

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terkait

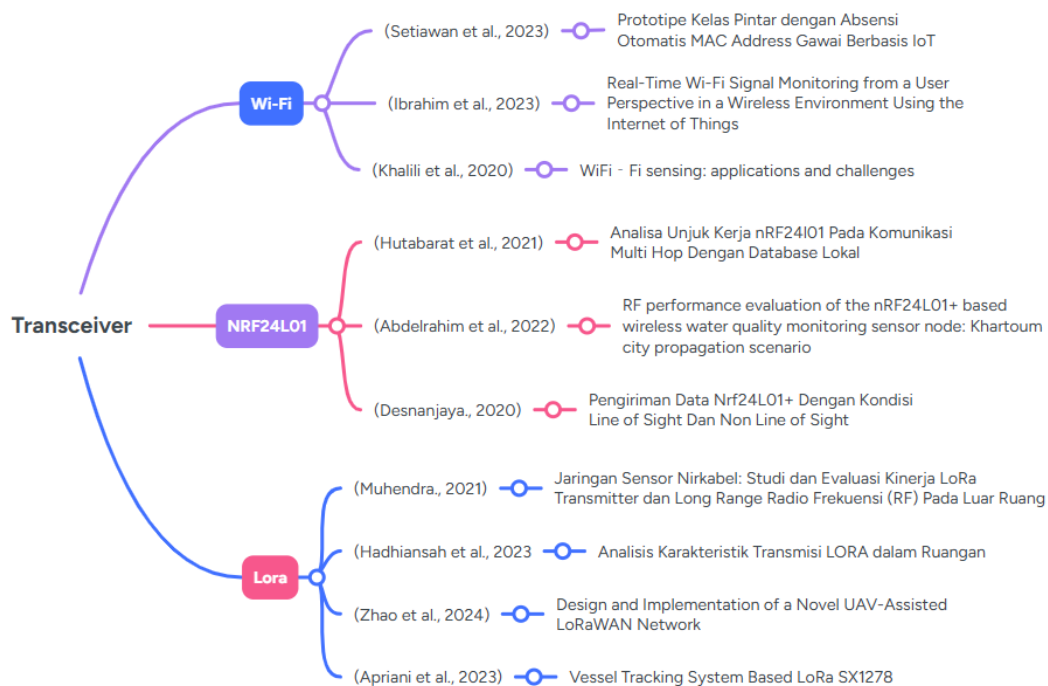
Penelitian terkait berisi dasar ilmiah yang diambil dari penelitian-penelitian sebelumnya yang terbit pada periode 5 (lima) tahun terakhir. Penelitian terkait disajikan dalam bentuk tabel dan *mind map*.

Tabel 1. Penelitian terkait

No	Nama (Tahun)	Judul
(1)	(2)	(3)
1	(Setiawan et al., 2023)	Judul : Prototipe Kelas Pintar dengan Absensi Otomatis MAC Address Gawai Berbasis IoT Metode : Pendekatan fungsional Hasil : Sistem dapat berjalan sesuai dengan rancangan di mana sistem dapat mengatur rangkaian relay sesuai jadwal perkuliahan dan kehadiran pengguna
2	(Ibrahim et al., 2023)	Judul : Real-Time Wi-Fi Signal Monitoring from a User Perspective in a Wireless Environment Using the Internet of Things Metode : Pengembangan perangkat lunak Agile Hasil : Sistem pemantauan berhasil dikembangkan, dan memungkinkan memantau status <i>Acces Point (AP)</i> tanpa harus berada dilokasi AP.
3	(Khalili et al., 2020)	Judul : WiFi-Fi sensing: applications and challenges Metode : Studi literatur Hasil : Penelitian ini menyajikan tinjauan tentang aplikasi sistem penginderaan berbasis WiFi, seperti pemantauan lansia, klasifikasi aktivitas dan pengenalan gestur.

