



## Pengaruh Variasi Jarak Terhadap Kualitas Jaringan Transmisi *Hotspot* Seluler untuk *Nodemcu Esp32* dan Data Sensor *Dht22*

Dina Hakiki<sup>1\*</sup>, Sudi M. Al Sasongko<sup>2</sup>, Made Sutha Yadnya<sup>3</sup>

<sup>1-3</sup>Program Studi Teknik Elektro, Universitas Mataram, Indonesia

Korespondensi penulis: [dinahakiki06@gmail.com](mailto:dinahakiki06@gmail.com)

**Abstract.** *This study investigates the performance of Internet of Things (IoT)-based monitoring systems using a mobile hotspot and IoT sensors for temperature and humidity data transmission. The research is based on the IoT concept, which enables electronic devices to communicate and exchange data through internet networks without direct human intervention. System performance was evaluated using standard Quality of Service (QoS) parameters, including throughput, packet loss, delay, and jitter. The experimental setup utilized a NodeMCU ESP32 microcontroller and a DHT22 sensor, with measurements conducted at various transmission distances through wireless communication media. The objective was to determine the reliability of hotspot connectivity and sensor communication in supporting IoT applications. The results indicate that the optimal performance was achieved at a distance of 20 meters using a 40-lambda variation. Furthermore, the communication signal between the ESP32 device and the mobile hotspot remained detectable up to a maximum distance of 32 meters. These findings demonstrate the effectiveness of the proposed IoT system for environmental monitoring applications within specific transmission ranges.*

**Keywords:** *Hotspot; NodeMCU ESP32; Quality of Service; Sensor DHT22; Wireless Communication.*

**Abstrak.** Penelitian ini dilakukan dengan konsep yang memastikan bahwa perangkat-perangkat elektronik saling terkoneksi dan melakukan pertukaran data melalui jaringan internet tanpa intervensi manusia secara langsung. Pengukuran dengan menggunakan standar parameter Quality of Service (QoS) yang mencakup throughput, packet loss, delay, dan jitter. Kajian dengan mengukur keandalan hotspot dan sensor IoT (NodeMCU ESP32 dan sensor DHT22) untuk aplikasi IoT monitoring suhu dan kelembaban, hal ini dilakukan untuk memperoleh hasil yang optimum pada variasi jarak dalam menggunakan media transmisi udara. Pengukuran secara langsung dengan hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi jarak dengan menggunakan 40 lamda dihasilkan nilai yang optimum pada 20 meter sementara sinyal terdeteksi hanya sampai titik 32 m antara perangkat ESP32 dan hotspot seluler.

**Kata kunci:** Hotspot; Komunikasi Nirkabel; Kualitas Layanan; NodeMCU ESP32; Sensor DHT22.

### 1. LATAR BELAKANG

Kemajuan teknologi komunikasi dan jaringan nirkabel di era digital saat ini telah memicu peningkatan kebutuhan akan sistem pertukaran data yang memiliki kecepatan tinggi, efisien, serta dapat beroperasi secara real-time. Salah satu inovasi yang mengalami pertumbuhan signifikan adalah Internet of Things (IoT), yakni konsep yang memungkinkan perangkat-perangkat elektronik saling terkoneksi dan melakukan pertukaran data melalui jaringan internet tanpa intervensi manusia secara langsung. Penerapan teknologi IoT telah meluas ke berbagai sektor, antara lain pemantauan lingkungan, smart farming, sistem keamanan, bidang kesehatan, dan otomasi industri, karena terbukti mampu meningkatkan efektivitas dalam proses pemantauan serta pengendalian perangkat dari jarak jauh (Ariyanto,dkk., 2026).

