

Implementasi Wireless Sensor Network Berbasis IoT untuk Sistem Smart Home

Abduhu Rafik^{1)*} 

¹⁾ Universitas Madura, Pamekasan, Indonesia

¹⁾ abduhurafik@gmail.com

Abstrak

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) mendorong penerapan sistem *smart home* yang membutuhkan komunikasi data real-time, efisien, dan andal. *Wireless Sensor Network* (WSN) menjadi komponen penting dalam pengumpulan data lingkungan, namun implementasinya masih menghadapi tantangan terkait keandalan jaringan, waktu respons, dan stabilitas komunikasi nirkabel. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan dan mengevaluasi kinerja sistem *smart home* berbasis WSN dan IoT dalam mendukung pemantauan kondisi lingkungan dan pengendalian perangkat rumah secara real-time. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan merancang dan mengimplementasikan arsitektur WSN yang terintegrasi dengan platform IoT. Sistem terdiri dari beberapa node sensor, gateway IoT, dan dashboard pemantauan berbasis web. Pengujian dilakukan untuk mengamati pengiriman data sensor, waktu respons sistem, dan stabilitas koneksi jaringan nirkabel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa data sensor suhu dan kelembapan berhasil dikirimkan secara periodik dan ditampilkan secara real-time pada dashboard pemantauan. Sistem menunjukkan tingkat keandalan pengiriman data yang tinggi, waktu respons yang relatif singkat, serta koneksi jaringan yang stabil selama pengujian dengan beberapa node sensor aktif. Dashboard juga mampu menampilkan status node sensor dan perangkat *smart home* secara konsisten. Implementasi WSN berbasis IoT terbukti efektif dalam mendukung sistem *smart home* untuk pemantauan dan pengendalian lingkungan rumah. Sistem yang dikembangkan memenuhi kebutuhan dasar real-time monitoring dan memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut melalui penambahan sensor, peningkatan keamanan jaringan, dan integrasi layanan cerdas lainnya pada penelitian selanjutnya.

Kata Kunci: Wireless Sensor Network, Internet of Things, Smart Home, Monitoring Real-Time, Jaringan Nirkabel

Article history: Received 5 April 2025, first decision 22 April 2025, accepted 22 August 2025, available online 28 October 2025

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi dalam dua dekade terakhir telah mendorong lahirnya berbagai sistem cerdas yang mampu meningkatkan kualitas hidup manusia. Salah satu bentuk penerapan teknologi tersebut adalah konsep *smart home*, yaitu sistem hunian yang dilengkapi dengan perangkat cerdas untuk memantau, mengontrol, dan mengotomatisasi berbagai aktivitas rumah tangga secara efisien [1], [2], [3], [4]. Konsep *smart home* tidak hanya berfokus pada kenyamanan, tetapi juga mencakup aspek keamanan, efisiensi energi, dan pengelolaan sumber daya secara optimal. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan sistem hunian yang adaptif dan terintegrasi, peran teknologi jaringan komputer menjadi semakin krusial dalam mendukung komunikasi antarperangkat di dalam lingkungan *smart home*. Salah satu teknologi yang memiliki peran penting dalam pengembangan *smart home* adalah *Wireless Sensor Network* (WSN). WSN merupakan jaringan yang terdiri dari sejumlah node sensor nirkabel yang mampu melakukan penginderaan, pemrosesan data, serta komunikasi secara mandiri melalui media nirkabel [5], [6], [7], [8]. Node sensor pada WSN umumnya dilengkapi dengan sensor fisik, mikrokontroler, modul komunikasi, dan sumber daya terbatas, sehingga desain jaringan harus mempertimbangkan efisiensi energi, keandalan komunikasi, serta skalabilitas sistem. Dalam konteks *smart home*, WSN memungkinkan pengumpulan data lingkungan secara real-time, seperti suhu, kelembapan, intensitas cahaya, keberadaan manusia, dan status perangkat listrik, yang selanjutnya dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan otomatis.

Integrasi WSN dengan paradigma *Internet of Things* (IoT) semakin memperluas potensi penerapan sistem *smart home*. IoT memungkinkan setiap perangkat fisik terhubung ke jaringan internet dan saling berkomunikasi menggunakan protokol standar, sehingga data yang dihasilkan oleh node sensor tidak hanya dapat diproses secara lokal, tetapi juga dikirim ke server atau *cloud* untuk analisis lebih lanjut. Dengan dukungan IoT [9], [10], [11], [12], sistem *smart home* berbasis WSN dapat diakses dan dikendalikan dari jarak jauh melalui perangkat seperti smartphone

* Abduhu Rafik

atau komputer, sehingga meningkatkan fleksibilitas dan kemudahan penggunaan bagi penghuni rumah. Selain itu, IoT memungkinkan integrasi *smart home* dengan layanan cerdas lainnya, seperti sistem manajemen energi, keamanan berbasis kecerdasan buatan, dan analisis data berbasis *machine learning*.

