



# Desain dan Analisis Quality of Service Pada Sistem Otomasi Rumah Menggunakan Wireless Sensor Network

Muhammad Agung Raharjo\*, Andani Ahmad, Yuyun Wabula

Pasca Sarjana Sistem Komputer, Sitem Komputer, STMIK Handayani Makassar, Makassar  
Jl. Adyaksa Baru No.1, Pandang, Kec. Panakkukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia  
Email: <sup>1,\*</sup>muaraklatig77@gmail.com, <sup>2</sup>andani@unhas.ac.id, <sup>3</sup>yuyunwabula@handayani.ac.id

Email Penulis Korespondensi: muaraklatig77@gmail.com

Submitted: 25/03/2025; Accepted: 08/04/2025; Published: 12/04/2025

**Abstrak**—Permasalahan yang diangkat dalam penelitian adalah bagaimana mengontrol lampu dan AC secara otomatis melalui smartphone dengan keandalan, dan efisiensi daya. Penggunaan sistem otomasi rumah untuk penggunaan lampu dan AC bekerja sesuai kondisi cuaca dan suhu dengan menggunakan sensor LDR dan Sensor DHT11 dari mana saja melalui jaringan internet sehingga bisa untuk mengidentifikasi dan memantau alat tersebut dalam keadaan menyala atau tidak. Untuk itu, dibutuhkan desain sebuah sistem pengontrolan rumah yang dapat membantu pengguna untuk mengidentifikasi dan memantau perangkat elektronik secara remote melalui sebuah antarmuka pengguna, maupun secara otomatis. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem otomasi rumah berbasis Wireless Sensor Network (WSN) agar dapat digunakan untuk mengontrol lampu dan AC secara otomatis secara fleksibel. Selain itu, penelitian ini juga untuk melakukan pengukuran dan analisa Quality of Service (QoS) dengan menggunakan parameter delay, paket loss, dan throughput sesuai dengan standard TIPHON. Dari penelitian ini diperoleh hasil pengujian yang dilakukan untuk fungsi pengontrolan peralatan elektronik yang terhubung dengan sistem otomasi rumah dengan menggunakan ESP8266, LDR, dan Relay Node dapat berfungsi dengan baik, sedangkan Pengujian kualitas jaringan sesuai dengan Analisis Quality of Service (QoS) memakai standar TIHPON diperoleh hasil untuk Delay adalah 154,6 ms dapat dikategori Bagus, sedangkan untuk kualitas paket Loss sebesar 0,0033% dengan kategori sangat bagus, sedangkan untuk nilai Throughput adalah 2,2996 kbps yang dikategorikan buruk.

**Kata Kunci:** IoT; QoS; Sistem Otomasi; Smart Home; WSN

**Abstract**—The problem raised in the study is how to control lights and air conditioners automatically via a smartphone with reliability and power efficiency. A home automation system for the use of lights and air conditioners works according to weather and temperature conditions using LDR sensors and DHT11 sensors from anywhere via the internet network so that it can identify and monitor the device in an on or off-state. For this reason, a design of a home control system is needed that can help users identify and monitor electronic devices remotely through a user interface, or automatically. This study aims to design a home automation system based on a Wireless Sensor Network (WSN) so that it can be used to control lights and air conditioners automatically and flexibly. In addition, this study also measures and analyzes Quality of Service (QoS) using delay parameters, packet loss, and throughput according to the TIPHON standard. From this study, the results of the tests carried out for the control function of electronic equipment connected to the home automation system using ESP8266, LDR, and Relay Node can function properly, while the network quality test according to the Quality of Service (QoS) Analysis using the TIPHON standard obtained results for Delay is 154.6 ms can be categorized as Good, while for the quality of the Loss packet it is 0.0033% with an outstanding category, while for the Throughput value is 2.2996 kbps which is categorized as bad.

