

Analisis Komparatif Performa Latensi dan Stabilitas Koneksi Wemos D1 Mini Vs Esp32-C3 Mini pada Sistem Kendali Jarak Jauh Berbasis IoT

Supriyade ¹, Annisa Risqi Sulistya Kusuma Wardhani ², Fery Updi ³

¹²³ Ilmu Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah A.R Fachruddin, Jl. KH Syekh Nawawi Pemda Tigaraksa No.13, Mata Gara, Kec. Tigaraksa, Kabupaten Tangerang, Banten 15720

¹ supriyade851@gmail.com, ² nisa.risqi29@gmail.com, ³ feryupdi@gmail.com

* Penulis : Supriyade

Abstract: This study presents a comparative analysis of connectivity performance between the ESP8266 (Wemos D1 Mini) and ESP32-C3 Mini in Internet of Things (IoT)-based remote control systems. The study addresses the need for microcontrollers with low latency and stable wireless connectivity for real-time communication. The research employed an experimental comparative method by measuring two main parameters, namely Received Signal Strength Indicator (RSSI) and HTTP-based data transmission latency. Testing was conducted using 100 request samples at three different scenarios: without obstacles, with one wall obstacle, and with two wall obstacles. The router specification used in this study was a 2.4 GHz IEEE 802.11 b/g/n wireless router with WPA2 security configuration. The results show that the ESP32-C3 Mini demonstrates better signal stability and lower average latency than the ESP8266, especially in indoor environments with physical obstacles. In conclusion, the ESP32-C3 Mini is more suitable for modern IoT applications requiring stable connectivity and fast response times.

Keywords: IoT; Esp8266 Wemos D1 Mini; Esp32-C3; Latency; RSSI; Remote Control;

Abstrak: Penelitian ini menganalisis performa konektivitas antara mikrokontroler ESP8266 (Wemos D1 Mini) dan ESP32-C3 Mini pada sistem kendali jarak jauh berbasis *Internet of Things* (IoT). Permasalahan penelitian berfokus pada kebutuhan perangkat dengan latensi rendah dan stabilitas koneksi yang baik untuk komunikasi *real-time*. Metode penelitian menggunakan eksperimen komparatif dengan mengukur dua parameter utama, yaitu *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) dan latensi transmisi data berbasis protokol HTTP. Pengujian dilakukan menggunakan 100 sampel *request* pada tiga skenario pengujian, yaitu tanpa penghalang, satu penghalang dinding, dan dua penghalang dinding. Router yang digunakan beroperasi pada frekuensi 2.4 GHz dengan standar IEEE 802.11 b/g/n dan keamanan WPA2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ESP32-C3 Mini memiliki stabilitas sinyal yang lebih baik serta latensi rata-rata yang lebih rendah dibandingkan ESP8266, terutama pada lingkungan *indoor* dengan hambatan fisik. Penelitian ini merekomendasikan ESP32-C3 Mini sebagai alternatif yang lebih optimal untuk aplikasi IoT modern yang membutuhkan respons cepat dan koneksi stabil.

Diterima: 10 Mei 2026
Direvisi: 15 Mei 2026
Diterima: 20 Mei 2026
Diterbitkan: 22 Mei 2026
Versi sekarang: Mei 2026



Hak cipta: © 2025 oleh penulis.
Diserahkan untuk kemungkinan publikasi akses terbuka berdasarkan syarat dan ketentuan lisensi Creative Commons Attribution (CC BY SA) (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

Kata kunci: IoT; Esp8266 Wemos D1 Mini; Esp32-C3; Latensi; RSSI; Kendali Jarak Jauh;

1. Pendahuluan

Internet of Things (IoT) telah menjadi pondasi utama dalam membangun infrastruktur digital kota pintar, dimana kendali jarak jauh perangkat elektronik memerlukan responsivitas yang cepat. Object penelitian ini berfokus pada dua mikrokontroler populer, yaitu Esp8266 (Wemos D1 Mini) dan Esp32-C3 Mini. Metode yang digunakan sebelumnya sering kali hanya membandingkan Esp8266 dengan Esp32 *dual-core* versi lama, namun kelemahan dari studi tersebut adalah belum mencakup varian terbaru berbasis RISC-V seperti Esp32-C3 Mini yang memiliki ukuran fisik serupa dengan Wemos D1 Mini. Masalah penelitian ini adalah bagaimana efisiensi koneksi Esp32-C3 dibandingkan dengan Esp8266 dalam skenario penggunaan nyata dengan hambatan fisik. Solusi yang diusulkan adalah melakukan uji beban latensi dan kekuatan sinyal secara empiris. Kontribusi penelitian ini memberikan data teknis bagi pengembangan dalam memilih modul IoT yang paling optimal untuk sistem kendali respon cepat.

