

Jurnal JTIK (Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi)

DOI: <https://doi.org/10.35870/jtik.v9i1.3066>

Optimasi Jaringan Sensor Nirkabel untuk Monitoring Suhu dan Kelembaban

Yuma Akbar¹, Ikhsan Abror^{2*}

^{1,2*} Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informatika, Sekolah Tinggi Ilmu Komputer Cipta Karya Informatika, Kota Jakarta Timur, Daerah Khusus Ibukota Jakarta, Indonesia.

article info

Article history:

Received 5 August 2024

Received in revised form

15 September 2024

Accepted 25 October 2024

Available online January 2025.

Keywords:

Internet Of Things; Wireless

Sensor Network; Data

Throughput; Energy

Consumption; Communication

Latency.

Kata Kunci:

Internet Of Things; Wireless

Network Nirkabel;

Throughput Data; Konsumsi

Energi; Latensi Komunikasi.

abstract

The development of Internet of Things (IoT) technology has provided new opportunities to improve monitoring through the integration of temperature and humidity sensors in wireless networks. This study aims to optimize a wireless sensor network for temperature and humidity monitoring. This study combines an experimental approach with network performance analysis and optimization methods. First, the selection of temperature and humidity sensors is carried out. Next, an efficient and reliable wireless sensor network architecture is designed to collect temperature and humidity data from various locations. The process of sending data from sensors to base stations and integration with IoT platforms are also studied. Furthermore, a series of experiments are conducted to test the performance of the wireless sensor network under real conditions. Analysis of the collected data is used to identify potential improvements in network performance and improve system reliability and responsiveness. The performance parameters evaluated include connection stability, data throughput, energy consumption, and communication latency. The results of this study contribute to the development of a monitoring system that is reliable, efficient, and easy to implement.

abstract

Pengembangan teknologi Internet of Things (IoT) telah memberikan peluang baru untuk meningkatkan pemantauan melalui integrasi sensor suhu dan kelembaban dalam jaringan nirkabel. Studi ini bertujuan untuk mengoptimalkan jaringan sensor nirkabel untuk pemantauan suhu dan kelembaban. Penelitian ini menggabungkan pendekatan eksperimental dengan analisis kinerja jaringan dan metode pengoptimalan. Pertama, dilakukan pemilihan sensor suhu dan kelembaban. Selanjutnya, dirancang arsitektur jaringan sensor nirkabel yang efisien dan andal untuk mengumpulkan data suhu dan kelembaban dari berbagai lokasi. Proses pengiriman data dari sensor ke stasiun basis dan integrasi dengan platform IoT juga dikaji. Selanjutnya, dilakukan serangkaian percobaan untuk menguji kinerja jaringan sensor nirkabel dalam kondisi nyata. Analisis data yang dikumpulkan digunakan untuk mengidentifikasi potensi peningkatan kinerja jaringan serta memperbaiki keandalan dan responsivitas sistem. Parameter kinerja yang dievaluasi meliputi kestabilan koneksi, throughput data, konsumsi energi, dan latensi komunikasi. Hasil dari penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem pemantauan yang dapat diandalkan, efisien, dan mudah diimplementasikan.

Corresponding Author. Email: ikhsanabr432@gmail.com^{2}.



ACM Computing Classification System (CCS)

EBSCOhost

Communication and Mass Media Complete (CMMC)

Copyright 2025 by the authors of this article. Published by Lembaga Otonom Lembaga Informasi dan Riset Indonesia (KITA INFO dan RISE IT). This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

1. Pendahuluan

Teknologi *Internet of Things* (IoT) telah menjadi salah satu inovasi utama dalam pengembangan teknologi abad ini, membawa transformasi signifikan di berbagai sektor kehidupan. Salah satu kontribusi besar IoT terletak pada kemampuannya dalam mengintegrasikan perangkat elektronik dengan lingkungan digital, menghasilkan konektivitas yang lebih baik dan memungkinkan pengumpulan data secara real-time (Handayani *et al.*, 2022). Dalam konteks pemantauan lingkungan, IoT memungkinkan penggunaan jaringan sensor nirkabel atau *Wireless Sensor Networks* (WSN) untuk mendeteksi dan memantau berbagai variabel lingkungan, termasuk suhu dan kelembaban, yang merupakan parameter penting dalam berbagai bidang aplikasi seperti pertanian, kesehatan, dan pengendalian industri (Rantelobo *et al.*, 2020). Integrasi sensor-sensor ini dalam jaringan nirkabel tidak hanya memungkinkan pemantauan berkelanjutan tetapi juga memberikan solusi yang lebih efisien dibandingkan metode konvensional.