Meskipun demikian, implementasi WSN berbasis IoT untuk *smart home* masih menghadapi berbagai tantangan teknis, khususnya dari sudut pandang jaringan komputer. Tantangan tersebut meliputi keterbatasan bandwidth, latensi komunikasi, konsumsi energi node sensor, keandalan koneksi nirkabel, serta keamanan data. Lingkungan rumah tangga yang kompleks, dengan berbagai sumber interferensi nirkabel, dapat mempengaruhi kualitas komunikasi antar node sensor [13], [14], [15]. Selain itu, meningkatnya jumlah perangkat IoT dalam satu jaringan dapat menyebabkan kemacetan lalu lintas data jika tidak dirancang dengan arsitektur jaringan yang tepat. Oleh karena itu, diperlukan perancangan dan implementasi WSN yang efisien, handal, dan aman agar sistem *smart home* dapat berfungsi secara optimal. Dari sisi keamanan jaringan, sistem *smart home* berbasis IoT rentan terhadap berbagai ancaman siber, seperti penyadapan data, serangan *denial of service*, dan akses tidak sah terhadap perangkat. Data sensor yang dikirimkan melalui jaringan nirkabel berpotensi disalahgunakan apabila tidak dilindungi dengan mekanisme keamanan yang memadai. Hal ini menjadi perhatian penting mengingat data yang dihasilkan oleh sistem *smart home* sering kali bersifat sensitif dan berkaitan langsung dengan privasi pengguna [16], [17], [18], [19]. Oleh karena itu, implementasi WSN berbasis IoT harus mempertimbangkan aspek keamanan jaringan, mulai dari autentikasi perangkat, enkripsi data, hingga pengelolaan akses pengguna.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini berfokus pada implementasi *Wireless Sensor Network* berbasis IoT untuk sistem *smart home*. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan arsitektur jaringan WSN yang mampu mendukung komunikasi data sensor secara real-time, efisien, dan andal dalam lingkungan *smart home*. Selain itu, penelitian ini juga mengkaji integrasi WSN dengan platform IoT sebagai media pengelolaan dan pemantauan sistem secara jarak jauh [20], [21], [22]. Dengan melakukan implementasi dan pengujian sistem, diharapkan penelitian ini dapat memberikan gambaran nyata mengenai kinerja jaringan, keandalan komunikasi, serta potensi penerapan WSN berbasis IoT dalam skenario *smart home*. Kontribusi utama dari penelitian ini terletak pada penyajian model implementasi WSN berbasis IoT yang aplikatif dan relevan dengan kebutuhan *smart home* modern. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi bagi pengembang, peneliti, maupun praktisi di bidang jaringan komputer dan IoT dalam merancang sistem *smart home* yang efisien, aman, dan mudah dikembangkan. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan kontribusi akademik, tetapi juga memiliki nilai praktis dalam mendukung perkembangan teknologi hunian cerdas di masa depan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Konsep *smart home* berkembang sebagai bagian dari penerapan sistem cerdas yang memanfaatkan teknologi jaringan komputer untuk mengintegrasikan berbagai perangkat elektronik dalam lingkungan rumah tangga. Sistem *smart home* dirancang untuk memungkinkan otomasi, pemantauan, serta pengendalian perangkat rumah secara terpusat maupun jarak jauh [23], [24], [25], [26], [27]. Dalam implementasinya, *smart home* memerlukan infrastruktur jaringan yang mampu mendukung komunikasi data secara kontinu, real-time, dan andal antarperangkat yang heterogen, baik dari sisi fungsi maupun spesifikasi teknis. *Wireless Sensor Network* (WSN) merupakan salah satu teknologi jaringan yang banyak digunakan dalam sistem *smart home*. WSN terdiri dari sekumpulan node sensor nirkabel yang saling terhubung untuk melakukan pengumpulan dan pertukaran data lingkungan. Setiap node sensor umumnya memiliki kemampuan terbatas dalam hal daya, komputasi, dan penyimpanan, sehingga desain jaringan WSN harus memperhatikan efisiensi energi dan kesederhanaan protokol komunikasi [28], [29], [30], [31]. Dalam konteks *smart home*, WSN berfungsi sebagai tulang punggung sistem penginderaan untuk memantau kondisi lingkungan, seperti suhu, kelembapan, cahaya, dan aktivitas penghuni rumah.

Integrasi WSN dengan *Internet of Things* (IoT) memungkinkan sistem *smart home* memiliki cakupan yang lebih luas dan fleksibel. IoT menyediakan mekanisme konektivitas global yang memungkinkan perangkat fisik berkomunikasi melalui jaringan internet. Dengan dukungan IoT, data yang dikumpulkan oleh node sensor WSN dapat dikirim ke server pusat atau *cloud platform* untuk diproses, disimpan, dan dianalisis. Integrasi ini juga memungkinkan pengguna untuk mengakses dan mengendalikan sistem *smart home* melalui antarmuka berbasis web atau aplikasi mobile, sehingga meningkatkan kenyamanan dan kemudahan pengelolaan sistem [32], [33]. Dalam aspek arsitektur jaringan, sistem *smart home* berbasis WSN dan IoT umumnya menerapkan model komunikasi berlapis. Lapisan sensor bertanggung jawab terhadap pengumpulan data lingkungan, sedangkan lapisan gateway berfungsi sebagai penghubung antara jaringan sensor lokal dan jaringan internet. Gateway memiliki peran penting dalam melakukan agregasi data, konversi protokol, serta pengelolaan lalu lintas data agar komunikasi antara WSN dan platform IoT dapat berjalan secara efisien. Pemilihan arsitektur jaringan yang tepat sangat berpengaruh terhadap kinerja sistem secara keseluruhan, terutama dalam hal latensi, keandalan, dan skalabilitas. Protokol komunikasi menjadi komponen

krusial dalam implementasi WSN berbasis IoT. Protokol yang digunakan harus mampu mendukung komunikasi ringan dengan konsumsi energi rendah, mengingat keterbatasan sumber daya node sensor. Selain itu, protokol komunikasi harus menjamin keandalan pengiriman data serta kompatibilitas dengan platform IoT [34], [35], [36]. Pemanfaatan protokol yang sesuai memungkinkan sistem *smart home* beroperasi secara stabil meskipun jumlah perangkat yang terhubung terus meningkat.

Aspek keamanan jaringan juga menjadi fokus penting dalam pengembangan sistem *smart home*. Sistem berbasis IoT rentan terhadap berbagai ancaman keamanan karena keterhubungannya dengan jaringan publik. Ancaman tersebut mencakup penyadapan data, manipulasi informasi, serta akses tidak sah ke perangkat. Oleh karena itu, sistem *smart home* berbasis WSN perlu dilengkapi dengan mekanisme keamanan yang mencakup autentikasi perangkat, enkripsi data, dan pengelolaan hak akses pengguna. Penerapan keamanan jaringan yang memadai tidak hanya melindungi data sensor, tetapi juga menjaga privasi dan kenyamanan pengguna [37], [38], [39]. Selain keamanan, faktor keandalan dan kualitas layanan jaringan juga memegang peranan penting. Lingkungan *smart home* sering kali menghadapi gangguan sinyal nirkabel akibat interferensi dari perangkat lain. Hal ini dapat mempengaruhi stabilitas komunikasi antar node sensor. Oleh karena itu, desain WSN harus mempertimbangkan topologi jaringan, mekanisme routing, serta manajemen energi agar sistem tetap berfungsi secara optimal dalam jangka panjang.