4	(Hutabarat et al., 2021)	Judul : Analisa Unjuk Kerja nRF24L01 Pada Komunikasi Multi Hop Dengan Database Lokal Metode : Pengujian performa dengan komunikasi Multi Hop Hasil : Sistem berhasil menunjukkan realibilitas dalam pengiriman data dan penyimpanan data ke Firebase. Transceiver NRF24L01 dapat diandalkan untuk jaringan Multi Hop dengan jarak menengah hingga 80 meter dengan 4 Hop.
5	(Abdelrahim et al., 2022)	Judul : RF performance evaluation of the nRF24L01+ based wireless water quality monitoring sensor node: Khartoum city propagation scenario Metode : Pendekatan eksperimen lapangan Hasil : modul nRF24L01+ dapat digunakan pada sistem monitoring kualitas air berbasis WSN dengan performa komunikasi yang cukup baik pada jarak menengah. Pada kondisi LOS sejauh 300 m, reliabilitas sangat tinggi dengan PDR rendah (0,1%). Namun, pada kondisi urban non-LOS dengan jarak 400–700 m, reliabilitas menurun drastis (PDR hingga 86%). Jangkauan efektif modul berada pada 650–700 m di lingkungan perkotaan.
6	(Desnanjaya., 2020)	Judul : Pengiriman Data Nrf24L01+ Dengan Kondisi <i>Line of Sight</i> dan <i>Non Line of Sight</i> Metode : Eksperimen Hasil : Pengujian <i>Line Of Sight</i> berada pada jarak hingga 1 km, sedangkan pengujian <i>Non Line Of Sight</i> jarak maksimal 30 meter.

7	(Muhendra., 2021)	Judul : Jaringan Sensor Nirkabel: Studi dan Evaluasi Kinerja LoRa Transmitter dan Long Range Radio Frekuensi (RF) Pada Luar Ruang Metode : Eksperimen perbandingan dua transmitter Hasil : Transmitter LoRa cocok untuk aplikasi jarak jauh dengan kebutuhan bandwidth rendah, sedangkan NRF24L01 memiliki ketahanan terhadap halangan <i>non line of sight</i>.
8	(Hadhiansah et al., 2023)	Judul : Analisis Karakteristik Transmisi LORA dalam Ruangan Metode : Pengujian langsung Hasil : Pengujian <i>Tx Power</i> terhadap jarak 50 dan 100 meter menunjukkan bahwa penggunaan Transmission Power 20dBm menghasilkan nilai <i>Success Ratio</i> mencapai 100%, tetapi pada jarak 150 meter menghasilkan nilai 17%.
9	(Zao et al., 2024)	Judul : Design and Implementation of a Novel UAV-Assisted LoRaWAN Network Metode : <i>UAV (Unmanned Aerial Vehicle)</i> Hasil : Kinerja UAV gateway jauh lebih baik dari pada gateway darat dengan jarak 1.3 km (banyak hambatan). UAV gateway memiliki nilai RSSI = -80 dBm, SNR = 5 dB, sedangkan gateway darat memiliki nilai RSSI = -113 dBm, SNR = -16 dB.
10	(Apriani et al., 2023)	Judul : Vessel Tracking System Based LoRa SX1278 Metode : Eksperimen Hasil : Kinerja LoRa pada frekuensi 433 MHz menunjukkan jarak komunikasi hingga 1 km dengan RSSI (– 118 dBm).



Gambar 1. Mind map penelitian

B. Landasan Teori

1. Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) mencakup banyak perangkat elektronik yang terhubung ke jaringan untuk berbagi data. Menghubungkan berbagai perangkat ini dan menambahkan sensor di dalamnya untuk meningkatkan tingkat kecanggihan serta memungkinkan penyediaan data yang konsisten.

IoT menciptakan asosiasi sementara antara perangkat heterogen yang saling bertukar data untuk memberikan layanan yang lebih cerdas kepada pengguna. Bidang IoT telah berkembang pesat dengan jaringan sensor dan aktuator yang beragam, yang menghubungkan berbagai objek dan meningkatkan pemanfaatan dalam sejumlah sektor, seperti teknologi rumah pintar, keamanan cerdas, pemantauan lalu lintas, dan infrastruktur tanggap darurat. Kemajuan dalam perangkat portabel dan jarak jauh, yang mendukung inovasi dengan jangkauan rendah, sangat kuat, dan efisien, terus mendorong pengembangan dan aksesibilitas di dalam IoT[2]. Penerapan IoT dalam pendidikan mencakup penggunaan sensor dan aktuator untuk memantau suhu, kehadiran, dan penggunaan fasilitas kelas, yang dapat dipantau secara real-time melalui internet.

2. Modul WiFi (ESP8266)

Modul WiFi (ESP8266) adalah sebuah papan mikrokontroler yang dirancang untuk memudahkan pengembangan proyek Internet of Things (IoT). Papan ini menggunakan modul ESP8266 sebagai inti utamanya, yang sudah dilengkapi

dengan konektivitas WiFi bawaan. ESP8266 memiliki processor 32-bit, RAM, dan memori flash, serta berbagai interface seperti GPIO, I2C dan SPI. ESP8266 sangat populer di kalangan pengembang karena selain harganya yang terjangkau, juga memiliki ukuran yang kecil dan mudah diprogram menggunakan Arduino IDE. Dengan antarmuka USB, pengguna dapat langsung menghubungkannya ke komputer untuk proses pemrograman dan pengujian[8].