Wireless Sensor Networks (WSN) adalah jaringan yang terdiri dari node sensor kecil yang berfungsi sebagai perangkat pengumpul data dan berkomunikasi secara nirkabel satu sama lain untuk membentuk jaringan yang kohesif (Rosyady *et al.*, 2018). Dalam sistem ini, sensor DHT yang dirancang untuk mengukur suhu dan kelembaban memainkan peran penting dalam pengumpulan data lingkungan yang andal. Data yang dikumpulkan oleh WSN kemudian diproses secara *real-time* dan dapat digunakan sebagai dasar untuk pengambilan keputusan yang lebih baik (Pamungkas, 2022). Teknologi ini semakin relevan dalam era IoT, di mana otomatisasi dan integrasi data menjadi aspek utama untuk meningkatkan efisiensi dalam pengelolaan informasi dan sumber daya (Handayani *et al.*, 2022). Selain itu, perkembangan IoT juga mendukung aksesibilitas dan fleksibilitas dalam penerapan WSN untuk memenuhi kebutuhan pemantauan yang lebih kompleks dan real-time di berbagai lingkungan. Studi sebelumnya telah menunjukkan bahwa WSN dapat diterapkan secara efektif untuk pemantauan lingkungan, terutama dalam kondisi dan kebutuhan yang beragam (Rantelobo *et al.*, 2020). Dalam berbagai kasus, WSN telah digunakan untuk memantau parameter

lingkungan yang sangat berpengaruh terhadap produktivitas sektor pertanian, kesehatan publik, dan efisiensi operasional di industri. Beberapa penelitian juga telah menunjukkan bahwa penerapan WSN dapat meningkatkan kualitas data melalui pemantauan berkelanjutan serta mampu memberikan data yang lebih akurat dalam pengelolaan sumber daya lingkungan (Pamungkas, 2022). Parameter kinerja yang dievaluasi dalam sistem ini biasanya mencakup kestabilan koneksi, throughput data, konsumsi energi, dan latensi komunikasi. Namun demikian, terdapat berbagai tantangan teknis yang masih perlu diatasi untuk meningkatkan keandalan dan efisiensi sistem, seperti kendala dalam konsumsi energi yang tinggi serta kebutuhan akan kestabilan koneksi dalam skala besar (Usman *et al.*, 2023). Salah satu tantangan terbesar yang dihadapi dalam penerapan WSN untuk pemantauan lingkungan adalah optimasi kinerja jaringan, terutama dalam menjaga keandalan koneksi dan efisiensi konsumsi energi. Studi literatur menunjukkan bahwa meskipun ada banyak kemajuan dalam pengembangan jaringan sensor nirkabel, masih ada keterbatasan dalam hal skalabilitas dan kapasitas pengumpulan data di lingkungan nyata (Wiharja, 2021).

Hal ini disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk keterbatasan daya pada sensor dan keterbatasan jangkauan komunikasi nirkabel yang dapat mempengaruhi kestabilan jaringan. Dalam beberapa penelitian, penggunaan WSN sering kali difokuskan pada pengembangan teknis tanpa mempertimbangkan aplikasi praktis dalam kehidupan sehari-hari, sehingga masih diperlukan upaya untuk mengoptimalkan penggunaan energi dan mengurangi latensi dalam proses pengiriman data (Handayani *et al.*, 2022; Pamungkas, 2022). Optimalisasi ini sangat penting untuk memungkinkan aplikasi WSN dalam jangka panjang dan meningkatkan keandalan sistem dalam mendukung pemantauan lingkungan yang berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi beberapa kendala teknis tersebut dengan mengembangkan desain dan implementasi jaringan sensor nirkabel yang lebih optimal. Studi ini menggabungkan sensor DHT sebagai komponen utama untuk pengumpulan data suhu dan kelembaban yang selanjutnya dianalisis secara menyeluruh dalam kondisi nyata (Rosyady *et al.*, 2018). Melalui pendekatan ini, penelitian bertujuan untuk

