

## **Sistem Pemantauan Kualitas Udara Menggunakan Dua Koneksi Nirkabel**

**Aidatu Yumma Khanza<sup>1\*</sup>, Ratnasari Nur Rohmah<sup>2</sup>, Bambang Hari Purwoto<sup>3</sup>**

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jl. A. Yani, Mendungan, Pabelan, Kec. Kartasura, Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah 57162

\*Corresponding Author

E-mail Address: [d400200150@student.ums.ac.id](mailto:d400200150@student.ums.ac.id)

### **ABSTRAK**

Sistem pemantauan kualitas udara menggunakan dua koneksi nirkabel, yaitu dengan piranti LoRa (Long Range) dan ESP32, merupakan suatu sistem yang dirancang untuk memantau dan mengumpulkan data kualitas udara dari berbagai tempat secara realtime dan wireless. Pada sistem terdapat dua alat yaitu, perangkat mobile dan perangkat penerima. Pada perangkat mobile, pengukuran parameter menggunakan dua sensor yaitu sensor DHT11 dan sensor dust sharp. Sensor DHT11 berfungsi untuk mengecek kondisi suhu dan kelembapan disekitar alat ini, sedangkan Sensor debu GP2Y1010AU0F digunakan untuk mengukur kadar debu. Kemudian data ini akan diolah oleh Arduino nano dan dikirimkan ke perangkat tetap secara wireless menggunakan LoRa. Kemudian sinyal yang diterima LoRa pada perangkat tetap akan diolah oleh ESP32, lalu data ini akan ditampilkan pada sebuah lcd tft, selain itu data akan dikirim ke blynk melalui koneksi wifi. Alat ini juga dilengkapi oleh buzzer yang akan menyala ketika konsentrasi debu melebihi batas yang ditentukan. Meskipun tidak terdapat jaringan internet alat ini masih mampu bekerja mengukur kadar debu, suhu dan kelembapan, dan mengirimkan data melalui LoRa keperangkat tetap. Untuk pengujian LoRa dengan metode LOS (Line of Sight), LoRa masih dapat bekerja di rentang jarak 0-250 m, sedangkan untuk metode NLOS (Non-Line of Sight) LoRa masih dapat bekerja di rentang 0-100 m. Untuk koneksi melalui internet, pengujian alat memperlihatkan data berhasil dikirimkan ke aplikasi blynk.

**Kata kunci: Blynk, Debu, ESP32, LoRa, Suhu, Udara, Wireless.**

### **ABSTRACT**

Air quality monitoring system using two wireless connections, namely with LoRa (Long Range) and ESP32 devices, is a system designed to monitor and collect air quality data from various places in real time and wirelessly. In the system there are two tools, namely, mobile devices and receiving devices. On the mobile device, parameter measurements use two sensors, namely the DHT11 sensor and the dust sharp sensor. The DHT11 sensor serves to check the temperature and humidity conditions around this tool, while the GP2Y1010AU0F dust sensor is used to measure dust levels. Then this data will be processed by Arduino nano and sent to a fixed device wirelessly using LoRa. Then the signal received by LoRa on the fixed device will be processed by ESP32, then this data will be displayed on a tft lcd, besides that the data will be sent to blynk via a wifi connection. This tool is also equipped with a buzzer that will turn on when the dust concentration exceeds the specified limit. Although there is no internet network this tool is still able to work measuring dust levels, temperature and humidity, and sending data via LoRa to a fixed device. For LoRa testing with the LOS (Line of Sight) method, LoRa can still work in the 0-250 m range, while for the NLOS (Non-Line of Sight) method LoRa can still work in the 0-100 m range. For connections via the internet, testing the tool shows the data is successfully sent to the blynk application.

**Keywords: Blynk, Dust, ESP32, LoRa, Temperature, Air, Wireless.**

## **PENDAHULUAN**

Indonesia merupakan salah satu Negara yang memiliki perkembangan di sektor industri yang pesat, hal tersebut tentunya berpengaruh pada lingkungan hidup termasuk kualitas udara. Udara merupakan pencampuran dari berbagai gas yang dibutuhkan makhluk hidup untuk melangsungkan kehidupannya, terutama manusia (Putri et al., 2020). Komposisi udara normal mengandung sebanyak 78,1% nitrogen, 20,93% oksigen dan 0,03% karbon dioksida. Udara juga mengandung berbagai macam gas, seperti gas argon, neon, kripton, xenon, helium, uap air, debu, bakteri, spora, dan sisa tumbuh-tumbuhan (A. Nugroho et al., 2023);(Paithankar et al., 2023).