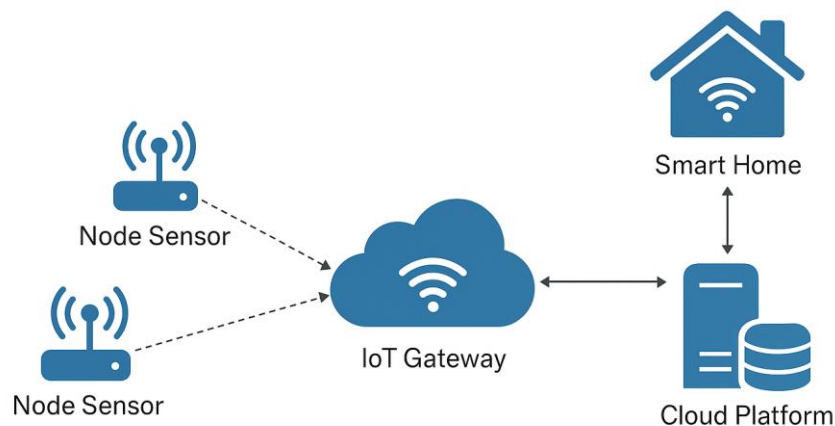
Berdasarkan kajian pustaka tersebut, dapat disimpulkan bahwa implementasi WSN berbasis IoT merupakan pendekatan yang relevan dan efektif untuk mendukung sistem *smart home*. Namun, keberhasilan implementasi sangat bergantung pada perancangan arsitektur jaringan, pemilihan protokol komunikasi, serta penerapan mekanisme keamanan yang tepat [40], [41], [42]. Kajian ini menjadi landasan teoritis bagi penelitian dalam merancang dan mengimplementasikan sistem *smart home* yang efisien, andal, dan aman.

III. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental dengan fokus pada perancangan, implementasi, dan pengujian *Wireless Sensor Network* (WSN) berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk sistem *smart home*. Metode ini dipilih untuk mengevaluasi secara langsung kinerja jaringan, keandalan komunikasi, serta kemampuan sistem dalam melakukan pemantauan dan pengendalian perangkat rumah tangga secara real-time [43], [44], [45]. Tahapan penelitian meliputi perancangan arsitektur sistem, implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, serta pengujian dan analisis kinerja jaringan.

A. Arsitektur Sistem

Arsitektur sistem dirancang menggunakan model terdistribusi yang terdiri dari node sensor, gateway IoT, jaringan komunikasi, dan platform pemantauan. Node sensor berfungsi untuk mengumpulkan data lingkungan rumah, seperti suhu, kelembapan, dan status perangkat listrik [46], [47]. Data dari node sensor dikirimkan secara nirkabel menuju gateway IoT. Gateway berperan sebagai penghubung antara jaringan sensor lokal dan jaringan internet, sekaligus melakukan agregasi dan pengiriman data ke platform IoT. Platform IoT digunakan untuk penyimpanan data, visualisasi, serta pengendalian perangkat *smart home* secara jarak jauh.



Gambar 1: Arsitektur Sistem Wireles Sensor Network Berbasis Iot untuk Smart home

Arsitektur ini memungkinkan komunikasi dua arah, di mana data sensor dikirimkan ke server, dan perintah kontrol dari pengguna dapat dikirim kembali ke perangkat *smart home* melalui gateway dan node sensor. Model ini dipilih karena fleksibel, mudah dikembangkan, dan sesuai dengan karakteristik sistem *smart home* yang dinamis.

B. Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

Implementasi sistem menggunakan perangkat keras yang umum digunakan dalam pengembangan WSN dan IoT. Node sensor terdiri dari mikrokontroler dengan modul komunikasi nirkabel dan sensor lingkungan. Gateway IoT menggunakan perangkat yang memiliki kemampuan komputasi lebih tinggi untuk menangani komunikasi jaringan dan koneksi internet [48], [49]. Perangkat lunak yang digunakan mencakup firmware pada node sensor, perangkat lunak gateway, serta platform IoT berbasis web untuk pemantauan sistem.

Tabel. 1 spesifikasi utama perangkat yang digunakan dalam penelitian.

Komponen	Spesifikasi Utama	Fungsi
Node Sensor	Mikrokontroler + modul WiFi + sensor	Pengambilan data lingkungan
Gateway IoT	Perangkat komputasi mini	Penghubung WSN dan internet
Jaringan Komunikasi	Wireless LAN	Media transmisi data
Platform IoT	Dashboard berbasis web	Monitoring dan kontrol sistem

C. Metode Komunikasi dan Pengelolaan Data

Komunikasi data antara node sensor dan gateway dilakukan secara nirkabel menggunakan protokol ringan yang mendukung pengiriman data secara periodik. Setiap node sensor mengirimkan data lingkungan dalam interval waktu tertentu ke gateway. Gateway selanjutnya meneruskan data tersebut ke platform IoT melalui koneksi internet. Data yang diterima oleh platform disimpan dalam basis data dan ditampilkan dalam bentuk visualisasi grafik untuk memudahkan pemantauan oleh pengguna [50], [51]. Pengelolaan data dilakukan dengan pendekatan *real-time monitoring*, sehingga perubahan kondisi lingkungan dapat segera terdeteksi. Selain itu, sistem mendukung pengiriman perintah kontrol dari pengguna, seperti menyalakan atau mematikan perangkat rumah, yang dikirimkan melalui platform IoT ke gateway dan diteruskan ke node terkait.

D. Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengevaluasi kinerja jaringan dan fungsionalitas sistem *smart home*. Parameter yang diuji meliputi keberhasilan pengiriman data, waktu respons sistem, serta stabilitas koneksi nirkabel. Pengujian dilakukan dalam skenario lingkungan rumah dengan beberapa node sensor yang aktif secara bersamaan. Data hasil pengujian dianalisis untuk menilai keandalan sistem dalam mendukung komunikasi WSN berbasis IoT [52], [53]. Metode penelitian ini diharapkan mampu memberikan gambaran komprehensif mengenai implementasi WSN berbasis IoT untuk sistem *smart home*, serta menjadi dasar analisis kinerja dan pengembangan sistem pada penelitian selanjutnya.

IV. HASIL

A. Hasil Penelitian

Hasil penelitian diperoleh dari implementasi sistem Wireless Sensor Network (WSN) berbasis Internet of Things (IoT) pada lingkungan *smart home* yang dirancang untuk melakukan pemantauan kondisi lingkungan dan pengendalian perangkat rumah secara jarak jauh. Pengujian dilakukan dengan mengoperasikan beberapa node sensor yang terhubung ke satu gateway IoT dan platform pemantauan berbasis web.

1) Tampilan Antarmuka Pemantauan Sistem

Antarmuka pemantauan sistem dirancang untuk menampilkan data sensor lingkungan secara sederhana dan informatif. Dashboard menampilkan nilai suhu dan kelembapan dalam bentuk grafik terhadap waktu, serta indikator status node sensor dan perangkat *smart home*. Tampilan ini memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi lingkungan rumah secara real-time dan memastikan bahwa sistem komunikasi jaringan berjalan dengan baik. Dashboard juga menampilkan informasi waktu pembaruan data terakhir (*timestamp*) sebagai indikator bahwa data sensor dikirimkan secara periodik dari node sensor ke platform IoT. Keberadaan indikator ini menunjukkan bahwa komunikasi data antara node sensor, gateway, dan platform IoT berlangsung secara kontinu tanpa gangguan yang signifikan.

2) Hasil Pengiriman Data Sensor

Pengujian pengiriman data dilakukan dengan mengamati data sensor yang ditampilkan pada dashboard selama periode pengujian. Setiap node sensor berhasil mengirimkan data suhu dan kelembapan ke gateway, yang

selanjutnya diteruskan ke platform IoT. Data sensor dapat ditampilkan secara konsisten pada grafik pemantauan, yang menunjukkan bahwa proses transmisi data berjalan dengan baik. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa sebagian besar data yang dikirimkan oleh node sensor berhasil diterima dan ditampilkan pada dashboard. Hal ini mengindikasikan bahwa sistem WSN berbasis IoT memiliki tingkat keandalan pengiriman data yang tinggi dalam lingkungan *smart home*.

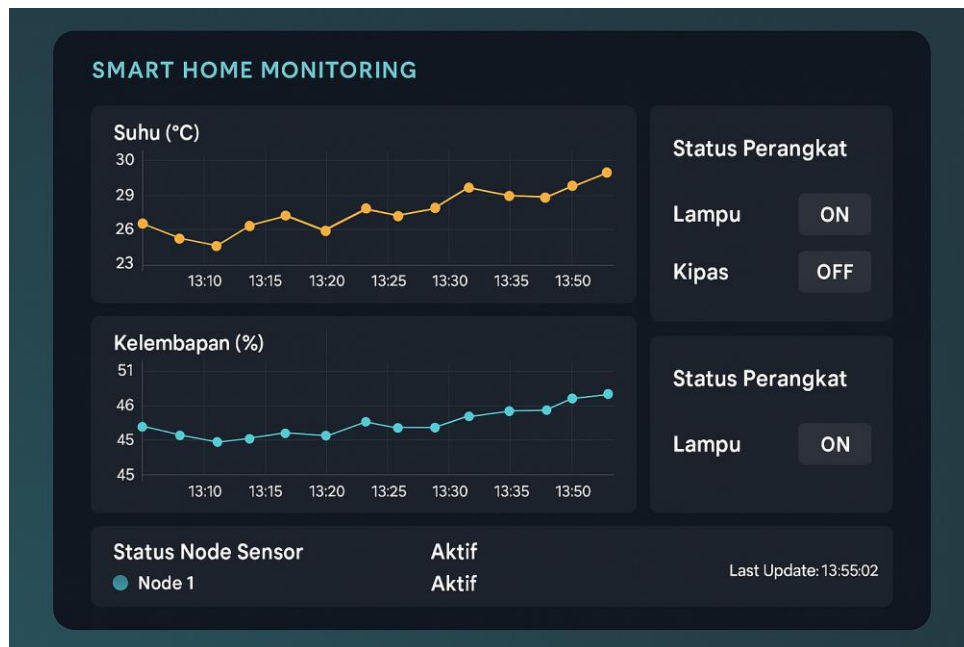
3) Hasil Waktu Respons Sistem

Waktu respons sistem diukur berdasarkan jeda waktu antara pengiriman data dari node sensor dan kemunculan data tersebut pada dashboard pemantauan. Berdasarkan hasil pengujian, data sensor dapat ditampilkan pada dashboard dengan jeda waktu yang relatif singkat. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu mendukung pemantauan kondisi lingkungan secara hampir real-time. Respons yang cepat ini juga terlihat pada proses pengendalian perangkat *smart home*, di mana perubahan status perangkat dapat segera ditampilkan pada dashboard setelah perintah dikirimkan oleh pengguna. Dengan demikian, sistem mampu memenuhi kebutuhan dasar pemantauan dan pengendalian perangkat rumah secara efisien.