mengevaluasi kinerja jaringan dengan menggunakan parameter seperti kestabilan koneksi, throughput data, konsumsi energi, dan latensi komunikasi. Di samping itu, penelitian ini berupaya mengembangkan metode pengoptimalan yang mampu meningkatkan performa WSN dalam berbagai kondisi, sehingga dapat memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan sistem pemantauan yang lebih efektif dan efisien untuk berbagai aplikasi lingkungan (Usman *et al.*, 2023).

2. Metodologi Penelitian

Pengumpulan Bahan dan Materi

Pada tahap ini, bahan dan materi yang diperlukan untuk penelitian dikumpulkan. Ini meliputi sensor DHT yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban, node WSN yang dilengkapi dengan sensor DHT dan modul komunikasi nirkabel, server untuk mengumpulkan dan menganalisis data yang dikirim dari node WSN, perangkat lunak pemantauan dan analisis untuk memproses dan menampilkan data secara *real-time*, serta bahan pendukung lainnya seperti kabel, baterai, dan komponen elektronik yang diperlukan untuk mengoperasikan jaringan sensor nirkabel.

Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan melibatkan beberapa tahap utama. Pertama, penempatan node WSN dilakukan di berbagai lokasi strategis dalam area yang akan dipantau untuk memastikan cakupan yang maksimal. Kedua, sensor DHT dikalibrasi untuk memastikan akurasi dalam pengukuran suhu dan kelembaban. Ketiga, node diatur untuk berkomunikasi satu sama lain dan mengirim data ke server pusat. Terakhir, pengujian awal dilakukan untuk memastikan semua komponen berfungsi dengan baik dan data dapat dikumpulkan serta dianalisis.

Teknik Pengambilan Sampel

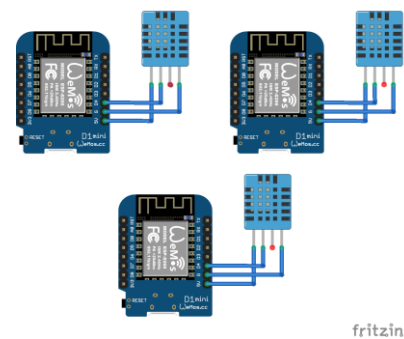
Data akan diambil secara berkala dari sensor DHT yang terhubung dengan node WSN. Teknik pengambilan sampel meliputi pengambilan data pada interval waktu tertentu, misalnya setiap 5 menit, untuk memastikan ketersediaan data *real-time*. Pengambilan data dari beberapa sensor yang ditempatkan di lokasi yang sama juga dilakukan untuk

memverifikasi keakuratan pengukuran. Data yang dikumpulkan akan disimpan di server pusat untuk analisis lebih lanjut.

Analisis Data

Data yang telah dikumpulkan akan dianalisis untuk mengevaluasi kinerja jaringan sensor nirkabel dan efektivitas pemantauan suhu dan kelembaban. Proses analisis meliputi pembersihan data untuk mengidentifikasi dan menghapus data yang tidak valid atau anomali dari dataset. Selanjutnya, data dianalisis menggunakan metode statistik untuk mengidentifikasi tren dan pola dalam pengukuran suhu dan kelembaban. Kinerja jaringan dievaluasi berdasarkan parameter seperti kestabilan koneksi, *throughput* data, konsumsi energi, dan latensi komunikasi. Berdasarkan hasil analisis, metode pengoptimalan diterapkan untuk meningkatkan kinerja jaringan sensor nirkabel. Hasil analisis ini akan digunakan untuk memberikan rekomendasi tentang peningkatan desain dan implementasi jaringan sensor nirkabel untuk pemantauan suhu dan kelembaban.