Hotspot merupakan jantungnya jaringan telekomunikasi apalagi untuk digunakan pada hotel yang berbintang lima seperti di Hotel Ayana (five star hotel). Dengan menggunakan

parameter Quality of Service (QoS) yang mencakup throughput, packet loss, delay, dan jitter telah dilaksanakan pengukuran serta pengumpulan data dilakukan menggunakan perangkat lunak Wireshark untuk menangkap dan menganalisis lalu lintas jaringan secara real-time, dari semua parameter QoS titik pengujian berada dalam kategori “sangat memuaskan” sesuai dengan standar TIPHON (Yoga dkk, 2026)

Dalam sistem IoT yang berbasis nirkabel, mutu komunikasi data merupakan aspek krusial yang menentukan keberhasilan proses transmisi informasi dari sensor. Salah satu media konektivitas yang lazim dimanfaatkan adalah *hotspot* seluler karena menawarkan kelebihan dalam hal mobilitas, kemudahan penerapan, serta tidak membutuhkan infrastruktur jaringan tambahan. *Hotspot* seluler bekerja dengan menggunakan jaringan seluler sebagai backhaul untuk selanjutnya menyalurkan akses internet melalui Wi-Fi ke perangkat IoT. Akan tetapi, kinerja komunikasi data pada *hotspot* seluler sangat ditentukan oleh kekuatan sinyal, kondisi lingkungan sekitar, gangguan propagasi, serta jarak antara perangkat pengirim dengan titik akses *hotspot* (Wijaya, dkk.,2024).

*Quality of Service* (QoS) adalah sekumpulan parameter yang berfungsi untuk menilai unjuk kerja suatu jaringan komunikasi data. Beberapa metrik QoS yang lazim digunakan antara lain throughput, *delay*, *jitter*, dan packet loss. Evaluasi terhadap parameter-parameter tersebut perlu dilaksanakan guna mengidentifikasi tingkat stabilitas transmisi data dalam sistem IoT, terutama pada jaringan nirkabel yang menggunakan *hotspot* seluler. Proses analisis QoS dapat dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Wireshark yang memiliki kemampuan untuk menangkap dan menguraikan lalu lintas paket data secara rinci pada jaringan komputer (Ong dan Chang, 2025).

Sejumlah studi terdahulu telah mengkaji analisis QoS pada jaringan IoT dan nirkabel. Studi mengenai analisis QoS dalam sistem pemantauan berbasis IoT mengindikasikan bahwa mutu jaringan berpengaruh signifikan terhadap kinerja pengiriman data sensor, khususnya pada aspek *delay* dan packet loss. Di samping itu, riset lain terkait jaringan nirkabel berbasis ESP32 memperlihatkan bahwa faktor jarak dan kondisi lingkungan berperan dalam memengaruhi kestabilan komunikasi data. Meskipun demikian, kajian yang secara spesifik meneliti dampak perbedaan jarak terhadap kualitas sinyal pengiriman data sensor dengan memanfaatkan *hotspot* seluler dan Wireshark masih tergolong minim (Enda, dkk., 2021).

Dari penjabaran latar belakang tersebut, maka dilakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Variasi Jarak Terhadap Kualitas Sinyal Pengiriman Data Sensor Menggunakan *Hotspot* Seluler Dan *Wireshark*”. Penelitian ini berfokus pada pengukuran kualitas sinyal pengiriman dengan menggunakan variasi jarak. Tujuan utama adalah melihat performansi

*hotspot* seluler bila digunakan pada jarak tertentu. Penggunaan *hotspot* seluler sendiri biasanya banyak digunakan pada area luar ruangan yang tidak memiliki wifi publik.

Pada saat ini banyak pengguna media sosial yang menggunakan wifi ketika berada di rumah sehingga tidak memiliki kuota internet. *Hotspot* seluler biasanya menjadi alternatif yang digunakan ketika tidak ada tersedia wifi publik atau kuota internet. Pengukuran jarak penggunaan hospot seluler ini dapat digunakan sebagai acuan jarak penggunaan.

## 2. KAJIAN TEORITIS

### *Internet of Things (IoT)*

*Internet of Things (IoT)* adalah konsep teknologi di mana perangkat fisik yang dilengkapi sensor, aktuator, dan kemampuan komunikasi terhubung melalui internet untuk bertukar data dan berinteraksi otomatis. Perangkat ini mengumpulkan data lingkungan dan melakukan aksi berdasarkan analisis informasi untuk meningkatkan efisiensi dan otomatisasi. *IoT* menghubungkan benda-benda dengan internet agar bisa berkomunikasi dan berbagi informasi secara otomatis. Kualitas koneksi jaringan seperti *delay*, *throughput*, dan stabilitas sinyal sangat penting untuk efektivitas pengiriman data sensor karena *IoT* menggunakan internet sebagai media komunikasi (Raja, dkk.,2023).