4) Hasil Stabilitas Koneksi Jaringan

Selama pengujian dengan beberapa node sensor yang aktif secara bersamaan, sistem tetap dapat mempertahankan koneksi jaringan nirkabel secara stabil. Status node sensor pada dashboard menunjukkan bahwa seluruh node berada dalam kondisi aktif dan terhubung ke gateway. Tidak ditemukan gangguan koneksi yang signifikan selama periode pengujian.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi WSN berbasis IoT untuk sistem *smart home* berhasil memenuhi fungsi pemantauan dan pengendalian perangkat dengan baik. Dashboard pemantauan berperan sebagai representasi visual dari kinerja sistem, sekaligus menjadi bukti bahwa komunikasi jaringan dan integrasi IoT berjalan sesuai dengan perancangan sistem.



Gambar 1: Antarmuka pemantauan sistem *smart home* berbasis *Wireless Sensor Network* dan *Internet of Things* yang menampilkan data sensor suhu dan kelembapan secara real-time serta status node sensor dan perangkat.

V. PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi *Wireless Sensor Network* (WSN) berbasis *Internet of Things* (IoT) pada sistem *smart home* mampu berfungsi sesuai dengan perancangan sistem. Dashboard pemantauan yang ditampilkan menjadi representasi visual dari kinerja jaringan dan integrasi sistem, khususnya dalam hal pengiriman data sensor, respons sistem, dan stabilitas koneksi. Tampilan grafik suhu dan kelembapan terhadap waktu membuktikan bahwa node sensor dapat mengirimkan data lingkungan secara periodik dan konsisten ke platform IoT.

melalui gateway. Keberhasilan sistem dalam menampilkan data sensor secara real-time pada dashboard menunjukkan bahwa komunikasi antara node sensor, gateway IoT, dan platform pemantauan berjalan dengan baik. Data yang diperoleh tidak hanya bersifat informatif bagi pengguna, tetapi juga mencerminkan keandalan infrastruktur jaringan nirkabel yang digunakan. Waktu pembaruan data yang relatif singkat memperlihatkan bahwa sistem mampu mendukung kebutuhan pemantauan lingkungan rumah secara hampir real-time, yang merupakan salah satu karakteristik utama sistem *smart home*.

Status node sensor yang ditampilkan pada dashboard memberikan indikasi langsung terhadap stabilitas jaringan WSN. Selama pengujian, node sensor berada dalam kondisi aktif dan terhubung ke gateway tanpa gangguan yang berarti. Hal ini menunjukkan bahwa topologi jaringan dan mekanisme komunikasi yang diterapkan mampu menjaga kontinuitas koneksi meskipun sistem dioperasikan secara terus-menerus. Selain itu, tampilan status perangkat *smart home* seperti lampu dan kipas memperlihatkan bahwa sistem tidak hanya berfungsi sebagai alat pemantauan, tetapi juga mendukung pengendalian perangkat secara jarak jauh.

Pembahasan hasil penelitian ini dapat dirangkum dalam beberapa poin utama sebagai berikut:

1. Kinerja Komunikasi WSN Berbasis IoT
Grafik data sensor yang ditampilkan pada dashboard menunjukkan bahwa sistem mampu mengirimkan dan menerima data dengan tingkat keandalan yang tinggi. Keberhasilan transmisi data ini menandakan bahwa integrasi WSN dengan IoT dapat diterapkan secara efektif dalam lingkungan *smart home*, meskipun menggunakan media komunikasi nirkabel yang rentan terhadap interferensi.
2. Responsivitas Sistem dan Pemantauan Real-Time
Waktu respons sistem yang singkat terlihat dari cepatnya data sensor muncul pada dashboard setelah dikirim oleh node sensor. Responsivitas ini sangat penting dalam sistem *smart home* karena memungkinkan pengguna untuk memantau perubahan kondisi lingkungan dan mengendalikan perangkat dengan jeda waktu yang minimal. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu memenuhi kebutuhan dasar pemantauan real-time.
3. Stabilitas dan Potensi Pengembangan Sistem
Status node sensor yang stabil selama pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat kestabilan jaringan yang baik. Dengan arsitektur yang digunakan, sistem memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut, baik melalui penambahan jumlah node sensor maupun integrasi dengan layanan IoT lainnya tanpa memerlukan perubahan signifikan pada infrastruktur jaringan.

Secara keseluruhan, pembahasan ini menegaskan bahwa penerapan WSN berbasis IoT pada sistem *smart home* memberikan solusi yang efektif untuk pemantauan dan pengendalian lingkungan rumah. Dashboard pemantauan yang dirancang secara sederhana dan informatif menjadi elemen penting dalam menunjukkan kinerja sistem sekaligus mendukung validitas hasil penelitian ini.

VI. KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil mengimplementasikan sistem *Wireless Sensor Network* (WSN) berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk mendukung penerapan *smart home*. Sistem yang dikembangkan mampu melakukan pemantauan kondisi lingkungan rumah secara real-time melalui pengiriman data sensor dari node sensor ke platform IoT menggunakan jaringan nirkabel. Integrasi antara WSN dan IoT memungkinkan data sensor ditampilkan secara visual pada dashboard pemantauan, sehingga memudahkan pengguna dalam memantau kondisi lingkungan dan status perangkat rumah. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat keandalan komunikasi yang baik, ditunjukkan oleh keberhasilan pengiriman data sensor dan stabilitas koneksi jaringan selama periode pengujian. Waktu respons sistem yang relatif singkat menandakan bahwa sistem mampu mendukung pemantauan dan pengendalian perangkat *smart home* secara hampir real-time. Selain itu, tampilan status node sensor dan perangkat pada dashboard memberikan indikator yang jelas mengenai kondisi sistem dan kinerja jaringan.

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa implementasi WSN berbasis IoT merupakan solusi yang efektif dan relevan untuk sistem *smart home*. Sistem yang dikembangkan memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut dengan penambahan jumlah sensor, peningkatan mekanisme keamanan jaringan, serta integrasi dengan layanan cerdas lainnya. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi pengembangan sistem *smart home* berbasis jaringan nirkabel dan IoT di masa mendatang.