Gambar 2. Modul WiFi (ESP8266)

Berdasarkan Gambar 2. Modul WiFi (ESP8266) mendukung konektivitas WiFi yang bekerja pada frekuensi 2.4 GHz sehingga cocok digunakan untuk aplikasi yang memerlukan bandwidth tinggi dan komunikasi secara real-time[9]. Keunggulan WiFi memiliki kecepatan transmisi data yang tinggi dan harga yang relatif murah. Sedangkan WiFi memiliki kekurangan pada jangkauan transmisi yang terbatas dan konsumsi daya yang tinggi[10].

3. NRF24L01 PA LNA

Modul NRF24L01 PA LNA merupakan salah satu perangkat transmisi data yang banyak digunakan dalam sistem embedded dan Internet of Things (IoT). Modul ini bekerja pada frekuensi 2.4 GHz yang termasuk dalam pita ISM (Industrial, Scientific, and Medical) dan mendukung komunikasi dua arah (transceiver)[11]. NRF24L01 PA LNA merupakan pengembangan dari modul NRF24L01 standar yang telah ditambahkan Power Amplifier (PA) dan Low Noise Amplifier (LNA) untuk memperluas jangkauan komunikasi serta meningkatkan sensitivitas penerimaan sinyal[12].

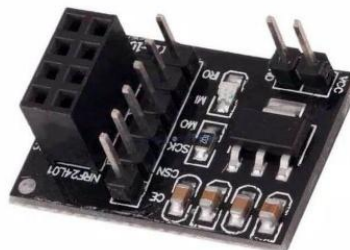


Gambar 3. Modul NRF24L01 PA LNA

Berdasarkan Gambar 4, Modul NRF24L01 PA LNA menggunakan antarmuka SPI (Serial Peripheral Interface) untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler seperti Arduino, ESP8266, atau STM32. SPI adalah protokol komunikasi data secara serial namun membutuhkan jalur clock untuk sinkronisasi waktu antara transmitter dan receiver. Keunggulan NRF24L01 adalah konsumsi daya yang rendah dan kecepatan transmisi yang stabil. Sedangkan NRF24L01 memiliki kekurangan yang tidak dapat terhubung langsung dengan jaringan internet sehingga membutuhkan perangkat tambahan seperti ESP8266 untuk terhubung ke jaringan internet. Selain itu, modul ini cukup sensitif terhadap fluktuasi tegangan, sehingga memerlukan adaptor tambahan untuk penstabil tegangan[13].

4. Adaptor NRF24L01

Modul NRF24L01 merupakan transceiver yang beroperasi pada frekuensi 2.4 GHz dan menggunakan protokol komunikasi SPI. Modul ini memiliki konsumsi daya rendah dan mampu mentransmisikan data dengan kecepatan hingga 2 Mbps. Namun, modul ini dirancang untuk bekerja pada tegangan 3.3V dan sangat sensitif terhadap fluktuasi tegangan. Oleh karena itu, penggunaan adaptor modul NRF24L01 sangat penting untuk memastikan kestabilan dan keamanan operasionalnya.

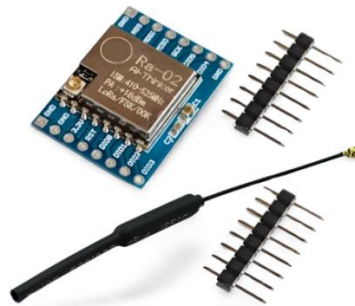


Gambar 4. Adaptor NRF24L01

Berdasarkan Gambar . Adapter modul NRF24L01 dilengkapi dengan regulator tegangan (seperti AMS1117-3.3V) yang menurunkan tegangan input dari 5V menjadi 3.3V, sesuai dengan kebutuhan modul NRF24L01. Selain itu, adapter ini juga memiliki rangkaian filter berupa kapasitor yang berfungsi untuk mengurangi noise dan menjaga kestabilan suplai daya, sehingga mencegah gangguan komunikasi yang dapat terjadi akibat fluktuasi tegangan. Dalam implementasinya, adapter ini menyediakan header pin yang memudahkan koneksi antara modul NRF24L01 dengan mikrokontroler seperti Arduino atau NodeMCU. Pin-pin tersebut meliputi VCC, GND, CE, CSN, SCK, MOSI, MISO, dan IRQ, yang semuanya berfungsi dalam protokol komunikasi SPI[14].