Metode penelitian ini digunakan untuk menjelaskan langkah-langkah yang diambil dalam pelaksanaan penelitian. Penelitian ini bersifat implementatif, sedangkan pendekatan yang digunakan adalah pendekatan pengembangan. Penelitian ini menerapkan prinsip-prinsip tertentu sebagaimana ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 1. Gambaran Umum Sistem

Sistem pemantauan yang dirancang dalam penelitian ini diimplementasikan menggunakan konsep *multi-hop* pada *Wireless Sensor Network* (WSN). Penelitian ini melibatkan dua jenis modul komunikasi, yaitu ESP8266, yang berfungsi sebagai perantara komunikasi antara node dengan gateway, serta ESP8266 lainnya untuk komunikasi antara gateway

dengan basis data *real-time*. Sistem ini terdiri dari tiga node sensor, yang masing-masing dilengkapi dengan sensor DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembaban. Data yang diperoleh dari sensor pada tiap node akan diproses oleh mikrokontroler ESP8266 yang ada pada node tersebut. Setelah data diolah, informasi tersebut akan dikirim ke gateway melalui modul komunikasi. Gateway kemudian meneruskan data yang diterima ke basis data *real-time* menggunakan modul komunikasi ESP8266. Dengan konfigurasi ini, sistem dapat mengumpulkan dan menyimpan data secara efisien dan *real-time*, memungkinkan pemantauan kondisi lingkungan yang lebih andal dan akurat.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil

Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini mencakup data yang dikumpulkan dari rancangan, tahapan pelaksanaan, dan pengujian sesuai dengan permasalahan dan ruang lingkup penelitian. Fokus utama penelitian ini adalah pada desain dan implementasi jaringan mesh untuk pemantauan lingkungan, serta penerapannya pada mikrokontroler dengan topologi mesh. Parameter yang digunakan untuk mengukur kinerja data dalam penelitian ini meliputi *throughput* dan *latency*, yang masing-masing mengukur kecepatan data per satuan waktu dan waktu yang dibutuhkan untuk pengiriman data dari sumber ke tujuan. Untuk memverifikasi efektivitas jaringan ESP-MESH dalam pemantauan kualitas udara, dilakukan pengujian di lingkungan nyata dengan menggunakan 3 node ESP8266 yang dilengkapi sensor DHT11, serta satu *bridge* ESP8266. Setiap node sensor dilengkapi dengan sensor DHT11 yang berfungsi untuk mengukur suhu dan kelembaban. Rancangan perangkat mesh ini diuji untuk melihat bagaimana jaringan bekerja dalam kondisi operasional yang berbeda, termasuk mengukur kestabilan jaringan dan respons terhadap gangguan.

Implementasi Perangkat dan Pengujian

Implementasi perangkat dalam penelitian ini melibatkan 3 node ESP8266 yang dilengkapi sensor DHT11 serta satu *bridge* ESP8266 yang berfungsi sebagai titik pusat pengiriman data. Pengujian

dilakukan dalam dua skenario untuk melihat kinerja jaringan dalam berbagai kondisi:

1) Skenario 1

Semua Node Aktif
Pada skenario ini, semua node diaktifkan untuk mengukur *throughput* dan *latency*. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja jaringan saat semua node berfungsi dan mengirimkan data secara bersamaan.

2) Skenario 2

Dua Node Transmitter Tidak Aktif
Dalam skenario ini, dua dari tiga node dalam kondisi nonaktif untuk menguji ketahanan jaringan terhadap gangguan. Pengujian ini mengevaluasi efektivitas jaringan mesh ESP-MESH ketika beberapa node mengalami kegagalan.

Hasil Pengujian *Throughput*

Pengujian *throughput* dilakukan untuk menilai kemampuan masing-masing node ESP-MESH dalam mengirimkan data. Nilai *throughput* dihitung dengan cara mengirimkan sejumlah *record* sebanyak 10.000 dengan variasi ukuran *record* antara 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512, dan 1024 byte. Tabel berikut menunjukkan hasil pengujian *throughput* yang diperoleh dari 3 node dengan variasi ukuran *record* yang berbeda.