Kontribusi Penulis: [Abduhu Rafik]: Konseptualisasi, Metodologi, Implementasi Sistem, Penulisan – Draf Awal, Penulisan Tinjauan & Penyuntingan. Abduhu Rafik merancang konsep dan metodologi penelitian, mengimplementasikan sistem *Wireless Sensor Network* berbasis *Internet of Things* untuk *smart home*, serta menyusun dan menyunting naskah hingga versi akhir.

Semua penulis telah membaca dan menyetujui versi naskah yang telah diterbitkan.

Pendanaan: -

Ucapan Terima Kasih: -

Konflik Kepentingan: Para penulis menyatakan tidak memiliki konflik kepentingan.

Ketersediaan Data: -

Persetujuan Berdasarkan Informasi ORCID: Tidak tersedia.

Penulis Pertama: https: -

Penulis Kedua: https: -

Penulis Ketiga: -

REFERENSI

- [1] F. P. E. Putra, Y. Setiawan, S. Arifin, and W. Hidayatullah, "Peran VPN dalam Menjaga Privasi Pengguna Jaringan Pub-lik," 2025, *researchgate.net*. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Fauzan-Eka-Putra-2/publication/392420576_Peran_VPN_dalam_Menjaga_Privasi_Pengguna_Jaringan_Publik/links/6848fa048a76251f22ecfd24/Peran-VPN-dalam-Menjaga-Privasi-Pengguna-Jaringan-Publik.pdf
- [2] F. P. E. Putra, S. M. Dewi, Maugfiroh, and A. Hamzah, "Privasi dan Keamanan Penerapan IoT Dalam Kehidupan Sehari-Hari: Tantangan dan Implikasi," 2023. [Online]. Available: <https://jsisfotek.org/index.php/JSisfotek/article/view/232>
- [3] N. Muhammad Akbar, F. Prasetyo Eka Putra, K. Zulfana Imam, and M. Umar Mansyur, "Analisis Kinerja dan Interopabilitas STB Sebagai Server Penilaian Akhir Tahun," *J. Inf. dan Teknol.*, pp. 91–96, 2023, doi: 10.37034/jidt.v5i2.365.
- [4] F. P. Eka Putra, F. Muslim, N. Hasanah, Holipah, R. Paradina, and R. Alim, "Analisis Komparasi Protokol Websocket dan MQTT Dalam Proses Push Notification," *J. Sistim Inf. dan Teknol.*, pp. 63–72, 2024, doi: 10.60083/jsisfotek.v5i4.325.
- [5] F. P. E. Putra, S. R. Sutarsih, S. Sofiyulloh, and ..., "Optimalisasi Perancangan Aplikasi Manajemen Data Koloman, Di Desa Pulau Mandangin Sampang–Madura Berbasis Website," 2024, *jurnal.univrab.ac.id*. [Online]. Available: <https://jurnal.univrab.ac.id/index.php/rabit/article/download/4840/1965>
- [6] F. P. E. Putra and A. Ramadhani, "Integrasi Teknologi Kuantum dan fiber Optik untuk Meningkatkan Keamanan dan Efisiensi Jaringan Masa Depan," *J. Ilm. Ilk. ...*, 2025, [Online]. Available: <http://j-ilkominfo.org/index.php/ejournalaikom/article/view/342>
- [7] F. P. E. Putra, D. E. Arissandi, A. Rofiqi, and M. F. Hidayat, "Pemanfaatan Mikrotik Dalam Manajemen Bandwidth Pada Jaringan Sekolah," 2025, *researchgate.net*. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Fauzan-Eka-Putra-2/publication/392420575_Pemanfaatan_Mikrotik_Dalam_Manajemen_Bandwidth_Pada_Jaringan_Sekolah/links/6848fab46b5a287c304a61ca/Pemanfaatan-Mikrotik-Dalam-Manajemen-Bandwidth-Pada-Jaringan-Sekolah.pdf
- [8] F. P. E. Putra, D. A. M. Putra, A. Firdaus, and A. Hamzah, "Analisis Kecepatan Dan Kinerja Jaringan 5G (generasi ke 5) Pada Wilayah Perkotaan," *INFORMATICS Educ. Prof. J. Informatics*, vol. 8, no. 1, p. 47, 2023, doi: 10.51211/itbi.v8i1.2439.