Pada sepuluh tahun terakhir, kualitas udara sudah menjadi perhatian global yang mendesak terutama di Indonesia (Iqbal & Hermanto, 2017). Pertumbuhan industri, peningkatan jumlah kendaraan bermotor, serta banyak sekali aktivitas manusia yang sudah berkontribusi terhadap penurunan kualitas udara (Novelan, 2020). Menurut data AirVisual yang ditampilkan oleh AQI (*Air Quality Index*), Indonesia berada di urutan ke-9 sebagai negara paling berpolusi di dunia dan DKI Jakarta merupakan urutan ke 202 sebagai kota yang paling berpolusi di dunia (A. Nugroho et al., 2023).

Kualitas udara merupakan faktor penting bagi kesehatan manusia dan merupakan perhatian jangka panjang (Novelan, 2020). Terutama di daerah perkotaan, karena akan berpengaruh langsung terhadap kesehatan masyarakat maupun kenyamanan kota (Alfakihuddin et al., 2024). Timbulnya kualitas udara ini berasal dari aktivitas alam maupun dari aktivitas manusia. Kualitas udara cukup memprihatinkan dalam kondisi sekarang ini. Banyak sekali kegiatan manusia yang dibuat sehingga menghasilkan pencemaran udara (Hasanuddin & Herdianto, 2023).

Pencemaran udara merupakan masalah lingkungan yang sering menjadi perhatian masyarakat dan pemerintah (Munabbih et al., 2020). Salah satu jenis pencemaran udara yang cukup serius adalah pencemaran gas NH<sub>3</sub>, CO, dan CO<sub>2</sub>. Gas-gas ini dapat terbentuk dari aktivitas manusia seperti kendaraan bermotor, industri, dan pertanian. Peningkatan konsentrasi gas-gas ini di udara dapat berdampak negative bagi kesehatan manusia dan lingkungan (Y. C. Nugroho et al., 2023).

Macam-macam pencemaran dapat dibedakan berdasarkan pada tempat terjadinya, macam bahan pencemarnya, dan tingkat pencemaran (Kurnianto et al., 2022). Menurut tempat terjadinya, pencemaran dapat digolongkan menjadi tiga, yaitu pencemaran udara, air, dan tanah. Untuk pencemaran udara dapat berupa gas dan partikel (Arifin, 2023).

Salah satu indikator polusi udara yaitu debu. Karena debu terdiri dari partikel berukuran mikroskopis yang dapat tetap tersuspensi di udara untuk jangka waktu yang lama, debu, terutama partikel debu halus seperti PM<sub>2.5</sub> dan PM<sub>10</sub> (Adnantha & Kusuma, 2018). Partikel PM<sub>2.5</sub> (dengan diameter kurang dari 2,5 mikrometer) dan PM<sub>10</sub> (dengan diameter kurang dari 10 mikrometer) sangat berbahaya karena dapat masuk ke paru-paru dan memasuki jaringan tubuh lainnya. Indikator yang lain diantaranya suhu dan kelembapan. Suhu dan kelembapan yang tinggi juga dapat memengaruhi reaksi kimia atmosfer, yang meningkatkan pembentukan ozon dan partikel organik sekunder (Pratiwi & Handayani, 2021). Untuk mengetahui apakah layak atau tidak udara dalam suatu area atau ruangan khusus, maka dibutuhkan sebuah alat yang dapat memantau tingkat kualitas udara (Putro et al., 2020)

Beberapa peneliti telah mengembangkan sistem pemantauan kualitas udara. Salah satu peneliti, mengembangkan sistem pendeteksian kualitas udara berbasis