### Sensor

Sensor adalah perangkat elektronik yang mengubah besaran fisik dari lingkungan nyata seperti suhu, tekanan, cahaya, atau kelembaban menjadi sinyal listrik yang dapat diukur dan diproses oleh sistem. Dengan kemampuan ini, sensor sangat dibutuhkan pada sistem pemantauan, termasuk sistem *Internet of Things (IoT)* yang bergantung pada data nyata dari lingkungan. Sensor atau transducer dijelaskan sebagai komponen yang mampu mendeteksi perubahan suatu fenomena fisik dan menghasilkan output yang sebanding, sehingga memungkinkan sistem untuk membaca dan memahami kondisi fisik yang sedang diamati (Gunadi dan Rachmawati, 2020).

### NodeMCU ESP32

NodeMCU adalah salah satu perangkat *open source*. NodeMCU memiliki board berukuran kecil dengan ukuran 4,83 cm dan lebar 2,54 cm serta berat yang hanya 7 gram. Selain itu, NodeMCU memiliki harga yang relatif terjangkau. Dengan ukuran dan harga yang relatif terjangkau board ini telah dilengkapi dengan fitur Wi-Fi serta *firmware* yang bersifat *open source*. Node MCU ESP32 merupakan sistem yang memiliki daya rendah (Prantica,2022). ESP32 merupakan mikrokontroler yang dikembangkan oleh Espressif Systems sebagai penerus ESP8266. Mikrokontroler ini menawarkan berbagai keunggulan,

termasuk jumlah pin yang lebih banyak, peningkatan jumlah pin analog, kapasitas memori yang lebih besar, serta integrasi Bluetooth 4.0 dengan konsumsi energi rendah.

### **Jaringan Hotspot**

Jaringan *hotspot* memungkinkan pertukaran data tanpa kabel, mengikuti perkembangan teknologi informasi terkini. Infrastruktur *hotspot* yang baik berdampak langsung pada kualitas akses internet yang dirasakan pengguna. Kualitas ini menentukan pengalaman pengguna saat menggunakan layanan internet di lokasi *hotspot* (Mafakhiri, 2022). *Hotspot* merupakan suatu lokasi fisik yang menyediakan akses internet nirkabel (WLAN) melalui teknologi Wi-Fi dengan menggunakan router yang terhubung ke penyedia layanan internet. Akses ini umumnya tersedia di tempat-tempat umum seperti perpustakaan, bandara, restoran, dan taman (Hidayatulloh, dkk. 2023).

### **Quality of Service (QoS)**

*Quality of Service* (QoS) merupakan metode untuk mengukur status jaringan dan percobaan untuk mendefinisikan karakter dan kualitas suatu layanan. QoS dirancang untuk membantu penggunaan menjadi lebih baik dengan memastikan bahwa pengguna mendapatkan kinerja yang teruji dari aplikasi berbasis jaringan. QoS mengacu pada kemampuan jaringan untuk menyediakan layanan yang lebih baik pada trafik jaringan tertentu melalui teknologi yang berbeda-beda. Kinerja sebuah jaringan komputer dapat bervariasi akibat beberapa masalah, seperti halnya masalah bandwidth, latency dan *jitter* yang dapat membuat efek cukup besar bagi banyak aplikasi dalam suatu jaringan (Fajri, dkk.,2023).

### **Wireshark**

Dalam konteks penelitian jaringan, Wireshark berfungsi sebagai alat utama untuk mengukur dan memantau kinerja jaringan secara langsung, baik pada jaringan wireless maupun internet. Dengan menggunakan Wireshark, peneliti dapat melakukan penangkapan paket data secara real-time dan menghitung nilai parameter *Quality of Service* (QoS) seperti *delay*, *packet loss*, *throughput*, dan *jitter* berdasarkan catatan waktu dan jumlah paket yang terekam. Hal ini memungkinkan penilaian terhadap kualitas layanan jaringan yang dianalisis. Penelitian-penelitian terkait QoS jaringan yang menggunakan Wireshark menunjukkan bahwa analisis ini dapat membantu dalam mendeteksi permasalahan jaringan dan mengembangkan solusi untuk meningkatkan performa koneksi (Wijaya, dkk., 2024).