- [9] F. P. E. Putra, F. Fauzan, S. Syirofi, M. Mursidi, D. Wahid, and A. Nuraini, "Sistem Pengendali Lingkungan Pertanian Dengan Wireless Sensor Network Untuk Mengoptimalkan Budidaya Hidroponik," 2024. doi: 10.47709/digitech.v3i2.3461.
- [10] F. P. E. Putra, M. A. Mahmud, and ..., "Pengembangan Sistem Pemantauan Lingkungan Berbasis Internet of Things (IoT) di Kampus," 2023, *researchgate.net*. [Online]. Available: <https://jurnal.itscience.org/index.php/digitech/article/view/3457>
- [11] M. Baqer, "Lightweight Federated Learning Approach for Resource-Constrained Internet of Things," *Sensors*, vol. 25, no. 18, 2025, doi: 10.3390/s25185633.
- [12] M. M. Wang, J. Zhang, and X. You, "Proximity-Based Maritime Internet of Things: A Service-Centric Design," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 101205–101240, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3312578.
- [13] M. Azadimotlagh, N. Jafari, and R. Sharafadini, "Review on Architecture and Challenges in Smart Cities," *J. Inf. Syst. Telecommun.*, vol. 13, no. 1, pp. 33–49, 2025, [Online]. Available: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-105006676229&partnerID=40&md5=ddbdcdf26331529b323aae79d9e5872e>
- [14] V. Nandhini and K. Sambath, "VLSI implementation of multiplier design using reversible logic gate," *Analog Integr. Circuits Signal Process.*, vol. 115, no. 1, pp. 93–100, 2023, doi: 10.1007/s10470-023-02150-2.
- [15] Y. Han, H. Guo, J. Liu, B. B. Ehui, Y. Wu, and S. Li, "An Enhanced Multifactor Authentication and Key Agreement Protocol in Industrial Internet of Things," *IEEE Internet Things J.*, vol. 11, no. 9, pp. 16243–16254, 2024, doi: 10.1109/JIOT.2024.3355228.
- [16] S. H. Kweon, E.-J. Kim, G. Tan, and I. Kanno, "Compositional Modification of Epitaxial Pb(Zr,Ti)O₃ Thin Films for High-Performance Piezoelectric Energy Harvesters," *Adv. Mater. Interfaces*, vol. 11, no. 2, 2024, doi: 10.1002/admi.202300634.
- [17] S. Wang, Y. Gong, X. Li, and Q. Li, "Integrated Sensing, Communication, and Computation over the Air: Beampattern Design for Wireless Sensor Networks," *IEEE Internet Things J.*, vol. 11, no. 6, pp. 9681–9692, 2024, doi: 10.1109/JIOT.2023.3327117.
- [18] H. Chen, G. Zu, Q. Ju, and X. Yang, "Hydrogel-based sandwich-structured triboelectric nanogenerator energy harvesting storage system for multi-functional sensing and monitoring," *Chem. Eng. J.*, vol. 523, 2025, doi: 10.1016/j.cej.2025.168739.
- [19] T. Huang *et al.*, "DTAIS: Distributed trusted active identity resolution systems for the Industrial Internet," *Digit. Commun. Networks*, vol. 10, no. 4, pp. 853–862, 2024, doi: 10.1016/j.dcan.2023.06.006.
- [20] H. Alsmadi, E. Saleh, M. Alsmadi, and S. Ikki, "Hardware Impairments Effects on Over the Air System Assisted by Unmanned Aerial Vehicle," *IEEE Commun. Lett.*, vol. 28, no. 7, pp. 1609–1613, 2024, doi: 10.1109/LCOMM.2024.3395439.
- [21] N. Liu, X. Liu, X. Sheng, X. Li, and H. Ding, "A Dual-Polarized, Notched Electromagnetic Energy Harvester Array Based on FSS," *IEEE Antennas Wirel. Propag. Lett.*, vol. 23, no. 11, pp. 3782–3786, 2024, doi: 10.1109/LAWP.2024.3379221.
- [22] A. Hussain and M. Fahad, "Semi-supervised clustered federated learning based indoor localization with Non-IID data," *J. Supercomput.*, vol. 81, no. 8, 2025, doi: 10.1007/s11227-025-07463-9.
- [23] X. Sun *et al.*, "Wireless passive sensor design based on a highly stable triboelectric nanogenerator for centralized command of diverse electrical appliances," *Nano Energy*, vol. 134, 2025, doi: 10.1016/j.nanoen.2024.110598.

- [24] M. F. Argerich and M. Patiño-Martínez, “Measuring and Improving the Energy Efficiency of Large Language Models Inference,” *IEEE Access*, vol. 12, pp. 80194–80207, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3409745.
- [25] Y. Liu, H. Yun, Y. Xia, J. Luan, and M. Li, “MSGAT: Multi-scale gated axial reverse attention transformer network for medical image segmentation,” *Biomed. Signal Process. Control*, vol. 95, 2024, doi: 10.1016/j.bspc.2024.106341.
- [26] Z. Xiao *et al.*, “Design and implementation of a magnetic-coupling bistable beam-based energy harvester with modulation boundary for rotational motion,” *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, vol. 256, 2025, doi: 10.1016/j.measurement.2025.118472.
- [27] Q. Wu, H. Chen, and B. Liu, “Optimization of Control Strategy for Fuel Cell Vehicles by Integrating Fuzzy Algorithm,” *IEEE Access*, vol. 12, pp. 141952–141965, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3469912.
- [28] S. Arunprasath and S. Annamalai, “Improving patient centric data retrieval and cyber security in healthcare: privacy preserving solutions for a secure future,” *Multimed. Tools Appl.*, vol. 83, no. 27, pp. 70289–70319, 2024, doi: 10.1007/s11042-024-18253-5.
- [29] K. R. Buchanan *et al.*, “Investigation of Randomly Populated Cylindrical, Spherical, and Cubical Arrays for Application in Space, Aerial, and Underwater Collaborative Beamforming,” *IEEE Access*, vol. 12, pp. 171944–171971, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3486987.
- [30] J. Wang, Z. Wang, and L. Zhang, “A Simultaneous Wireless Information and Power Transfer-Based Multi-Hop Uneven Clustering Routing Protocol for EH-Cognitive Radio Sensor Networks,” *Big Data Cogn. Comput.*, vol. 8, no. 2, 2024, doi: 10.3390/bdcc8020015.
- [31] A. M. Khan, M.-A. Luque-Nieto, and A. A. Siddique, “Underwater Efficient Data Routing: Clustering-Travel Salesman Protocol (CTSP),” *IEEE Access*, vol. 12, pp. 26428–26440, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3367012.
- [32] H. Alqaleiby, M. Ayyad, M. R. Hajj, S. A. Ragab, and L. Zuo, “Effects of piezoelectric energy harvesting from a morphing flapping tail on its performance,” *Appl. Energy*, vol. 353, 2024, doi: 10.1016/j.apenergy.2023.122022.
- [33] R. K. Jain, A. Mukherjee, P. Karmakar, A. Banerjee, H. Akbarov, and S. Hasanov, “Experimental performance of soil monitoring system using IoT technique for automatic drip irrigation,” *Int. J. Commun. Syst.*, vol. 36, no. 18, 2023, doi: 10.1002/dac.5617.
- [34] S. Sanshi, N. Karthik, and R. Vatambeti, “IoT energy efficiency routing protocol using FHO-based clustering and improved CSO model-based routing in MANET,” *Int. J. Commun. Syst.*, vol. 37, no. 9, 2024, doi: 10.1002/dac.5756.
- [35] A. Pathak, I. Al-Anbagi, and H. J. Hamilton, “Blockchain-Enhanced Zero Knowledge Proof-Based Privacy-Preserving Mutual Authentication for IoT Networks,” *IEEE Access*, vol. 12, pp. 118618–118636, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3450313.
- [36] Y. He, Q. He, S. Fang, and Y. Liu, “Precise Wireless Camera Localization Leveraging Traffic-Aided Spatial Analysis,” *IEEE Trans. Mob. Comput.*, vol. 23, no. 6, pp. 7256–7269, 2024, doi: 10.1109/TMC.2023.3333272.
- [37] N. T. Mahmoud, R. Shaltaf, M. Alyami, M. Alshaaer, and R. Habib, “Ab initio stability to efficiency study of SrGeO₃ perovskite,” *MRS Energy Sustain. - A Rev. J.*, vol. 11, no. 2, pp. 647–658, 2024, doi: 10.1557/s43581-024-00105-2.
- [38] H. Sadia *et al.*, “Intrusion Detection System for Wireless Sensor Networks: A Machine Learning Based