mikrokontroler Arduino Uno, MQ-135, sensor gas MQ-7, sensor debu, sensor DHT22, modul ESP-8266, dan modul MicroSD yang terintegrasi dengan aplikasi website (Novelan, 2020). Penelitian lain sistem dibangun dengan menggunakan Arduino Nano, NodeMCU, sensor debu, sensor gas MQ-2, MQ-7, dan sensor DHT11 serta website dengan fitur push notification. Hasil yang diperoleh adalah sistem monitoring yang mampu menampilkan kualitas udara dengan fitur push notification pada website (Ikhwan Prayoga et al., 2020). Penelitian yang dilakukan oleh Nugroho berfokus pada perancangan dan implementasi sistem monitoring berbasis mikrokontroler Arduino Uno dan sensor seperti MQ135, MQ136, dan DHT11. Sistem ini menyediakan pemantauan kualitas udara secara real-time, sehingga memungkinkan tindakan cepat diambil untuk memperbaiki lingkungan (A. Nugroho et al., 2023). Berbeda dengan ketiga peneliti diatas, pada penelitian ini akan di kembangkan sistem pemantauan kualitas udara berbasis nirkabel dengan menggunakan dua koneksi wireless, yaitu dengan piranti LoRa dan ESP32. Pada sistem ini memiliki dua perangkat yaitu perangkat mobile dan perangkat tetap. Perangkat mobile ini bisa digunakan untuk mengukur kualitas udara di berbagai lokasi yang berbeda dengan mobilitas tinggi. Perangkat tetap berfungsi sebagai pusat pengolahan data yang menerima dan menyimpan data dari perangkat mobile. Perangkat tetap ini menggunakan modul ESP32 untuk mengirimkan data yang diterima ke server atau cloud melalui koneksi WiFi, sehingga data dapat diakses secara real-time melalui aplikasi web atau mobile. ESP32 juga menampilkan data pada layar TFT jadi jika terdapat internet data masih bisa dipantau dari layar TFT. Keunggulan dari sistem ini adalah kemampuan untuk memantau kualitas udara secara real-time di berbagai lokasi, serta fleksibilitas dalam

pengumpulan data yang dapat dilakukan oleh perangkat mobile.

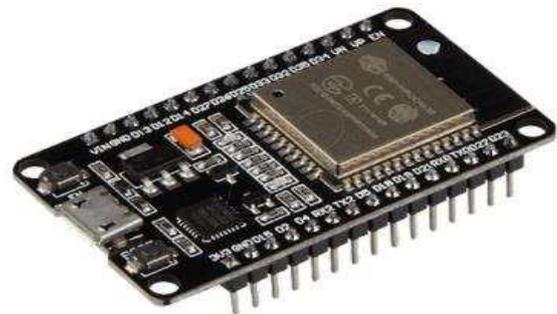
Tujuan penelitian ini adalah menganalisis sistem pemantauan kualitas udara menggunakan dua koneksi nirkabel.

## **METODE PENELITIAN**

Metode penelitian ini adalah kaji eksperimental pada sistem pemantauan kualitas udara. Tujuan penelitian ini ialah merancang sistem pemantauan kualitas udara menggunakan dua koneksi nirkabel, yaitu dengan piranti LoRa (Long Range) dan ESP32. Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam perancangan sebagai berikut:

### **Persiapan Alat dan Bahan**

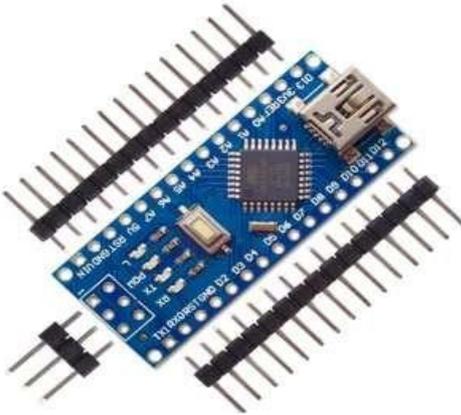
Dalam perancangan sistem pemantauan kualitas udara menggunakan dua koneksi *nirkabel*, alat dan bahan yang digunakan yaitu Nodemcu ESP32



Gambar 1. Nodemcu ESP32

ESP32 merupakan suatu modul mikrokontroler terintegrasi yang mempunyai fitur lengkap serta kinerja tinggi. Keunggulan yang dimiliki oleh ESP32 ialah dukungan untuk konektivitas WiFi (*wireless fidelity*) dan Bluetooth, memungkinkan komunikasi menggunakan berbagai perangkat dan jaringan *nirkabel*. Dengan WiFi ESP32 dapat terhubung ke internet untuk mengirim data ke server atau *cloud*, sedangkan Bluetooth digunakan untuk komunikasi jarak dekat.

### Arduino Nano



Gambar 2. Arduino Nano

Arduino Nano adalah salah satu varian mikrokontroler Arduino yang paling terkenal karena ukurannya yang kecil dan fleksibilitasnya untuk digunakan dalam berbagai proyek elektronik dan IoT. Memiliki empat belas pin input/output digital, 8 di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM, dan 8 pin analog input.

