensor akan ditampilkan pada Oled LCD 128x64 pada titik pengirim (*Trasmitter*) kemudian akan dikirimkan secara *nirkabel* dengan menggunakan NRF24L01 sebagai media transmisinya kepada titik penerima (*Receiver*) untuk ditampilkan secara *realtime* menggunakan *Liquid Crystal Display* (LCD) 20x4.

2. Evaluasi Efektivitas Solusi:

Keberhasilan dari pengujian sistem menunjukkan bahwa sensor mampu mengukur kualitas udara dalam kandang ayam berupa suhu, kelembapan serta kadar gas amonia dengan baik. Kemudian data tersebut ditrasmisikan secara

WSN dari titik pengirim (*Transmitter*) kepada titik penerima (*Receiver*) kemudian ditampilkan pada *Liquid Crystal Display* (LCD) secara *realtime*. Namun, masih terdapat beberapa hal yang perlu dikembangkan pada penelitian berikutnya yakni data pada hasil pembacaan sensor terdapat kondisi dimana terjadi *fluktuasi* artinya terjadi perbedaan hasil pembacaan sensor satu dengan sensor lainnya, hal tersebut bisa saja terjadi karena memang adanya perbedaan kadar kualitas udara dalam kandang seperti distribusi ventilasi ataupun sirkulasi udara yang tidak merata, hal lainnya yang mampu mempengaruhi adalah faktor dari sensornya sendiri sehingga perlu dilakukannya kalibrasi lebih lanjut. Selain itu hal yang masih harus dikembangkan adalah komunikasi nirkabel antara *transmitter* dan *receiver* masih tergolong pendek sehingga dibutuhkan pengembangan yang memiliki *range* transmisi data yang lebih jauh.

3. Rancangan Sistem Instrumentasi Pemetaan Pemantauan Kualitas Udara dapat Memberikan Informasi secara *realtime*.

Rumusan masalah yang diangkat adalah "Bagaimana merancang sistem instrumentasi pemantau kualitas udara dengan berbasis *Wireless Sensor Network* dan memberikan informasi secara *realtime*? Solusi yang diuji adalah sensor-sensor pemantau kualitas udara diletakkan pada 4 titik sebagai pengirim (*Transmitter*) sehingga dapat menjangkau seluruh daerah dalam kandang ayam secara ideal kemudian mengirimkan data tersebut pada titik penerima (*receiver*) untuk kemudian diproses serta ditampilkan pada LCD 20x4 secara *realtime* dan disimpan pada mini data logger.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pengukuran kualitas udara dalam kandang ayam secara *wireless sensor network* sudah berjalan dengan optimal. Namun, terdapat kendala pada data hasil pembacaan sensor yang terkadang *fluktuatif* dan data yang dikirim ke *Receiver* belum diketahui kapan waktu pembacaan dan pengiriman data tersebut dilakukan. Solusi yang disarankan untuk mengatasi masalah ini adalah dengan melakukan kalibrasi lebih lanjut terhadap sensor sebelum digunakan dan menambahkan komponen *Real Time Clock* (RTC) pada titik pengirim (*Receiver*). Kendala lain yang perlu dikembangkan adalah proses transmisi data *Transmitter* dan *Receiver* yang tidak maksimal yang dipengaruhi beberapa faktor utama yaitu jarak jangkau NRF24L01 yang relatif pendek.

4. Analisis Efektivitas Solusi.

   Analisis efektivitas solusi merupakan suatu proses evaluasi yang bertujuan untuk menilai sejauh mana suatu solusi yang diterapkan mampu menjawab permasalahan utama dan memenuhi rumusan masalah yang telah ditetapkan. Dalam analisis ini, tidak hanya dilihat apakah solusi tersebut dapat mengatasi permasalahan secara langsung, namun juga apakah solusi mampu memberikan dampak nyata, terukur, dan berkelanjutan.