### **Smartphone**

Dalam konteks teknologi jaringan nirkabel, smartphone memiliki kemampuan untuk berfungsi tidak hanya sebagai perangkat penerima sinyal, tetapi juga sebagai titik akses (*access point*) yang membagikan koneksi internet ke perangkat lain melalui fitur mobile *hotspot*. Fitur

ini memanfaatkan koneksi data seluler pada smartphone dan kemudian memancarkan kembali sinyal melalui jaringan Wi-Fi, sehingga memungkinkan perangkat lain untuk terhubung ke internet. Proses ini dikenal sebagai tethering, di mana smartphone berperan layaknya router portabel yang menyediakan akses internet sementara kepada perangkat lain tanpa memerlukan infrastruktur Wi-Fi tetap. Penelitian terkait aplikasi tethering pada smartphone menunjukkan bahwa pemanfaatan wireless tethering dapat digunakan untuk menghubungkan dan mengontrol perangkat lain dalam jaringan nirkabel, dengan jangkauan yang lebih luas dibandingkan dengan teknologi Bluetooth (Jalil, 2020).

### **Arduino IDE**

*Arduino Integrated Development Environment (IDE)* merupakan sebuah perangkat lunak yang berfungsi sebagai lingkungan pengembangan terintegrasi untuk menulis, mengedit, mengompilasi, dan mengunggah program ke papan mikrokontroler seperti Arduino dan perangkat berbasisnya, termasuk ESP32. Dalam konteks penelitian yang berfokus pada aplikasi *Internet of Things (IoT)* dan pengembangan sistem berbasis mikrokontroler, Arduino IDE sering kali digunakan sebagai lingkungan pengembangan utama. Hal ini memungkinkan penghubung antara perangkat keras dengan logika program yang diperlukan untuk membaca data sensor, mengendalikan modul komunikasi, serta melakukan pengolahan data secara real-time melalui internet. Arduino IDE menyediakan sintaks pemrograman yang mudah dipahami serta dilengkapi dengan berbagai pustaka (*libraries*) siap pakai yang mempercepat proses pengembangan aplikasi IoT (Saparullah, dkk., 2024).

### **3. METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian kuantitatif dengan metode eksperimen untuk menguji pengaruh variasi jarak terhadap kualitas sinyal pengiriman data sensor menggunakan *hotspot* seluler dan aplikasi *Wireshark*. Penelitian dilaksanakan di Jalan Udayana, Kebon Sari, Kecamatan Selaparang, Kota Mataram. Objek penelitian berupa sistem pengiriman data sensor suhu dan kelembaban berbasis *NodeMCU ESP32* dan sensor DHT22 yang terhubung melalui jaringan *Wi-Fi hotspot* seluler. Instrumen penelitian yang digunakan meliputi perangkat keras berupa *NodeMCU ESP32*, sensor DHT22, laptop, dan *smartphone*, serta perangkat lunak berupa *Arduino IDE* dan *Wireshark*. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui studi literatur, perancangan sistem, pengujian dan validasi sistem, serta pengamatan langsung terhadap kualitas jaringan saat proses pengiriman data berlangsung. Pengujian dilakukan dengan variasi jarak tertentu untuk memperoleh nilai *delay*, *packet loss*, *jitter*, dan *throughput* dari paket data yang ditangkap menggunakan *Wireshark*. Data yang diperoleh

kemudian dianalisis untuk mengevaluasi kualitas jaringan *hotspot* seluler dan kinerja sistem pengiriman data sensor. Teknik analisis data dilakukan secara kuantitatif melalui pengolahan hasil pengukuran parameter *Quality of Service (QoS)* guna mengetahui pengaruh variasi jarak terhadap kualitas sinyal pengiriman data sensor.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### Hasil Pengambilan Data