### LoRa SX1278

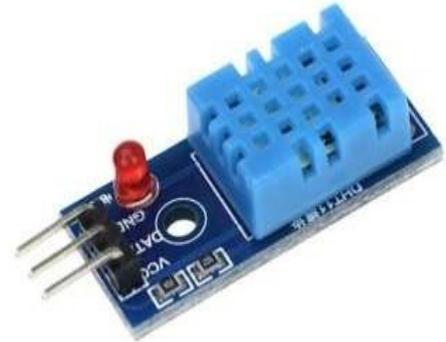


Gambar 3. LoRa SX1278

LoRa (*Long Range*) merupakan teknologi frekuensi radio *nirkabel* yang diproduksi dan dipatenkan oleh perusahaan Semtech, yang memiliki sensitivitas hingga -148 dBm dalam modulasi. Modul transceiver SX1278 yaitu sebuah seri LoRa dengan kualitas tinggi yang menyediakan fitur modem Long Range untuk komunikasi jarak

jauh dengan jangkauan 15-20 kilometer di area terbuka dan 2- 5 kilometer di area perkotaan atau dengan banyak halangan menggunakan daya rendah.

### Sensor DHT11



Gambar 4. Sensor DHT11

Sensor DHT11 merupakan sensor yang dapat mengukur suhu dan kelembapan disekitar sensor. Sensor ini memiliki rentang pengukuran suhu dari 0 hingga 50°C dengan akurasi  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  dan kelembapan dari 20 hingga 90% RH dengan akurasi  $\pm 5\%$  RH. Memiliki tegangan 3,3 sampai 5,5 volt membuatnya kompatibel dengan sejumlah mikrokontroler, seperti Arduino dan ESP32.

### Sensor Debu GP2Y1010AU0F



Gambar 5. Sensor debu GP2Y1010AU0F

Sensor debu, dengan model GP2Y1010AU0F, sering digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti pemantauan kualitas udara dalam ruangan, sistem AC, dan perangkat IoT

yang memantau polusi udara. Sensor ini dirancang untuk mendeteksi partikel debu di udara. Prinsip kerja sensor ini adalah deteksi optik: di dalamnya terdapat LED inframerah yang memancarkan cahaya, dan fotodiode di dalamnya mendeteksi cahaya yang tersebar yang disebabkan oleh partikel debu di udara. Intensitas cahaya yang tersebar sebanding dengan konsentrasi partikel debu di udara.

Panel surya 68x37 cm



Gambar 6. Panel surya 68x37 cm

Panel surya 68x37 cm menghasilkan energi listrik dari cahaya matahari. Kapasitas daya panel surya sangat beragam, tergantung pada efisiensi sel fotovoltaik yang digunakan. Namun, berdasarkan teknologi dan efisiensi sel surya, panel ukuran 68x37 cm biasanya dapat mengeluarkan 30 hingga 60 watt (W).

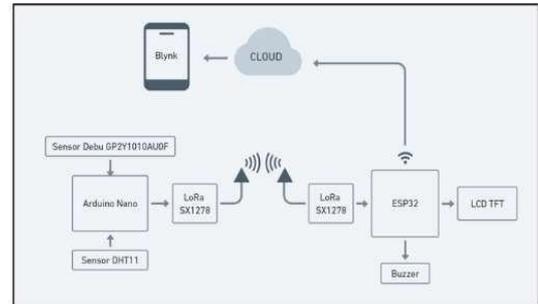
LCD TFT 1,8 inci



Gambar 7. LCD TFT 1,8 inci

Layar tampilan LCD TFT (Thin-Film Transistor) 1,8 inci menggunakan teknologi TFT untuk menampilkan grafis dan teks dalam berbagai aplikasi elektronik. Teknologi TFT memberikan tampilan yang jernih, tajam, dan berwarna. Layar berukuran 1,8 inci (sekitar 4,5 cm), yang membuatnya ideal untuk aplikasi yang membutuhkan layar kecil yang dapat dibawa.