- Approach,” *IEEE Access*, vol. 12, pp. 52565–52582, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3380014.
- [39] L. Yang, X. Zhu, W. Pedrycz, Z. Li, and X. Hu, “A Granular Aggregation of Multifaceted Gaussian Process Models,” *IEEE Trans. Fuzzy Syst.*, vol. 32, no. 12, pp. 6801–6810, 2024, doi: 10.1109/TFUZZ.2024.3464848.
 - [40] L. Yang, W. Tong, Z. Li, J. Zhao, F. Pan, and X. Jin, “PECD-DSIIoT: Privacy-enhanced cross-domain data sharing scheme for IIoT,” *J. Inf. Secur. Appl.*, vol. 93, 2025, doi: 10.1016/j.jisa.2025.104128.
 - [41] K. Sayed, M. M. Elsayed, and A. Mohamed, “Feasibility and Economic Assessment of a PV-Wind Hybrid Charging Station in the Bronx, NY,” *IEEE Access*, vol. 13, pp. 61841–61861, 2025, doi: 10.1109/ACCESS.2025.3555158.
 - [42] K. Tomitagawa, A. Anuntachai, S. Chotipant, O. Wongwirat, and S. Kuchii, “Performance Measurement of Energy Optimal Path Finding for Waste Collection Robot Using ACO Algorithm,” *IEEE Access*, vol. 10, pp. 117261–117272, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3219416.
 - [43] W. Yang, C. Hou, Y. Wang, Z. Zhang, X. Wang, and Y. Cao, “SAKMS: A Secure Authentication and Key Management Scheme for IETF 6TiSCH Industrial Wireless Networks Based on Improved Elliptic-Curve Cryptography,” *IEEE Trans. Netw. Sci. Eng.*, vol. 11, no. 3, pp. 3174–3188, 2024, doi: 10.1109/TNSE.2024.3363004.
 - [44] M. Kaveh, Z. Yan, and R. Jäntti, “Secrecy Performance Analysis of RIS-Aided Smart Grid Communications,” *IEEE Trans. Ind. Informatics*, vol. 20, no. 4, pp. 5415–5427, 2024, doi: 10.1109/TII.2023.3333842.
 - [45] F. Sari and I. Bayrakli, “Acoustic energy harvesting and modeling from distributed feedback quantum cascade laser based sensor system,” *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, vol. 254, 2025, doi: 10.1016/j.measurement.2025.117940.
 - [46] S. B. Khan, A. Kumar, A. Mashat, D. Dayananda, M. K. Rahmani, and J. Mathew, “Artificial Intelligence in Next-Generation Networking: Energy Efficiency Optimization in IoT Networks Using Hybrid LEACH Protocol,” *SN Comput. Sci.*, vol. 5, no. 5, 2024, doi: 10.1007/s42979-024-02778-5.
 - [47] D. T. Gaebele *et al.*, “Powering the Woods Hole X-Spar Buoy with Ocean Wave Energy—A Control Co-Design Feasibility Study,” *Energies*, vol. 18, no. 16, 2025, doi: 10.3390/en18164442.
 - [48] J. Yao *et al.*, “Edge-Cloud Polarization and Collaboration: A Comprehensive Survey for AI,” *IEEE Trans. Knowl. Data Eng.*, vol. 35, no. 7, pp. 6866–6886, 2023, doi: 10.1109/TKDE.2022.3178211.
 - [49] M. Markiewicz, P. Dziurdzia, and T. Skotnicki, “Randomly moving thermoelectric energy harvester for wearables and industrial Internet of Things,” *Nano Energy*, vol. 126, 2024, doi: 10.1016/j.nanoen.2024.109565.
 - [50] H. Baniabdelghany, R. Obermaisser, A. Khalifeh, and P. Muoka, “Metascheduling Using Discrete Particle Swarm Optimization for Fault Tolerance in Time-Triggered IoT-WSN,” *IEEE Internet Things J.*, vol. 10, no. 14, pp. 12666–12675, 2023, doi: 10.1109/JIOT.2023.3252820.
 - [51] B. Zeng, Z. Liang, and C. Zhao, “Sinr-based slot reuse algorithm for multi-channel wireless sensor networks,” *Eurasip J. Wirel. Commun. Netw.*, vol. 2025, no. 1, 2025, doi: 10.1186/s13638-025-02480-x.
 - [52] M. Mansour and I. Mansour, “Low power RF rectifiers based on class-E/F2 architecture for energy harvesting applications,” *AEU - Int. J. Electron. Commun.*, vol. 188, 2025, doi: 10.1016/j.aeue.2024.155600.
 - [53] X. Yu, “Exploiting data transmission for route discoveries in mobile ad hoc networks,” *Wirel. Networks*, vol. 31, no. 2, pp. 1337–1359, 2025, doi: 10.1007/s11276-024-03796-0.

Publisher's Note: Publisher stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.