Evaluasi Terhadap Masalah

Tabel 5. 18 Masalah, Solusi, Pengujian, Dampak Terhadap Masalah

Rumusan Masalah	**Solusi yang Diuji**	**Hasil Pengujian**	**Dampak Terhadap Masalah**
Bagaimana cara memantau dan merancang sistem instrumentasi pemantauan kualitas udara yang baik dalam kandang ayam berbasis WSN	Menggunakan sensor DHT22, MQ-135, Arduino Nano yang saling terintegrasi satu sama lain. Kemudian menggunakan NRF24L01 sebagai media transmisi data secara nirkabel	Akurat 95% pada pembacaan suhu dan kelembapan. Namun, pada pembacaan gas amonia terdapat perbedaan yang signifikan antar sensor	Kualitas udara dalam kandang ayam dapat dipantau secara *realtime*, namun perlu dilakukan kalibrasi lebih lanjut pada sensor MQ-135
Bagaimana cara sistem berbasis WSN dapat memberikan data akurat secara *realtime* tentang kualitas udara	Data hasil pembacaan sensor pada box pengirim (*Transmitter*) dikirim ke box penerima (*Receiver*) untuk disimpan pada mini data logger kemudian menampilkan secara *realtime* menggunakan LCD I2C 20x4	Berhasil mengirimkan data via NRF24L01 kemudian disimpan dan ditampilkan pada LCD I2C 20x4 secara *realtime*	Kualitas udara dalam kandang dapat dipantau secara *realtime* tanpa harus menggunakan alat ukur manual

5. Pengukuran Dampak Solusi terhadap Masalah Awal.

   Pengukuran dampak solusi terhadap awal masalah merupakan langkah penting dalam menilai keberhasilan suatu tindakan perbaikan. Proses ini fokus pada perbandingan kondisi sebelum dan sesudah solusi diterapkan, sehingga dapat terlihat sejauh mana perubahan yang terjadi benar-benar

berhubungan dengan penyelesaian masalah inti. Dampak yang dimaksud tidak hanya terbatas pada hasil langsung, tetapi juga mencakup perubahan jangka panjang yang mungkin muncul setelah solusi dijalankan. Oleh karena itu, pengukuran ini bertujuan untuk memastikan bahwa solusi yang dipilih tidak hanya sekedar mengurangi gejala, tetapi juga menuntaskan akar permasalahan.

Dampak terhadap pemantauan kualitas udara (Suhu, Kelembapan dan Gas Amonia)

Tabel 5. 19 Dampak terhadap pemantauan kualitas udara

Indikator	**Sebelum Implementasi**	**Setelah Implementasi**	**Dampak**
Metode Pengukuran	Manual (Menggunakan *Thermometer*)	Otomatis (Hanya dengan memantau pada *Box Receiver*)	Lebih cepat & *realtime*
Akurasi	±80%	±95%	Lebih akurat
Pemerataan pemantauan	Belum merata, terkadang pekerja hanya memantau di beberapa titik terdekat saja	Merata disemua titik pemantauan yang telah dtentukan	Efisiensi waktu meningkat

BAB VI

PENUTUP

6.1 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 maupun kondisi ekstrim, artinya kondisinya *fluktuatif* berdasarkan kondisi dalam kandang secara nyata. serta mengirimkan ke data tersebut ke titik penerima (*server/receiver*) menggunakan NRF24L01 sebagai media trasmisi data secara nirkabel.

Pengujian yang dilakukan menunjukkan data hasil pembacaan sensor yang ditransmisikan secara nirkabel menggunakan *Wireless Sensor Network* dapat dikirim dan diterima dengan baik oleh *Receiver* kemudian ditampilkan pada LCD 20x4. Data hasil pengujian pengiriman data menggunakan NRF24L01 mendapatkan hasil bahwa transmisi data antar node *transmitter* ke *receiver* terjadi *delay*, rata-rata *delay* antar semua node *transmitter* adalah 1,9 detik pada jarak 10 meter maupun 20 meter sehingga dapat disimpulkan bahwa *delay* yang terjadi dalam proses transmisi data tidak signifkan dipengaruhi oleh jarak antar node. Data hasil pengujian dalam kandang ayam pada box 4 *Transmitter* jarak 5-30 meter pada pukul 13.00 Wita menunjukkan data suhu 32ºC, kelembapan