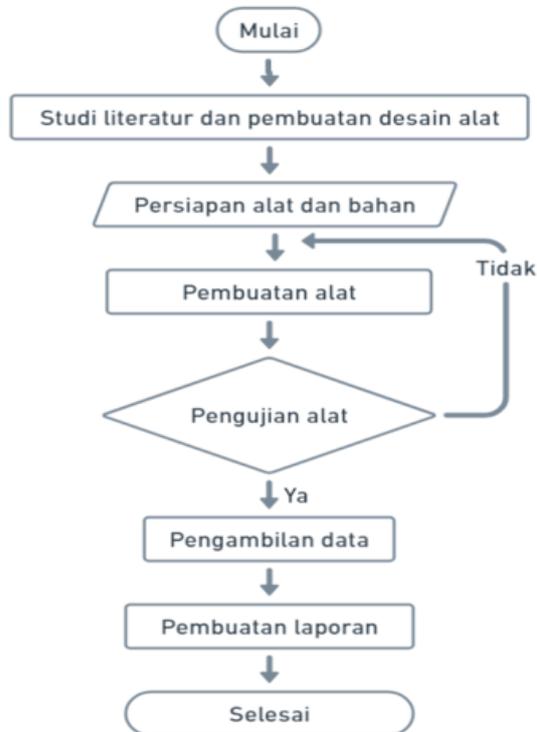
Perancangan Sistem



Gambar 8. Blok Diagram Sistem

Berdasarkan dari Gambar 8 diketahui bahwa pada perangkat *mobile* sensor DHT11 mendeteksi suhu dan kelembaban dan sensor debu GP2Y1010AU0F mendeteksi debu dan Arduino nano akan menerima data dan mengolah data. Kemudian data akan dikirim oleh LoRa perangkat *mobile*. Lalu LoRa perangkat penerima akan menerima data lalu data dikirim ke ESP32. Pada mikrokontroler ESP32 terdapat 2 output yaitu buzzer dan LCD TFT 1.8. ESP32 juga mengirimkan data ke aplikasi *blynk* di smartphone

Flowchart



Gambar 9. Flowchart

Pada Gambar 9, menunjukkan langkah-langkah penelitian ini. Pertama, penulis melakukan studi literatur untuk mendapatkan informasi tentang judul penelitian. Tahap ini

dilakukan dengan mengumpulkan informasi dari berbagai sumber, termasuk buku, internet, dan jurnal nasional dan internasional. Langkah berikutnya adalah menggunakan software untuk membuat sistem monitoring. Perancangan perangkat keras termasuk menentukan dan melihat spesifikasi mikrokontroler, sensor, dan LCD yang akan digunakan. Proses ini mencakup desain jalur schematic yang akan diterapkan pada PCB. Dibagian ini juga menentukan tegangan dan arus yang sesuai dengan spesifikasi komponen. Kemudian merancang komunikasi setiap sensor dan LCD dengan menghubungkan ke ESP32 dan aplikasi *blynk*

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Rancang Bangun Sistem Pemantauan Kualitas Udara Menggunakan Dua Koneksi Nirkabel. Perangkat keras alat ini dibuat menggunakan dua box hitam ukuran 14,8 x 9,7 x 5 cm. Untuk perangkat keras alat ini dapat dilihat pada Gambar 1.



(a) Perangkat *mobile*



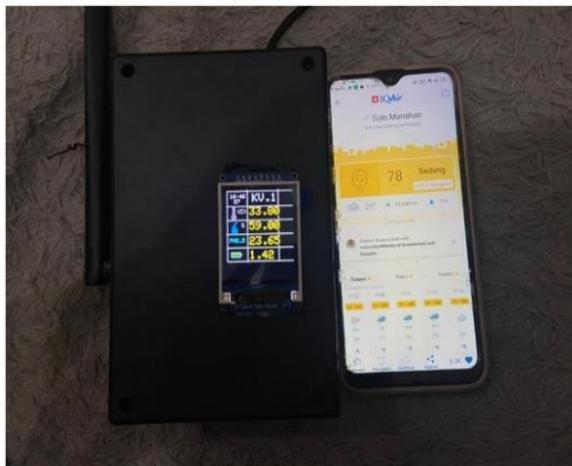
(b) Perangkat tetap

Gambar 10. Perangkat mobile dan perangkat tetap

Pada gambar 10, dapat dilihat bahwa pada perangkat *mobile* terdapat beberapa sensor yang di pasang pada bagian luar box, diantaranya yaitu sensor DHT11 dan sensor debu GP2Y1010AU0F. Sedangkan pada perangkat tetap terdapat LCD TFT pada bagian luar box. Untuk bagian dalam box perangkat tetap terdapat Arduino nano, modul charger, step-up 24v, LoRa, dan baterai. Sedangkan pada perangkat tetap terdapat LoRa, ESP32, dan buzzer.

#### Hasil Pengujian Alat

Pengujian Sensor debu GP2Y1010AU0F Komponen utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah sensor debu gp2y1010au0f, yang digunakan untuk mengukur kadar debu di udara. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan dan membandingkan pembacaan nilai sensor debu gp2y1010au0f yang ditampilkan perangkat tetap, dengan pembacaan nilai hasil pengukuran pada AQI. Test ini dilakukan di dalam ruangan setiap 1 jam sekali selama 10 jam.