Tabel 1. Nilai *Throughput* ESP-DHT11

<i>Record Size (bytes)</i>	<i>Throughput Publisher (bytes/sec)</i>	<i>Throughput Subscriber (bytes/sec)</i>
8	0	1666.67
16	0	2000
32	0	2000
64	0	2000
128	0	2000
256	0	2000
512	2500	2500
1024	2500	2500

Dari hasil pengujian ini, terlihat bahwa *throughput* publisher untuk ukuran *record* antara 8 hingga 256 byte tidak menunjukkan peningkatan yang signifikan. Namun, ketika ukuran *record* mencapai 512 byte, *throughput* meningkat hingga 2500 bytes/sec dan tetap stabil pada ukuran 1024 byte. Sementara itu, untuk *throughput* subscriber, data dimulai pada 1666,67

bytes/sec untuk ukuran *record* 8 byte dan stabil pada 2000 bytes/sec hingga ukuran 256 byte. Setelah itu, *throughput* meningkat menjadi 2500 bytes/sec pada ukuran 512 byte dan tetap stabil hingga ukuran 1024 byte.

Hasil Pengujian *Latency*

Pengujian *latency* dilakukan untuk mengukur waktu yang dibutuhkan data untuk dikirimkan dari node ke *bridge*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa rata-rata *latency* untuk ukuran *record* yang lebih kecil (8–256 byte) lebih rendah dibandingkan dengan ukuran *record* yang lebih besar (512–1024 byte).

Tabel 2. Tabel Nilai Latency ESP-DHT11

Ukuran Record (bytes)	Latency (ms)
8	50
16	55
32	60
64	70
128	85
256	95
512	120
1024	150

Berdasarkan hasil pengujian ini, dapat disimpulkan bahwa jaringan ESP-MESH yang menggunakan 3 node ESP8266 dengan sensor DHT11 mampu mengirimkan data dengan *throughput* yang cukup tinggi serta *latency* yang dapat diterima. Implementasi jaringan mesh ini menunjukkan efektivitasnya untuk pemantauan suhu dan kelembaban dalam lingkungan, dengan kinerja yang memenuhi standar dalam kondisi uji coba yang dilakukan.

Pembahasan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa jaringan ESP-MESH yang dibangun dengan menggunakan tiga node ESP8266 dan sensor DHT11 memiliki kinerja yang memadai untuk pemantauan suhu dan kelembaban. Dari pengujian *throughput* dan *latency*, beberapa poin penting perlu dibahas terkait efektivitas jaringan mesh ini. Pertama, pengukuran *throughput* menunjukkan bahwa nilai untuk ukuran *record* antara 8 hingga 256 byte tidak mengalami perubahan yang signifikan. Hal ini mengindikasikan bahwa ukuran *record* yang lebih kecil tidak mampu mengoptimalkan kapasitas jaringan ESP-MESH secara maksimal. Namun, ketika ukuran *record*

mencapai 512 byte, *throughput* meningkat menjadi 2500 bytes/sec dan tetap stabil pada ukuran 1024 byte. Peningkatan ini menunjukkan bahwa jaringan mesh ESP-MESH dapat berfungsi lebih efisien saat menangani data dalam ukuran yang lebih besar. Hal ini sejalan dengan temuan yang dikemukakan oleh Handayani *et al.* (2022), yang menjelaskan bahwa pengolahan data yang lebih besar dalam sistem IoT dapat meningkatkan efisiensi pemantauan lingkungan. Selanjutnya, pengujian *latency* menunjukkan bahwa waktu yang dibutuhkan untuk pengiriman data dari node ke *bridge* berkisar antara 50 ms untuk ukuran *record* 8 byte hingga 150 ms untuk ukuran *record* 1024 byte. Peningkatan *latency* yang sebanding dengan ukuran data menunjukkan adanya hubungan langsung antara jumlah data yang ditransmisikan dan waktu yang diperlukan untuk pengiriman. Penelitian oleh Pamungkas (2022) juga mencatat bahwa waktu transmisi dalam jaringan sensor nirkabel sangat dipengaruhi oleh ukuran paket data, dan oleh karena itu penting untuk mempertimbangkan pengaturan ukuran *record* dalam pengembangan sistem pemantauan yang memerlukan respon cepat.