2. Tinjauan Literatur

2.1. Internet of Things

Internet of Things (IoT) merupakan konsep jaringan perangkat elektronik yang saling terhubung melalui jaringan internet untuk melakukan pertukaran data atau informasi secara otomatis tanpa dilakukan secara langsung oleh manusia. Teknologi ini berkembang pesat karena mampu meningkatkan kualitas hidup manusia, mempermudah akses informasi serta mendukung otomatisasi [1]. Dan teknologi ini juga banyak diterapkan pada berbagai bidang seperti smarthome, smart city, smart farming, monitoring control dan sistem kendali jarak jauh. Dalam implementasinya IoT memerlukan mikrokontroler yang memiliki kemampuan komunikasi nirkabel, konsumsi daya yang rendah, serta responsivitas yang baik dan stabil.

Perkembangan IoT juga mendorong kebutuhan akan perangkat mikrokontroler yang mampu bekerja secara real-time dengan latensi rendah dan koneksi yang stabil. Pada sistem kendali jarak jauh, keterlambatan transmisi data dapat mempengaruhi performa sistem secara keseluruhan. Oleh karena itu, pemilihan perangkat keras yang tepat menjadi salah satu faktor penting dalam pengembangan sistem IoT.

2.2. Mikrokontroler Esp8266 (Wemos D1 Mini)

Esp8266 merupakan salah satu mikrokontroler populer yang banyak digunakan dalam pengembangan sistem IoT, karena memiliki modul WiFi terintegrasi dengan harga yang relatif cukup murah. Salah satu jenis yang sering digunakan adalah Wemos D1 Mini yang memiliki ukuran yang kecil, konsumsi daya yang rendah, serta kompatibel dengan *software* Arduino IDE.

Wemos D1 Mini menggunakan processor Tensilica L106 32-bit dengan kecepatan hingga 80 Mhz dan mendukung komunikasi WiFi 2.4 GHz IEEE 802.11 b/g/[2]. Wemos D1 Mini sudah dilengkapi dengan WiFi didalamnya, sehingga dapat terhubung ke internet [3]. Mikrokontroler ini banyak digunakan dalam sistem monitoring dan kendali jarak jauh karena kemudahan implementasi serta dukungan komunitas yang luas. Namun demikian, beberapa penelitian menunjukkan bahwa Esp8266 memiliki keterbatasan dalam hal stabilitas koneksi dan performa ketika digunakan pada lingkungan dengan banyak hambatan fisik atau trafik jaringan tinggi. Selain itu kapasitas memori dan performa pemrosesan yang terbatas menjadi kendala pada aplikasi IoT modern yang membutuhkan respon cepat.

2.3. Mikrokontroler Esp32 (C3 Mini)

Esp32-C3 Mini merupakan generasi terbaru mikrokontroler berbasis RISC-V yang dikembangkan oleh *Espressif Systems* sebagai penerus Esp8266. Perangkat ini menawarkan peningkatan performa, efisiensi daya dan stabilitas koneksi dibandingkan dengan generasi sebelumnya.

Esp32-C3 Mini menggunakan RISC-V 32-bit *single core* dengan kecepatan hingga 160 MHz serta mendukung koneksi WiFi dan *Bluetooth Low Energy* (BLE) [4]. Dibandingkan dengan Esp8266, Esp32-C3 Mini memiliki keamanan yang lebih baik, dukungan protokol komunikasi yang lebih lengkap, serta kemampuan pemrosesan data yang lebih cepat. Rangkaian periferil yang kaya dan ukuran yang kecil menjadikan modul ini pilihan ideal untuk rumah pintar, otomasi industri, perawatan kesehatan, elektronik konsumen, dll [5]. Dalam implementasinya Esp32-C3 dinilai mampu dalam memberikan performa transmisi data yang lebih stabil dan memiliki nilai latensi yang lebih rendah. Hal tersebut yang menjadikan Esp32-

C3 sebagai salah satu alternatif yang banyak digunakan pada aplikasi *smart device* dan sistem monitoring berbasis internet.