##### Hasil Capture Wireshark

Tabel 1. Rekapitulasi *Capture Wireshark*.

| No. | Jarak (m) | Paket Dikirim | Paket Diterima | Waktu (s) |
|-----|-----------|---------------|----------------|-----------|
| 1   | 5         | 79            | 79             | 180       |
| 2   | 10        | 63            | 63             | 180       |
| 3   | 15        | 40            | 40             | 180       |
| 4   | 20        | 22            | 22             | 180       |
| 5   | 25        | 47            | 47             | 180       |
| 6   | 30        | 53            | 53             | 180       |
| 7   | 35        | 45            | 45             | 180       |

##### Hasil Perhitungan Parameter

##### Packet Loss

Untuk menghitung packet loss dilakukan blocking pada semua paket data yang didapat saat menggunakan aplikasi *wireshark* tanpa melakukan filter pada paket data tersebut, seperti terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 1. Hasil *Capture Wireshark*.

Berdasarkan hasil pengamatan menggunakan *wireshark*, didapatkan hasil packet loss untuk pengiriman data dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Packet\ loss = \frac{(Paket\ Data\ Dikirim - Paket\ Data\ Diterima)}{Paket\ Data\ yang\ dikirim} \times 100\%$$

$$Packet\ loss = \frac{(480 - 480)}{480} \times 100\%$$

$$Packet\ loss = 0\%$$





Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada 7 titik, dengan beberapa kali pengulangan dalam pengambilan data nilai *delay* terjadi perubahan fluktuatif. Perubahan nilai *delay* ini dapat terjadi akibat dari sinyal *hotspot* seluler yang naik turun. Selain itu adanya objek lain seperti pohon atau arus lalu lintas yang padat pada saat pengambilan data.

Berdasarkan hasil pengujian dapat dilihat packet loss bernilai konstan dan tidak ada paket yang hilang selama dilakukan pengiriman paket. Nilai konstan packet loss ini dapat disebabkan oleh beban jaringan yang ringan, kondisi perangkat yang tetap dan tidak ada tambahan pengguna pada *hotspot*.

Berdasarkan hasil pengujian dapat dilihat nilai *throughput* mengalami fluktuatif. Perubahan nilai menunjukkan efisiensi pengiriman mengalami penurunan dan kenaikan yang tidak tetap pada tiap titik. Hal ini dapat disebabkan oleh adanya sinyal seluler lain yang mengganggu *hotspot* seluler.

Berdasarkan hasil pengujian dapat dilihat nilai *throughput* mengalami fluktuatif. Perubahan nilai menunjukkan efisiensi pengiriman mengalami penurunan dan kenaikan yang tidak tetap pada tiap titik. Hal ini dapat disebabkan oleh adanya variasi *delay* antar paket. Selain itu dapat juga dipengaruhi oleh sinyal *hotspot* yang berubah-ubah serta variasi jarak dan posisi.

## Grafik Hasil Pengujian

### Grafik Hubungan Jarak dan *Delay*



**Gambar 5.** Grafik Perbandingan Jarak dan *Delay*

Berdasarkan gambar grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai *delay* mengalami fluktuatif. Pada titik 10 m *delay* mengalami peningkatan yang dimana sebelumnya 2.381 s menjadi 2,606 s. *Delay* kemudian mengalami penurunan pada titik 15 m dengan nilai *delay* sebesar 2,257 s dan pada titik 20m *delay* terus mengalami peningkatan.

### Grafik Hubungan Jarak dan *Packet Loss*



**Gambar 6.** Perbandingan Jarak dan *Packet Loss*

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat packet loss bernilai tetap, baik itu pada jarak 1 m samapai 30 m. Nilai packet loss yang tetap ini dpat disebabkan oleh tidak adanya pengguna lain yang memamkai jaringan *hotspot*.