Gambar 11. Pengujian Sensor Debu GP2Y1010AU0F

Tabel 1 merupakan hasil pengujian sensor debu gp2y1010au0f pada sistem pemantauan kualitas udara menggunakan dua koneksi *nirkabel* dengan aplikasi AQI. Pada tabel 1 dapat dilihat bahwa *error* paling besar terdapat pada pengukuran di jam ke 5 dengan nilai *error* sebesar 0,02941%, sedangkan *error* paling kecil terdapat pada

pengukuran di jam ke 7 dengan nilai *error* sebesar 0,00869% dan memiliki rata-rata *error* sebesar 0,01455%.

Tabel 1. Pengujian Sensor

No	Waktu	Kadar Debu ( $\mu\text{m}$ )		Error (%)
		GP2Y1010AU0 F	AQI	
1	Jam ke 1	23,65	23,9	0,01046
2	Jam ke 2	23,6	23,9	0,01255
3	Jam ke 3	23,64	23,9	0,01087
4	Jam ke 4	23,5	23,9	0,01673
5	Jam ke 5	23,1	23,8	0,02941
6	Jam ke 6	23,2	23,5	0,01276
7	Jam ke 7	22,8	23	0,00869
8	Jam ke 8	22,5	22,9	0,01746
9	Jam ke 9	22,2	22,6	0,01769
10	Jam ke 10	22,3	22,5	0,00888
Rata – rata Error				0,01455

#### Pengujian Sensor DHT11

Pengujian Sensor DHT11 dilakukan untuk mengetahui perbandingan suhu antara sensor dan *hygrometer thermometer* (HTC) menggunakan 10 percobaan yang dilakukan setiap 4 menit sekali. Tabel 2 memperlihatkan hasil pengujian, dapat dilihat bahwa *error* paling besar terdapat pada pengukuran di menit pertama dengan nilai *error* 0,07719%, dimana pada alat ukur HTC mendeteksi 28,5°C pada DHT11 mendeteksi 26,3°C. Sedangkan pengukuran *error* paling kecil terdapat pada pengukuran pada menit 12 dengan nilai *error* 0,00345% dimana pada alat ukur HTC mendeteksi 29°C, pada DHT11 mendeteksi 28,9°C. Presentase *error* yang terjadi disebabkan oleh alat pengukuran HTC yang memiliki pengukuran yang lebih besar daripada DHT11.



Gambar 12. Pengujian Sensor DHT11

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor DHT11 berdasarkan suhu

No.	Waktu	Suhu (°C)		Error (%)
		HTC	DHT11	
1	Menit ke 1	28,5	26,3	0,07719
2	Menit ke 4	29,5	27,7	0,06101
3	Menit ke 8	28,5	26,9	0,05614
4	Menit ke 12	29	28,9	0,00345
5	Menit ke 16	29	27,5	0,05172
6	Menit ke 20	29	28,7	0,01034
7	Menit ke 24	28,5	28,2	0,01052
8	Menit ke 28	28	27,6	0,01428
9	Menit ke 32	28,5	27,9	0,02105
10	Menit ke 36	30	28,7	0,04333
Rata – rata Error				0,034903

Pada tabel 2 dapat dilihat bahwa error paling besar terdapat pada pengukuran di menit pertama dengan nilai error 0,07719%, dimana pada alat ukur HTC mendeteksi 28,5°C pada DHT11 mendeteksi 26,3°C. Sedangkan pengukuran error paling kecil terdapat pada pengukuran pada menit 12 dengan nilai error 0,00345% dimana pada alat ukur HTC mendeteksi 29°C, pada DHT11 mendeteksi 28,9°C. Presentase error yang terjadi

disebabkan oleh alat pengukuran HTC yang memiliki pengukuran yang lebih besar daripada DHT11.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor DHT11 berdasarkan kelembaban

No.	Waktu	Kelembaban (%)		Error (%)
		HTC	DHT11	
1	Menit ke 1	68	63	0,07352
2	Menit ke 4	61	59	0,03225
3	Menit ke 8	62	58	0,06451
4	Menit ke 12	63	59	0,06349
5	Menit ke 16	66	64	0,03030
6	Menit ke 20	65	63	0,03076
7	Menit ke 24	65	62	0,01052
8	Menit ke 28	61	75	0,04615
9	Menit ke 32	65	61	0,06153
10	Menit ke 36	67	66	0,01492
Rata- rata Error				0,042795

Tabel 3 merupakan hasil pengujian hasil pengujian sensor dht11 berdasarkan kelembaban pada sistem pemantauan kualitas udara menggunakan dua koneksi *nirkabel* dengan HTC. Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa error paling besar terdapat pada pengukuran di menit 8 dengan nilai error sebesar 0,06451%, sedangkan error paling kecil terdapat pada pengukuran di menit ke 24 dengan nilai error sebesar 0,01052% dan memiliki rata-rata error sebesar 0,042795%.