2.4. Latensi dan Stabilitas Koneksi pada Sistem IoT

Latensi merupakan waktu yang dibutuhkan untuk dikirim dari perangkat pengirim menuju perangkat penerima. Pada sistem jarak jauh berbasis IoT, nilai latensi sangat mempengaruhi kecepatan respons sistem. Semakin kecil nilai latensi, maka semakin cepat perangkat memberikan respons terhadap perintah yang dikirimkan. Masalah latensi jaringan di IoT akan terjadi ketika sinyal tidak dapat terdeteksi, tetapi menyebabkan penundaan di lingkungan cloud [6]. Fitur utama dari implementasi RISC-V adalah N-CLIC, yang merupakan pengontrol interupsi yang tertanam dalam perangkat keras [7].

Selain latensi, stabilitas koneksi juga menjadi parameter penting dalam komunikasi data IoT. Salah satu indikator yang digunakan untuk mengukur kekuatan dan kestabilan sinyal adalah *Received Signal Strength Indicator (RSSI)*. Nilai RSSI digunakan untuk mengetahui kualitas penerimaan sinyal WiFi pada suatu perangkat IoT.

2.5. Penelitian Terdahulu

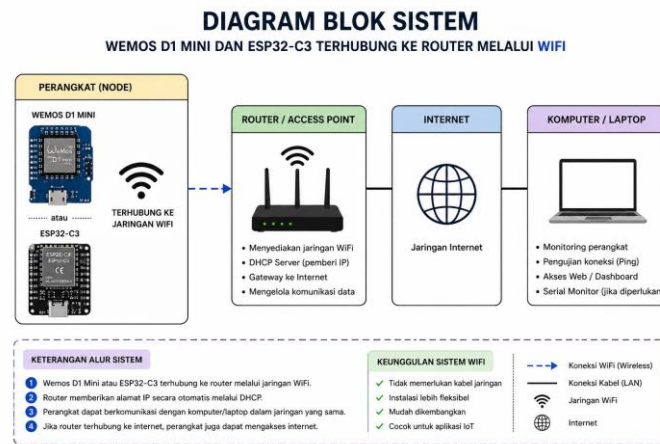
Beberapa penelitian terdahulu telah membahas performa mikrokontroler Esp8266 pada sistem IoT. Penelitian dilakukan oleh Abdul Rahman dkk [8] tentang implementasi sensor PH dan kekeruhan air secara *real-time* menggunakan Wemos D1 Mini dapat berfungsi dengan baik dan stabil. Pada penelitian berikutnya yang dilakukan oleh Moch. Fachruddin Arrazaq dkk [9] tentang perancangan saklar otomatis menggunakan Wemos D1 Mini, dimana fungsi saklar otomatis berfungsi dengan sangat baik. Kemudian penelitian terdahulu terkait dengan Esp32-C3 Mini yang dilakukan oleh Ishwar Mudraje dkk [10] berfokus pada arsitektur RISC-V Esp32-C3 untuk perangkat IoT yang beroperasi tanpa baterai, dimana peneliti berhasil menyajikan driver WiFi *open-source* sepenuhnya untuk Esp32-C3 dari project berbasis Tensilica ke basis RISC-V menggunakan teknik rekayasa balik umum.

Namun sebagian besar penelitian sebelumnya masih berfokus pada Esp32 dual-core generasi awal dan belum banyak yang membahas performa Esp32-C3 Mini yang menggunakan arsitektur RISC-V. Selain itu penelitian terdahulu umumnya hanya menguji throughput atau kecepatan transfer data tanpa melakukan analisis mendalam terhadap latensi dan stabilitas koneksi secara bersamaan. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini melakukan analisis komparatif antara Wemos D1 Mini dan Esp32-C3 Mini dengan fokus pada parameter RSSI dan latensi komunikasi data pada sistem kendali jarak jauh berbasis IoT.

3. Metode

Metodologi penelitian ini dilakukan secara eksperimental dengan membandingkan performa dua mikrokontroler yaitu antara Esp8266 (Wemos D1 Mini) dan Esp32-C3 Mini dalam skenario kendali jarak jauh berbasis protokol HTTP.