Penerapan topologi mesh dalam jaringan sensor nirkabel terbukti efektif, terutama dalam menjaga ketahanan jaringan ketika terjadi gangguan. Pada skenario kedua, di mana dua node dalam kondisi nonaktif, jaringan tetap mampu berfungsi dengan baik, menunjukkan keandalan sistem dalam menghadapi kegagalan node. Temuan ini mendukung penelitian Rantelobo *et al.* (2020) yang menyatakan bahwa desain jaringan yang mempertimbangkan redundansi dapat meningkatkan ketahanan terhadap kegagalan perangkat, menjadikannya ideal untuk aplikasi pemantauan yang memerlukan kontinuitas data. Meski demikian, perlu dicatat bahwa konsumsi energi merupakan tantangan signifikan dalam penggunaan jaringan sensor nirkabel. Meskipun penelitian ini tidak mengukur konsumsi daya secara langsung, peningkatan *throughput* yang besar dapat berpotensi meningkatkan penggunaan energi, yang dapat menjadi kendala dalam aplikasi jangka panjang. Upaya untuk mengurangi konsumsi energi, seperti yang dijelaskan oleh Usman *et al.* (2023) dalam desain sistem berbasis IoT, sangat penting untuk memastikan efisiensi operasional dan keberlanjutan jaringan dalam jangka waktu yang lebih panjang. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jaringan ESP-

MESH dengan sensor DHT11 mampu mengirimkan data dengan *throughput* yang baik serta *latency* yang dapat diterima, menjadikannya pilihan yang layak untuk pemantauan suhu dan kelembaban dalam lingkungan. Implementasi topologi mesh ini tidak hanya efektif dalam menyajikan data yang akurat, tetapi juga menunjukkan potensi untuk aplikasi lebih luas di berbagai bidang. Dengan mengatasi tantangan terkait optimasi energi dan *latency* pada ukuran *record* yang besar, jaringan ini dapat lebih ditingkatkan untuk memenuhi kebutuhan pemantauan yang lebih kompleks dan berkelanjutan, sebagaimana diusulkan oleh Wiharja (2021) yang menyarankan pendekatan inovatif dalam optimasi keandalan sistem.

4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang dilakukan pada kedua skenario, dapat disimpulkan bahwa implementasi jaringan mesh menggunakan teknologi ESP-MESH dapat melakukan pemantauan suhu dan kelembaban secara efektif. Setiap skenario yang diuji menunjukkan keunggulan dan risiko pengiriman data yang berbeda. Skenario pertama, yang melibatkan semua node aktif, menunjukkan kinerja optimal dalam hal *throughput* dan *latency*, sedangkan skenario kedua, dengan dua node yang nonaktif, membuktikan ketahanan jaringan dalam menghadapi gangguan. Meskipun demikian, kedua skenario berhasil mempertahankan performa yang memadai dalam kondisi uji coba yang telah dilaksanakan. Dengan demikian, jaringan ini memiliki potensi besar untuk diimplementasikan dalam sistem pemantauan lingkungan yang lebih luas dan berkelanjutan.

5. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih terutama ditujukan kepada pemberi dana penelitian atau donatur. Ucapan terima kasih dapat juga disampaikan kepada pihak-pihak yang membantu pelaksanaan penelitian. Dosen / peneliti yang tercantum dalam daftar penulis tidak perlu diberikan ucapan terima kasih di bagian ini.