5. LoRa SX1278

LoRa SX1278 adalah modul Transceiver yang menggunakan teknologi LoRa (Long Range), berbasis chirp spread spectrum yang dikembangkan oleh Semtech Corporation. Teknologi LoRa dirancang untuk komunikasi jarak jauh dengan konsumsi daya yang sangat rendah, sehingga sangat ideal untuk diterapkan dalam jaringan sensor skala besar seperti Internet of Things (IoT), smart agriculture, dan monitoring lingkungan[15].



Gambar 5. Modul LoRa SX1278

Berdasarkan Gambar . Modul LoRa SX1278 bekerja pada pita frekuensi 433 MHz serta mendukung komunikasi point-to-point (P2P) maupun komunikasi berbasis jaringan LoRaWAN[16]. Salah satu keunggulan utama dari modul ini adalah kemampuannya untuk mencapai jarak komunikasi hingga 5–10 km di area terbuka dengan antena yang sesuai, meskipun hanya menggunakan daya transmisi yang relatif kecil (sekitar +20 dBm). LoRa SX1278 memiliki kekurangan biaya implementasi yang mahal dan memiliki kecepatan transmisi yang rendah, sehingga tidak cocok untuk transmisi data besar seperti aplikasi real-time[17].

6. Arduino IDE

Arduino IDE (Integrated Development Environment) adalah sebuah perangkat lunak yang digunakan untuk menulis, mengedit, mengompilasi, dan mengunggah kode program ke papan mikrokontroler Arduino dan kompatibelnya, seperti NodeMCU ESP8266 atau ESP32.



Gambar 6. Software Arduino IDE

Fungsi utama Arduino IDE adalah sebagai alat bantu untuk menulis program dalam bahasa pemrograman C/C++, kemudian mengubahnya menjadi kode biner yang bisa dijalankan oleh mikrokontroler[18].

7. Firebase

Firebase adalah sebuah platform pengembangan aplikasi milik Google yang menyediakan berbagai layanan backend berbasis cloud untuk membantu pengembang dalam membangun aplikasi web dan mobile secara lebih cepat dan efisien.



Gambar 7. Firebase

Berdasarkan Gambar 7. Salah satu fitur utama dari Firebase adalah Firebase Realtime Database, yaitu sebuah basis data NoSQL yang memungkinkan penyimpanan dan sinkronisasi data secara real-time antara klien dan server. Dengan Firebase Realtime Database, data yang dikirim atau diperbarui akan langsung terlihat secara instan oleh semua pengguna yang terhubung, tanpa perlu menyegarkan halaman atau melakukan permintaan ulang ke server[19].

8. Metode Pengujian dan Evaluasi Performa

Pengujian dilakukan secara langsung didalam ruangan kelas A6,A7,A8 dan luar ruangan Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap. Metode pengujian menggunakan komunikasi point-to-point (P2P), sehingga hasil mencerminkan kondisi sebenarnya dari masing-masing modul.

Evaluasi Performa dilakukan berdasarkan tiga parameter utama :

a. Jangkauan

Jangkauan merupakan jarak maksimum antara transmitter dan receiver, dimana data masih dapat dikirim dan diterima tanpa kehilangan data atau penurunan kualitas sinyal secara signifikan[1]. Pengujian jangkauan dilakukan untuk mengetahui sejauh mana setiap modul transceiver dapat mengirimkan data.

b. Delay

Delay merupakan selisih waktu saat data dikirim oleh transmitter dan data diterima oleh receiver. Pengujian delay dilakukan untuk mengetahui seberapa cepat waktu untuk merespon dalam melakukan komunikasi. Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung delay sebagai berikut :

$$\text{Delay} = \text{waktu terima (receiver)} - \text{waktu kirim (transmitter)}$$

Waktu kirim diperoleh sejak perangkat dihidupkan dan sejak tombol ditekan, sedangkan waktu terima diperoleh sejak perangkat dihidupkan dan sejak data diterima.

c. RSSI

RSSI (Receiver Signal Strength Indicator) merupakan ukuran kekuatan sinyal yang diterima oleh receiver dari transmitter. Nilai RSSI dinyatakan dalam satuan dBm (desibel miliwatt). Nilai semakin mendekati Nol, maka kualitas semakin bagus[20].

d. RPD

RPD (Received Power Detector) adalah sebuah indikator biner yang menunjukkan apakah daya sinyal yang diterima berada di atas atau di bawah ambang tertentu. Pada NRF24L01, ambang batas tersebut adalah sekitar -64 dBm