### Grafik Hubungan Jarak dan *Throughput*



**Gambar 7.** Perbandingan Jarak dengan *Throughput*.

Berdasarkan grafik dapat dilihat nilai *throughput* mengalami fluktuatif. Nilai *throughput* mengalami peningkatan pada titik 10 m. Dalam pengukuran yang dilakukan dengan jarak 0-35 m, sinyal terdeteksi hanya sampai titik 32 m dan optimum pada jarak 20 m dengan nilai *throughput* sebesar 2105 kbps

### Grafik Hubungan Jarak dan *Jitter*



**Gambar 8.** Perbandingan Jarak dengan *Jitter*.

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai nilai *jitter* mengalami fluktuatif. Nilai *jitter* mengalami penurunan pada jarak 10 m dan terjadi peningkatan nilai lagi pada jarak 20 m.

## **Pembahasan**

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kualitas transmisi data pada jaringan *hotspot* seluler dipengaruhi oleh empat parameter utama, yaitu throughput, *delay*, *jitter*, dan packet loss. Keempat parameter tersebut menjadi indikator dalam mengevaluasi kinerja jaringan untuk pengiriman data dari perangkat sensor ke penerima.

Secara keseluruhan, nilai throughput, *delay*, dan *jitter* menunjukkan pola yang fluktuatif selama proses pengiriman data. Kondisi ini mengindikasikan bahwa jaringan *hotspot* seluler memiliki karakteristik yang dinamis dan dipengaruhi oleh faktor eksternal maupun internal. Perubahan nilai throughput mencerminkan ketidakstabilan kecepatan transfer data yang umumnya disebabkan oleh variasi kekuatan sinyal, interferensi, serta beban trafik pada jaringan.

Adapun nilai *delay* yang mengalami kenaikan dan penurunan menunjukkan bahwa waktu tempuh paket data ke tujuan tidak bersifat konstan. Faktor yang memengaruhi meliputi proses antrian data, variasi kondisi jaringan, serta kemungkinan terjadinya retransmission. Pada kondisi jaringan yang padat, *delay* cenderung meningkat, sedangkan pada kondisi jaringan yang stabil, *delay* dapat berkurang.

Selain itu, *jitter* sebagai variasi dari *delay* juga menunjukkan pola yang tidak stabil. Hal ini berarti setiap paket data mengalami waktu tempuh yang berbeda-beda selama proses transmisi. Ketidakstabilan *jitter* dapat berdampak pada kualitas komunikasi data, terutama pada sistem yang memerlukan sinkronisasi waktu pengiriman yang konsisten. Fluktuasi *jitter* umumnya disebabkan oleh perubahan *delay* yang tidak merata akibat gangguan jaringan dan variasi trafik.

## **5. KESIMPULAN DAN DISKUSI**

Hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi jarak dengan menggunakan 40 lamda dihasilkan nilai yang optimum pada 20 meter antara perangkat ESP32 dan *hotspot* seluler, hal ini lebih jelas dapat dilihat sesuai dengan Gambar 7.

Hasil pengujian menunjukkan throughput berfluktuasi dan umumnya menurun saat jarak bertambah atau gangguan meningkat, meskipun dapat naik akibat perubahan sinyal dan beban trafik. Nilai delay tidak konstan dan cenderung meningkat pada jaringan padat atau jarak transmisi jauh, sehingga memengaruhi jitter menjadi tidak stabil karena interferensi dan trafik.

Sementara itu, packet loss relatif stabil dan tidak berubah signifikan, menandakan jaringan cukup andal dalam pengiriman paket data.

Secara keseluruhan, jaringan *hotspot* seluler dapat digunakan untuk transmisi data sensor. Akan tetapi, performa jaringan belum sepenuhnya stabil karena masih dipengaruhi oleh faktor jarak, kekuatan sinyal, interferensi, serta beban trafik.