Pada penelitian ini pengujian dilakukan menggunakan 100 sample HTTP *request* pada masing-masing perangkat. Pengujian dilakukan pada tiga kondisi lingkungan, yaitu tanpa penghalang, satu dinding penghalang, dan dua dinding penghalang. Router yang digunakan memiliki frekuensi 2.4 GHz IEEE 802.11 b/g/n dengan keamanan WPA2. Pengukuran RSSI dilakukan dengan menggunakan fungsi WiFi RSSI(), sedangkan latensi dihitung berdasarkan selisih waktu *request* dan *response* menggunakan satuan milidetik. Pada penelitian ini masing-masing mikrokontroler diprogram menggunakan Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C++. Sistem menggunakan protokol HTTP berbasis *web server* untuk melakukan pengujian *latency* dan RSSI. Browser pada laptop bertindak sebagai *client* yang secara berkala mengirimkan HTTP *request* menuju *endpoint* “/data” pada masing-masing mikrokontroler. Mikrokontroler memproses request, menghitung *latency*, membaca nilai RSSI menggunakan fungsi WiFi.RSSI(), dan mengirimkan *response* dalam format JSON.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

3.1. Perancangan Sistem







Perancangan sistem pada penelitian ini dilakukan untuk membangun sistem komunikasi jaringan berbasis LAN menggunakan Wemos D1 Mini dan Esp32-C3 dengan bantuan modul *router* sebagai antarmuka ethernet. Sistem dirancang agar mikrokontroler dapat terhubung ke jaringan lokal (LAN) melalui *router* yang berfungsi sebagai pusat jaringan dan pemberi alamat IP otomatis menggunakan mode DHCP.

3.2. Alat dan Bahan

Berikut adalah komponen dan aplikasi dan yang dibutuhkan dalam melakukan proses perbandingan performa yaitu antara lain :

a. *Hardware*/Komponen

Tabel 1. Kebutuhan Komponen

| No | Komponen | Gambar |
|----|------------------------------|---|
| 1 | Mikrokontroler Wemos D1 Mini |  |
| 2 | Mikrokontroler Esp32-C3 Mini |  |
| 3 | PC/Laptop |  |
| 4 | Kabel Jumper |  |
| 5 | Usb Data Type C |  |
| 6 | Router WiFi |  |

b. *Software*

Software atau aplikasi yang digunakan dalam memprogram mikrokontroler yaitu Arduino IDE versi 2.3.8 dan untuk pengujian menggunakan protokol HTTP.

3.3. Algoritma/ Pseudocode

Algoritma yang dibuat pada penelitian ini terdapat dua algoritma yaitu algoritma server dan pengujian.

Algoritma 1 : Server

```
ALGORITMA Server_IoT
MULAI
  INISIALISASI WiFi(SSID, Password)
  TETAPKAN IP_Statis
  AKTIFKAN HTTPServer pada Port 80

  SELAMA (Perangkat Aktif) JALANKAN:
    JIKA (Ada Request Masuk dari Klien) MAKA:
      CATAT T_Terima (Waktu saat request sampai)
      BACA Nilai_RSSI dari WiFi.RSSI()
      KIRIM Respon_HTTP (Termasuk data RSSI) ke Klien
    AKHIR JIKA
  AKHIR SELAMA
SELESAI
```

Algoritma 2 : Pengujian

```
ALGORITMA Klien_Pengujian
MULAI
  TENTUKAN Jumlah_Sampel = 100
  TENTUKAN Target_IP (IP Mikrokontroler)

  UNTUK i = 1 SAMPAI Jumlah_Sampel JALANKAN:
    CATAT T1 (Waktu Kirim Request)
    KIRIM HTTP_Get ke Target_IP

    TUNGGU Respon_Diterima

    JIKA (Respon Berhasil) MAKA:
      CATAT T2 (Waktu Terima Balasan)
      HITUNG Latensi = T2 - T1
      SIMPAN DATA (i, Latensi, RSSI)
    SISA:
      CATAT "Request Timeout"
    AKHIR JIKA

  TUNGGU 500ms // Jeda antar pengujian
  AKHIR UNTUK
```

HITUNG Rata_Rata_Latensi

TAMPILKAN Grafik_Hasil

SELESAI

3.4. Skenario Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengambil data primer berupa kekuatan sinyal dan kecepatan respon dengan mempertimbangkan beberapa rincian sebagai parameter antara lain.

- Pengukuran *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) yaitu modul ditempatkan pada jarak 1 m (tanpa penghalang), 5 m (1 sekat dinding), 10 m (sekat 2 dinding) dari *Access Point* (Router).
- Pengukuran *Response Time* (Latency) yaitu pengiriman 100 paket data HTTP *Request* secara berulang. Waktu respon dihitung dari saat request dikirim hingga modul memberikan balasan (*acknowledgment*) ke server.