Pengujian LoRa Metode LOS (*Line of Sight*)  
Pengujian LoRa dengan metode LOS merupakan pengambilan data diarea terbuka tanpa penghalang antara transmitter dan receiver seperti lapangan, area persawahan dan koridor tanpa dinding. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Hasil Pengujian LoRa metode LOS

No.	Jarak (meter)	Delay (detik)	Keterangan
1	50	-	Terbaca
2	100	-	Terbaca
3	150	0.5	Terbaca
4	200	1	Terbaca
5	250	2	Terbaca
6	300	>4	Tidak Terbaca

Tabel 4 memperlihatkan hasil pengujian dengan metode LOS menunjukkan bahwa proses pengiriman data berjalan dengan baik. Perangkat *mobile* Pada jarak 50 - 100 m, perangkat tetap dapat menerima data dan tidak ada *delay* dalam pengiriman data, ini menunjukkan data terkirim secara *real-time*. Sedangkan pada jarak 150 – 250 m, perangkat tetap dapat menerima data akan tetapi terdapat *delay* dalam pengiriman data. Namun ketika diuji pada jarak 300, perangkat tetap tidak dapat menerima data.

#### Pengujian LoRa metode NLOS (Non-Line of Sight)

Pengujian LoRa dengan metode NLOS merupakan pengambilan data di area dengan penghalang antara transmitter dan receiver seperti perumahan, gedung kampus atau area perkantoran. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5

Tabel 4. Hasil Pengujian LoRa metode NLOS

No.	Jarak (meter)	Delay (detik)	Keterangan
1	25	-	Terbaca
2	50	1	Terbaca
3	75	2	Terbaca
4	100	3	Terbaca
5	125	>3	Tidak Terbaca

Tabel 5 merupakan hasil uji dengan metode NLOS menunjukkan bahwa proses pengiriman data berjalan dengan baik. Penempatan perangkat *mobile* dengan jarak 25 – 125 m dari lokasi perangkat tetap. Pada

jarak 25 m, receiver dapat menerima data dan tidak ada *delay* dalam pengiriman data, ini menunjukkan data terkirim secara *real-time*. Sedangkan pada jarak 50 – 100 m, perangkat tetap dapat menerima data akan tetapi terdapat *delay* dalam pengiriman data. Namun ketika diuji pada jarak 125, perangkat tetap tidak dapat menerima data.

#### Pengujian Aplikasi *Blynk*



Gambar 13. Tampilan pada aplikasi *blynk*

Gambar 13, merupakan gambar dari tampilan pada aplikasi *blynk* di smartphone. Pada aplikasi *blynk* kita dapat mendapatkan informasi terkait suhu, kelembaban, kadar debu dan tegangan pada perangkat *mobile*. Hasil pengujian ini didapat bahwa data dapat dikirimkan melalui jaringan internet dengan data yang di tampilkan pada layar TFT.

#### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan diperoleh bahwa Sistem ini dapat berfungsi dengan baik dalam memantau kualitas udara secara *real-time* dengan akurasi tinggi dalam mengukur suhu, kelembapan, dan kepadatan debu. Penggunaan teknologi LoRa memungkinkan transmisi data jarak jauh dengan konsumsi daya yang rendah, sementara modul ESP32 memungkinkan pengiriman data ke aplikasi *Blynk* melalui koneksi internet. Sistem ini juga dilengkapi dengan buzzer yang meningkatkan kesadaran dan memungkinkan respons cepat ketika kondisi udara sangat buruk. Meskipun tanpa jaringan internet, alat ini tetap berfungsi untuk mengukur kadar debu, suhu, dan kelembapan serta mengirimkan data melalui LoRa ke perangkat tetap. Pengujian LoRa dengan metode LOS (Line of Sight) menunjukkan bahwa sistem dapat beroperasi pada jarak 0-250 meter,

sedangkan untuk metode NLOS (Non-Line Of Sight), sistem masih berfungsi pada jarak 0-100 meter. Pengujian koneksi internet menunjukkan bahwa data berhasil dikirimkan ke aplikasi Blynk.