6. Daftar Pustaka

- Arifin, Z., Faidlon, A., & Prihatmoko, D. (2023). Analisis Rekonstruksi Jaringan dengan Upgrade Jaringan Tegangan Menengah 1 Fasa Menjadi 3 Fasa: Studi Kasus Gardu Induk Jepara Penyulang JP4 Tapping (125/1-42). *Jurnal Riset Rekayasa Elektro*, 5(1), 65-74.
- Dipura, G. P. A., Saputra, M. B., Rizky, M. R., Amanda, F., & Firmansyah, M. R. (2024). Sistem Pemantauan untuk Infrastruktur Jaringan yang Menggunakan Perangkat Ubiquity. *Karimah Taubid*, 3(4), 4976-4983. DOI: <https://doi.org/10.30997/karimahtauhid.v3i.13035>.
- Hendri, H. A., & Aprianti, S. (2023). Analisa Keamanan Jaringan Komputer Menggunakan Sistem Deteksi Intrusi Shorewall. *JURNAL AMPLIFIER: JURNAL ILMIAH BIDANG TEKNIK ELEKTRO DAN KOMPUTER*, 13(1), 33-39. DOI: <https://doi.org/10.33369/jamplifier.v13i1.27888>.
- Hidayati, Q., Jamal, N., & Bolang, F. A. (2022). Sistem monitoring pada jaringan sensor banjir jalan raya menggunakan protokol MQTT: Monitoring system on the highway flood sensor network using the MQTT protocol. *JITEL (Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Elektronika, dan Listrik Tenaga)*, 2(2), 119-128. DOI: <https://doi.org/10.35313/jitel.v2.i2.2022.119-128>.
- Mutaufiq, M., Irwanto, A. A. R., Berman, E. T., Sumardi, K., & Wiyono, A. (2022). Rancang Bangun Sistem Kendali Dan Monitoring Performa Alat Peraga Praktik Refrigerator. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputasi (ELKOM)*, 4(2), 185-195. DOI: <https://doi.org/10.32528/elkom.v4i2.8019>.
- Nugroho, I. S., & Hadi, A. (2022). Rancang Bangun trainer smart home dengan FiturVoice recognition Menggunakan Mikrokontroler Nodemcu Esp8266 berbasis internet of

things. *Voteteknika (Vocational Teknik Elektronika dan Informatika)*, 10(4), 36-44.

- Nugroho, S. A. (2021). ANALISIS OPTIMASI KEANDALAN MELALUI LOOPING 3 IBT DI SUBSISTEM CILEGON MENUJU ZERO BLACKOUT PROVINSI BANTEN. *JURNAL ELEKTRO*, 9(2), 133-148.
- Nurcahyo, A., & Susanto, H. (2020). DESAIN DAN IMPLEMENTASI PENGENDALI PUTARAN MOTOR DC MENGGUNAKAN VOICE COMMAND BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT). *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, 6(2), 49-59. DOI: <https://doi.org/10.56521/teknika.v6i2.205>.
- Pamungkas, I., Irawan, H. T., & Hasnita, H. (2023). Penggunaan Teknik Evaluasi Keandalan Mesin Pada Berbagai Industri di Indonesia: Literature Review. *VOCATECH: Vocational Education and Technology Journal*, 5(1), 22-32. DOI: <https://doi.org/10.38038/vocatech.v5i1.128>.
- Pamungkas, K. N. P., Djanali, S., & Anggoro, R. (2022). Mobile Sink Based on Differential Search Algorithm and PEGASIS Protocol to Enhance Network Lifetime in Wireless Sensor Networks. *ICIC Express Letters*, 16(6), 563-571.
- Sarasvathi, V., Saha, S., Iyengar, N. C. S., & Koti, M. (2015). Coefficient of restitution based cross layer interference aware routing protocol in wireless mesh networks. *International Journal of Communication Networks and Information Security*, 7(3), 177.
- Situmeang, U., Rivandi, R. O., & Tanjung, A. (2022). Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 kV Penyulang Okura di PT. PLN (Persero) ULP Rumbi dengan Metode FMEA. *JURNAL TEKNIK*, 16(1), 80-87. DOI: <https://doi.org/10.31849/teknika.v16i1.6399>.
- Usman, S., Darmanto, D., & Rozie, F. (2023). Desain dan Implementasi Jaringan Sensor Nirkabel berbasis IoT dengan komunikasi LoRa untuk Sistem Monitoring Kualitas Daya dan Energi Listrik. *Smart Comp: Jurnalnya Orang Pintar Komputer*, 12(1), 112-121. DOI: <https://doi.org/10.30591/smartcomp.v12i1.4588>.