3.5. Arsitektur Jaringan

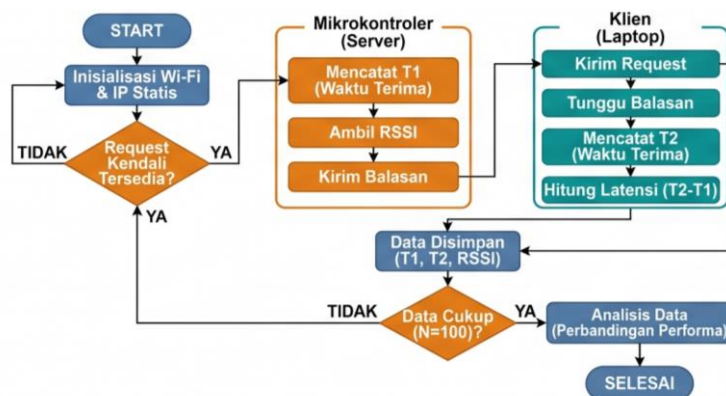
Struktur koneksi sistem digambarkan pada Gambar 1. yaitu laptop bertindak sebagai klien yang mengirimkan perintah melalui jaringan WiFi ke alamat IP statis yang telah dikonfigurasi pada masing-masing mikrokontroler.

a. Arsitektur Jaringan



Gambar 2. Arsitektur Jaringan

b. Flowchart Pengujian



Gambar 3. Flowchart Pengujian

4. Hasil dan Pembahasan

Pada bagian ini menyajikan data primer hasil pengujian performa konektivitas antara Wemos D1 Mini dan Esp32-C3 Mini, serta analisis komparatif terhadap parameter RSSI dan latensi. Berikut adalah rumus manual dalam mengetahui nilai Latensi.

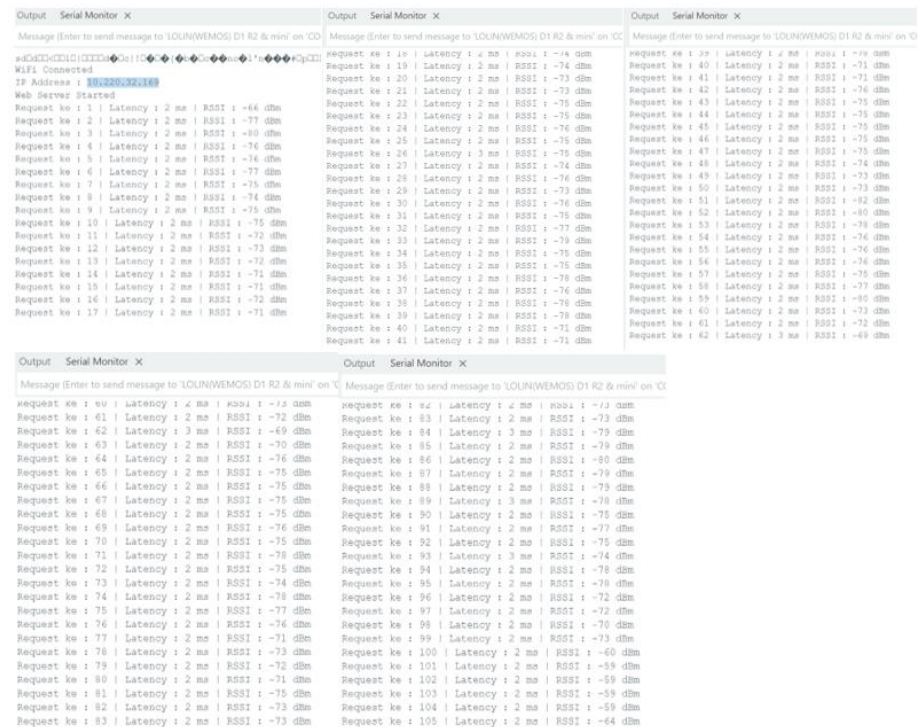
$$\text{Rumus dasar Latensi : Latensi (ms)} = t_{\text{akhir}} - t_{\text{awal}}$$

Keterangan :

- t_{awal} = waktu saat request dikirim
- t_{akhir} = waktu saat request diterima
- ms = mili detik/ satuan waktu

4.1 . Hasil Pengujian Latensi (*Response Time Request*)

Pengujian ping dilakukan dengan melakukan menekan tombol reset pada mikrokontroler setelah program berhasil terupload pada masing-masing perangkat. Kemudian dikumpulkan data latensi dengan parameter *response time request* dari mikrokontroler ke *web server*.