## REFERENSI

- Adnantha, A. Y., & Kusuma, A. W. (2018). Implementasi Wireless Sensor Network untuk Otomatisasi Suhu Ruang dan Kelembaban Tanah pada Greenhouse Berbasis Web Server. *Jurnal Teknik Informatika*, 3(1), 14–21.
- Alfakihuddin, M. L. B., Hasyim, A., Kuraesin, A. D., Sena, B., & Radjawane, L. E. (2024). Peran Infrastruktur Hijau Perkotaan dalam Meningkatkan Kualitas Udara di Jakarta. *JURNAL UNITEK*, 17(1).
- Arifin, F. (2023). *Monitoring Data Cuaca (Suhu Dan Tekanan Udara) Serta Pola Konsentrasi Gas Nh3, Co, Dan Co2 Di Udara Menggunakan Bmp280 Dan Mq-135 Berbasis Lora*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Hasanuddin, M., & Herdianto, H. (2023). Sistem Monitoring dan Deteksi Dini Pencemaran Udara Berbasis Internet Of Things (IOT). *Journal of Computer System and Informatics (JoSYC)*, 4(4), 976–984.
- Ikhwan Prayoga, Triyanto, D. i, & Suhard. (2020). Sistem Monitoring Kualitas Udara Secara Realtime Dengan Peringatan Bahaya Kualitas Udara Tidak Sehat Menggunakan Push Notification. *Jurusan Rekayasa Sistem Komputer Dan Jurusan Sistem Informasi Universitas Tanjungpura*, 8(2).
- Iqbal, Z., & Hermanto, L. (2017). Sistem Monitoring Tingkat Pencemaran Udara Berbasis Teknologi Jaringan Sensor Nirkabel. *Jurnal Ilmiah Informatika Komputer*, 22(1).
- Kurnianto, D., Testy, K. N., & Yuliantoro, P. (2022). Sistem Monitoring Kualitas Udara Berbasis Komunikasi Lora Di IT Telkom Purwokerto. *Jurnal Ilmiah Dinamika Rekayasa*, 18(1).
- Munabbih, M. I., Widiyanto, E. D., Windarto, Y. E., & Indrasto, E. Y. (2020). Rancang Bangun Sistem Pemantau Kualitas Udara Menggunakan Arduino Dan Lora Berbasis Jaringan Sensor Nirkabel, *Transmisi: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 22(1).
- Novelan, M. S. (2020). Sistem Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan Menggunakan Mikrokontroler dan Aplikasi Android. *InfoTekJar (Jurnal Nasional Informatika Dan Teknologi Jaringan)*, 4(2).
- Nugroho, A., Asror, I., & Wibowo, Y. F. A. (2023). Klasifikasi Tingkat Kualitas Udara DKI Jakarta Berdasarkan Open Government Data Menggunakan Algoritma Random Forest. *EProceedings of Engineering*, 10(2).
- Nugroho, Y. C., Mahardiko, A. A., Dhelia, S. S., Nuraini, A., & Harsadi, , Paulus. (2023). Rancang Bangun Sistem Pemantauan Kualitas Udara Berbasis Arduino Untuk Mendeteksi Polusi Udara Di Perkotaan. *TIKOMSiN: Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi Sinar Nusantara*, 11(2).
- Paithankar, D. N., Pabale, A. R., Kolhe, R. V., William, & Yawalkar, P. M. (2023). Framework for implementing air quality monitoring system using LPWA-based IoT technique. *Measurement: Sensors*, 26(5).
- Pratiwi, B. P., & Handayani, A. S. (2021). Pengukuran Kinerja Sistem Kualitas Udara Dengan Teknologi Wsn Menggunakan Confusion Matrix. *Jurnal Informatika Upgris*, 6(2).
- Putri, M. N. P., Handayani, A. S., & Rose, M. M. (2020). Sistem Monitoring Kualitas Udara dengan Platform Web. *Jurnal Explore-IT*, 12(2).
- Putro, A. P., Hidayat, D. A., Heratama, F. F., Cahyo, A. D., Yulian, D. E., & Prabowo, Y. A. (2020). Sistem Monitoring Kualitas Udara Menggunakan Mikrokontroler ESP32 Dengan Sensor MQ2 Berbasis Internet of Things. *Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi, Dan Teknik Informatika*.