### Diskusi

Pada penelitian selanjutnya, disarankan untuk melaksanakan pengujian di beragam kondisi lingkungan. Pengujian dapat dilakukan pada lokasi dengan banyak hambatan fisik seperti tembok dan bangunan, maupun pada area yang memiliki tingkat interferensi elektromagnetik tinggi. Hal ini bertujuan agar hasil evaluasi performansi jaringan lebih mencerminkan kondisi implementasi di lapangan. Pengembangan penelitian dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa jenis perangkat *hotspot* seluler dari merek atau penyedia layanan seluler yang berbeda. Tujuannya untuk mengetahui dampak perbedaan karakteristik jaringan terhadap kinerja transmisi data.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ariyanto, A. S. S., Triwibowo, D. N., Ashari, I. A., & Haryono, R. C. S. (2026). Implementation and performance evaluation of ESP32-based multi-sensor IoT system for real-time environmental monitoring and early warning. *JSAI (Jurnal Scientific and Applied Informatics)*, 9(1), 118–125. <https://doi.org/10.36085/jsai.v9i1.9861>
- Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. Prentice Hall.
- Berk, L. E. (2018). *Development through the lifespan* (7th ed.). Pearson.
- Bruner, J. (1991). The narrative construction of reality. *Critical Inquiry*, 18(1), 1–21. <https://doi.org/10.1086/448619>
- Cahyaningtyas, A., & Pratiwi, M. M. (2021). Efektivitas media animasi berbasis positive storytelling untuk meningkatkan pemahaman body safety pada anak usia dini. *Jurnal Psikologi Perkembangan dan Pendidikan*, 10(2), 143–155.
- Enda, D., Subandri, M. A., & Supria. (2021). Analisis QoS sistem monitoring pintar mitigasi penularan COVID-19 berbasis IoT. *Jurnal Informatika Polinema*, 8(1), 39–46. <https://doi.org/10.33795/jip.v8i1.705>
- Fajri, M., Ariessaputra, S., Zainuddin, A., Sasongko, S. A. M., & Muvianto, C. M. O. (2023). Analisis quality of service (QoS) jaringan outdoor 4G di Perumahan Royal Madinah Kabupaten Lombok Barat dengan metode drive test. *JEITECH: Journal of Electrical Engineering and Information Technology*, 1(1), 19–27.
- Field, S. (2005). *Screenplay: The foundations of screenwriting*. Delta Books.
- Field, S. (2019). *Screenplay: Foundations of screenwriting* (T. Rahardjo, Trans.). Gramedia Pustaka Utama. (Original work published 1979)

- Green, M. C., & Brock, T. C. (2000). The role of transportation in the persuasiveness of public narratives. *Journal of Personality and Social Psychology*, 79(5), 701–721. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.79.5.701>
- Gunadi, I. G. A., & Rachmawati, D. O. (2022). Review penggunaan sensor pada aplikasi IoT. *Wahana Matematika dan Sains: Jurnal Matematika, Sains, dan Pembelajarannya*, 16(3), 48–60. <https://doi.org/10.23887/wms.v16i3.51037>
- Hidayat, T., & Saputra, R. (2023). Analisis performa transmisi data sensor DHT22 menggunakan NodeMCU ESP32 berbasis jaringan Wi-Fi lokal dan hotspot seluler. *Jurnal Jaringan dan Teknologi Informasi*, 11(2), 115–124.
- Hidayatulloh, M. F., Santi, I. H., & Febrinita, F. (2023). Implementasi jaringan hotspot dengan sistem voucher menggunakan Mikrotik di jaringan RT/RW Net. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 7(4), 2652–2659. <https://doi.org/10.36040/jati.v7i4.7808>
- Jalil, A. (2020). Sistem kendali perangkat elektronik jarak jauh berbasis jaringan nirkabel menggunakan secure shell (SSH) dan robot operating system (ROS). *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 7(6), 1205–1212. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2020722737>
- Kurniati, E., & Handayani, T. (2023). Model edukasi perlindungan diri (self-protection) anak melalui media audiovisual di lingkungan sekolah dasar. *Jurnal Pendidikan dan Pengasuhan Anak*, 7(1), 34–46.
- Mafakhiri, J. (2022). Analisis kinerja internet hotspot dengan menerapkan bandwidth management menggunakan Mikrotik user manager di Kedai KARMILA. *Jurnal Informatika Universitas Pamulang*, 6(4), 659–665.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Moreno, R. (2006). Learning in high-tech and multimedia environments. *Current Directions in Psychological Science*, 15(2), 63–67. <https://doi.org/10.1111/j.0963-7214.2006.00408.x>
- Nugroho, F., & Wicaksono, M. F. (2024). Pengaruh variasi jarak dan penghalang (obstacle) terhadap parameter received signal strength indicator (RSSI) pada modul ESP32. *Jurnal Otomasi dan Komputer Kontemporer*, 16(1), 45–54.
- Ong, K., Wilsen, & Chang, W. (2025). Quality of service (QoS) analysis on home internet networks using Wireshark. *Journal of Computer Science Research and Technological Innovation*, 1(2), 113–118.
- Papalia, D. E., & Martorell, G. (2017). *Experience human development* (13th ed.). McGraw-Hill Education.
- Piaget, J. (1970). *Science of education and the psychology of the child*. Viking Press.
- Prantica, M. (2020). *Sistem monitoring kadar gas karbon monoksida, karbon dioksida, hidrogen, dan amonia menggunakan sensor MQ2 dan MQ-135 berbasis NodeMCU ESP32 sebagai pemantau pencemaran udara* (Skripsi sarjana, Universitas Lampung).
- Pratama, I. P. A. E. (2019). *Handbook Internet of Things: Teori dan implementasi*. Informatika.
- Raja, P., Kumar, D. S., Yadav, D. S., & Singh, D. T. (2023). The Internet of Things (IoT): A review of concepts, technologies, and applications. *International Journal of Information Technology and Computing*, 3(2), 21–32. <https://doi.org/10.55529/ijitc.32.21.32>

- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2017). *Self-determination theory: Basic psychological needs in motivation, development, and wellness*. Guilford Press. <https://doi.org/10.1521/978.14625/28806>
- Saparullah, R., Pebralia, J., & Maulana, L. Z. (2024). Internet of Things (IoT) and Arduino IDE as a smart water quality control for monitoring in catfish ponds. *International Journal of Hydrological and Environmental for Sustainability*, 3, 48–56. <https://doi.org/10.58524/ijhes.v3i1.415>
- Sasmita, A., & Rahmawati, D. (2024). Analisis quality of service (QoS) pada pengiriman data sensor lingkungan berbasis ESP32 menggunakan jaringan tethering seluler. *Jurnal Rekayasa Sistem Elektrik*, 13(3), 202–211.
- Seligman, M. E. P. (2018). *Authentic happiness: Menggunakan psikologi positif untuk mewujudkan potensi diri* (T. Rahardjo, Trans.). Mizan.
- Utomo, S., & Wijaya, R. (2025). Evaluasi jarak jangkauan transmisi data mikrokontroler berbasis IoT menggunakan protokol MQTT dan HTTP pada jaringan seluler 4G/5G. *Jurnal Teknologi Telekomunikasi*, 10(1), 78–86.
- Wells, P. (1998). *Understanding animation*. Routledge.
- Wicaksono, M. F., & Hidayat, T. (2022). *Mudah belajar mikrokontroler Arduino dan ESP32*. Informatika.
- Wijaya, A., Abdullah, A., Windriyani, E., Samaeni, F. C., Romdan, M. Y., Ardiansah, R., & Thoyyibah. (2024). Implementasi quality of service (QoS) menggunakan Wireshark pada jaringan wireless LAN. *Digital Transformation Technology (Digitech)*, 4(1), 296–303. <https://doi.org/10.47709/digitech.v4i1.4030>
- Witte, K., & Allen, M. (2000). A meta-analysis of fear appeals: Implications for effective health campaigns. *Health Education & Behavior*, 27(5), 591–615. <https://doi.org/10.1177/109019810002700506>
- Wright, J. A. (2018). *Animation writing and development*. Routledge.
- Yoga, I. M. G., & Yadnya, M. S. (2026). Analisis quality of service (QoS) Wi-Fi tipe UAP IW HD internet di Hotel Ayana Resort. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 14(2), 1006–1018. <https://doi.org/10.23960/jitet.v14i2.9096>
- Yusuf, M., & Rahman, A. (2025). Studi eksperimental akurasi sensor DHT22 dan efisiensi pengiriman data real-time jarak jauh pada NodeMCU. *Jurnal Instrumentasi dan Elektronika*, 7(2), 133–142.