Gambar 4. Hasil *Response Time Request* Serial Monitor Arduino IDE

4.2 . Hasil Pengujian Kekuatan Sinyal (RSSI)

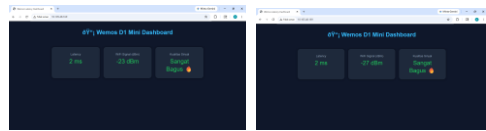
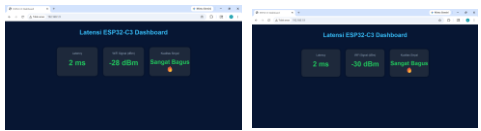
Pengukuran RSSI dilakukan untuk mengetahui stabilitas penangkapan sinyal nirkabel pada tiga variasi jarak dan hambatan fisik yang berbeda. Setiap perangkat diuji dengan menerima paket data untuk diambil nilai rata-ratanya.

1. Pengujian modul dan komponen di satu area.
2. Pengujian modul dan komponen terpisah dengan jarak (3-5m) dengan hambatan (tembok ruangan).
3. Pengujian modul dan komponen terpisah dengan jarak (lebih dari 5m) dengan 2 hambatan (tembok ruangan).

Dari hasil proses pengujian tersebut dicatat dan di screenshot setiap nilai yang dihasilkan setiap detik dari browser pengujian latensi. Berikut adalah nilai yang dihasilkan.

a. Pengujian Tanpa Tembok Penghalang

Tabel 2. Pengujian Tanpa Penghalang

| Wemos D1 Mini | Esp32-C3 Mini |
|--|---|
|  <p>Latensi Rata-Rata : 2 ms (-23 dBm) – (-29 dBm) (Memiliki Kualitas Sinyal : Bagus)</p> |  <p>Latensi Rata-Rata : 2 ms (-28 dBm) – (-30 dBm) (Memiliki Kualitas Sinyal : Bagus)</p> |

b. Pengujian Dengan Tembok Penghalang (3-5m)

Tabel 3. Pengujian Dengan Penghalang

| Wemos D1 Mini | Esp32-C3 Mini |
|--|---|
|  <p>Latensi Rata-Rata : 2 ms (-67 dBm) – (-79 dBm) (Memiliki Kualitas Sinyal : Lemah)</p> |  <p>Latensi Rata-Rata : 1 ms (-58 dBm) – (-63 dBm) (Memiliki Kualitas Sinyal : Bagus)</p> |

c. Pengujian Dengan 2 Tembok Penghalang (lebih dari 5m)

Tabel 4. Pengujian Dengan Penghalang 2 Tembok

| Wemos D1 Mini | Esp32-C3 Mini |
|--|---|
|  <p>Latensi Rata-Rata : 2 ms (-88 dBm) – (-95 dBm) (Memiliki Kualitas Sinyal : Lemah)</p> |  <p>Latensi Rata-Rata : 1 ms (-58 dBm) – (-63 dBm) (Memiliki Kualitas Sinyal : Bagus)</p> |

4.3 . Analisis Pengaruh RSSI terhadap Latensi

Analisis data menunjukkan adanya korelasi linier antara kekuatan sinyal (RSSI) dengan kecepatan respon (latensi). Ketika nilai RSSI melemah akibat hambatan fisik pada Jarak 10 meter, waktu enkapsulasi dan transmisi ulang paket data pada lapisan Minings.k Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan antara Wemos D1 Mini dan Esp32-C3 Mini, dapat dianalisis dengan beberapa faktor antara lain :

1. Stabilitas Koneksi
 - Wemos D1 Mini cenderung lebih stabil untuk komunikasi sederhana
 - Esp32-C3 Mini memiliki performa lebih baik dalam multitasking
2. Kecepatan Respon
 - Wemos D1 Mini memiliki latensi ping lebih rendah yang dapat berdampak sinyal bagus terhadap kualitas sinyal.
 - Esp32-C3 Mini memiliki latensi ping lebih tinggi yang dapat berdampak lemahnya kualitas sinyal.
3. Kendala yang Ditemukan
 - Dalam pengujian terdapat kasus IP tidak muncul
 - Koneksi terlalu lama untuk terhubung
 - Program gagal terupload miss pada kabel usb atau port bermasalah
 - Pengaturan tambahan pada internet wpa2 dan jaringan 2.4 GHz
 - Reset modul jika gagal inisialisasi