75% dan gas amonia 206 PPM dan pada pukul 15.15 Wita menunjukkan suhu 29ºC, kelembapan 83% dan gas amonia 189 PPM. Hasil ini menunjukkan perubahan kualitas udara secara *fluktuatif* yang ada dalam kandang ayam secara *realtime*. Data pembacaan kadar gas amonia menunjukkan adanya anomali antar sensor sehingga perlu dilakukan kalibrasi lebih lanjut. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa sistem ini mampu memberikan manfaat bagi peternak seperti kemudahan untuk memantau kualitas udara di beberapa tempat dalam kandang ayam secara *realtime* dan efisiensi waktu *monitoring*. Namun, disisi lain masih terdapat hal yang masih menjadi bahan evaluasi misalnya jarak transmisi data atau proses komunikasi nirkabel Menggunakan NRF24L01 masih tergolong pendek.

Dalam proses pengujian jarak *Wireless Sensor Network* menggunakan NRF24L01 rata-rata stabilitas dan konsistensi pengiriman data berada pada jarak 5-40 meter, melihat dari kisaran panjang rata-rata kandang ayam broiler berkisar kurang lebih 100 meter maka tentunya kurang tepat apabila digunakan dalam jangka panjang, Sehingga perlu dilakukannya pengembangan lebih lanjut menggunakan *Wireless Sensor Network* dengan *range* jarak transmisi datanya lebih jauh.

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*.

6.2 Saran

1. Identifikasi Area Perbaikan.

   Secara keseluruhan sistem telah berfungsi dengan baik, namun terdapat beberapa aspek yang masih perlu ditingkatkan yaitu :

   a. Data hasil pembacaan sensor MQ-135 terjadi *fluktuatif* yang begitu signifikan antar sensor.
   b. Rentang jarak jangkau proses transmisi pengiriman data serta komunikasi jaringan masih tergolong pendek.
   c. Penempatan *Box Receiver* masih kurang tepat.

2. Usulan Modifikasi.

   a. Untuk mengurangi terjadinya perbedaan hasil pembacaan pada sensor MQ-135 perlu dilakukannya kalibrasi lebih lanjut menggunakan alat kalibrasi khusus untuk sensor MQ-135 sebelum digunakan.
   b. Jarak rentang proses transmisi data dan komunikasi jaringan menggunakan NRF24L01 masih tergolong pendek, sehingga diperlukan pengembangan lebih lanjut menggunakan transmisi data *Wireless Sensor Network* dengan jarak jangkau yang lebih jauh seperti menggunakan *Lo-Ra*.
   c. Penempatan *Box Receiver* yang kurang ideal dapat diatasi dengan penambahan jumlah titik pemantauan (*Transmitter*) pada pengembangan berikutnya misalnya menempatkan 1 titik pemantauan ditengah-tengah kandang, Kemudian *Box Receiver* ditempatkan diluar kandang sehingga proses pemantauan lebih efektif dan efisien.

Salah satu hal yang dapat diujikan pada pengembangan berikutnya adalah dengan merancang sistem pemantauan kualitas udara dalam kandang ayam berbasis *Internet Of Thinks* (*IoT*).

DAFTAR PUSTAKA

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.

DHT22 – Pin diagram, sirkuit dan aplikasinya. (n.d.). ElProCus. https://www.elprocus.com/dht22-pin-diagram-circuit-and-its-applications/

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.

Umbu, ABS. (2023, Juni 2023). Analisis Grafik Karakteristik Sensitivitas MQ-135 Untuk Menentukan Persamaan Hubungan Antara ppm dan Rs/Ro. file:///C:/Users/user/Downloads/314-Article%20Text-334-1-10-20240308.pdf

BAB II Landasan Teori Arduino Nano. (n.d.). *Eprints ITN Repository*. https://eprints.itn.ac.id/13267/3/BAB%20II.pdf