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil rancangan, implementasi dan pengujian sistem jaringan menggunakan Wemos D1 Mini dan Esp32-C3 yang dihubungkan melalui WiFi pada router dengan mode jaringan lokal (LAN), maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Sistem jaringan LAN berhasil dirancang dan diimplementasikan menggunakan jaringan WiFi *router* sebagai antarmuka komunikasi jaringan pada mikrokontroler.
2. Hasil pengujian konektivitas saat program di *upload* ke mikrokontroler berjalan dengan baik pada Wemos D1 Mini dan pada Esp32-C3 Mini mengalami sedikit kendala, namun berhasil terkoneksi dengan jaringan internet dan menampilkan alamat IP untuk diakses ke *browser*.
3. Wemos D1 Mini memiliki performa pemrosesan yang lebih baik dibandingkan dengan Esp32, namun setelah terkoneksi dengan jaringan internet performanya jangkauannya lebih baik dari Wemos D1 Mini walau dengan hambatan (tembok ruangan).
4. Dari hasil pengujian pada tabel 2, 3, dan 4 didapatkan temuan utama menunjukkan bahwa Esp32-C3 Mini yang berbasis arsitektur RISC-V memiliki stabilitas sinyal yang lebih baik dan latensi yang lebih rendah dibandingkan dengan Esp8266 pada jarak menengah dengan hambatan fisik. Simpulan pada penelitian ini merekomendasikan penggunaan Esp32-C3 Mini untuk pengembangan infrastruktur digital yang memerlukan responsivitas tinggi

Ucapan Terima Kasih : Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Muhammadiyah A.R Fachruddin atas dukungan akademik dan fasilitas penelitian yang diberikan selama proses penelitian berlangsung. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada rekan-rekan dosen dan seluruh pihak yang telah memberikan masukan, bantuan serta dukungan dalam penyusunan artikel ilmiah ini.

Referensi

- [1] C. H. G. T. Sebastian Villamil1, "An overview of internet of things," TELKOMNIKA, vol. 18 No. 5, no. Telecommunication, Computing, Electronics and Control, p. 8, 2020.
- [2] H. SOY, "ESP8266 and ESP32 Series of SoC Microcontrollers," Programmable Smart Microcontroller Cards, p. 16, 2021.
- [3] M. N. N. Arief Wisaksono1, "Earthquake monitoring system based on Wemos D1 Mini with," 2nd Annual Conference on Health and Food Science Technology (ACHOST 2021), no. Earth and Environmental Science, p. 10, 2022.

-
- [4] V. M. T. V. G. R. Y. V. O. Y. V. T. O. V. P. I. G. Tsmots1, "RECOVERY OF LOST NAVIGATION DATA IN MOBILE ROBOTIC PLATFORMS," Ukrainian Journal of Information Technology, vol. 7, no. INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES, p. 11, 2025.
- [5] E. Systems, "ESP32-C3-MINI-1, ESP32-C3-MINI-1U Datasheet Version 2.2," Article, no. Module Overview, p. 48, 2008.
- [6] A. A. J. Mohd Tamizan Abu Bakar1, "Latency Issues in Internet of Things: A Review of Literature," International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering, vol. 9, no. Latency Issues in Internet of Things, p. 9, 2020.
- [7] M. Asplund, "Zero Latency Per-Task Isolation for the," Luleå University of Technology, no. Computer Science and Engineering, master's level, p. 49, 2025.
- [8] A. N. S. Abdul Rahman1, "SISTEM KENDALI PH DAN KEKERUHAN AIR AQUASCAPE," Jurnal Teknologi Terpadu, vol. 8, no. sistem kendali , p. 9, 2022.
- [9] F. A. Moch.Fachruddin Arrazaq1, "Automatic Switch Design with Specified Time Using Wemos D1 Mini Esp," International Journal of Education, Information Technology and Others (IJEIT), no. Automatic Switch Design, p. 14, 2023.
- [10] L. G. J. D. T. H. Ishwar Mudraje, "Open-Source ESP32-C3 Wi-Fi Drivers for Static Analysis," no. Computer systems organization → Embedded and cyber-, p. 6, 2025.