**Keywords:** Automation System; IoT; QoS; Smart Home; WSN

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang pesat telah membawa perubahan signifikan dalam berbagai aspek kehidupan manusia, termasuk pada bidang otomasi rumah [1,2]. Penggunaan internet dan perangkat pintar semakin mendukung konsep rumah pintar (smart home) yang memungkinkan pengguna dapat mengontrol berbagai perangkat elektronik mereka secara otomatis dan dari jarak jauh [3]. Otomasi rumah tidak hanya meningkatkan kenyamanan dan efisiensi energi tetapi juga meningkatkan aspek keamanan bagi penghuninya [4,5]. Wireless Sensor Network (WSN) merupakan salah satu teknologi yang banyak diterapkan dalam sistem otomasi rumah [6]. WSN memungkinkan komunikasi antar perangkat rumah tangga secara nirkabel dengan mengandalkan sensor-sensor yang dapat mendeteksi kondisi lingkungan dan mengirimkan data secara real-time [7]. Namun, penerapan WSN dalam sistem otomasi rumah masih menghadapi tantangan, terutama dalam aspek Quality of Service (QoS) yang mencakup keterlambatan komunikasi (latency) [8], keandalan transmisi data, efisiensi energi, serta kapasitas jaringan dalam menangani banyak perangkat [9].

Beberapa permasalahan yang masih sering ditemui dalam sistem otomasi rumah berbasis WSN antara lain tingkat keterlambatan yang tinggi, terutama saat sistem mengontrol perangkat secara real-time [10]. Terjadi ketidakstabilan jaringan yang menyebabkan kehilangan data atau keterlambatan dalam proses pengambilan keputusan [8]. Adanya konsumsi daya yang tinggi mengingat banyak perangkat dalam sistem WSN yang bergantung pada baterai atau sumber daya terbatas [11]. Adanya kerentanan pada keamanan dan privasi pada sistem berbasis WSN karena [12]. Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan desain dan analisis terhadap Quality of Service (QoS) pada sistem otomasi rumah berbasis WSN agar sistem dapat berfungsi secara optimal dengan tingkat latensi yang rendah, efisiensi daya yang baik, serta keandalan komunikasi yang tinggi.

Beberapa penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan sistem otomasi rumah antara lain perancangan alat pemantauan smart home berbasis IoT yang dikontrol melalui telegram menggunakan Nodemcu. Namun, penelitian

ini hanya fokus pada pengendalian pintu dan lampu, sementara pada bagian keamanan dan kapabilitas sistem belum dibahas lebih lanjut [13]. Pembuatan model smart home menggunakan metode prototipe dengan kombinasi NodeMCU, IoT dan sensor suhu mampu mengendalikan perangkat listrik seperti lampu, dan kipas dari jarak jauh dengan responsibilitas yang cukup baik. Namun pada penelitian ini belum dilakukan uji coba pada koneksi internet untuk menjaga kestabilan koneksi antar perangkat [14]. Perancangan smart lamp dengan IoT menggunakan Ubidots yang menghasilkan pengontrolan lampu yang mampu menentukan kondisi gelap atau terang untuk mematikan atau menyalakan LED. Namun masih adanya keterlambatan dalam respons sistem akibat latensi jaringan [15].

Sedangkan penelitian tentang smart home berbasis android dan blynk berhasil menerapkan sistem rumah cerdas secara manual dan otomatis dalam mengontrol lampu dan kipas. Namun penelitian ini memiliki keterbatasan jangkauan secara manual, di mana jarak idealnya hanya berada pada jarak 10 m [16]. Perancangan sistem smart home berbasis IoT menggunakan ESP32 dan Blynk yang dapat mengontrol perangkat elektronik, deteksi gas dan asap melalui smartphone. Namun, penelitian tersebut masih terdapat adanya delay waktu pada Sensor MQ2 yang memerlukan waktu sekitar 2 detik per  $\frac{1}{2}$  cm untuk merespons keberadaan gas, yang dapat menghambat deteksi dini kebocoran gas [17]. Prototipe smart home berbasis IoT yang berhasil mengendalikan lampu jarak jauh melalui aplikasi website dengan mode manual dan otomatis, namun penelitian ini hanya mengendalikan lampu dan belum mengendalikan perangkat elektronik lainnya [18].

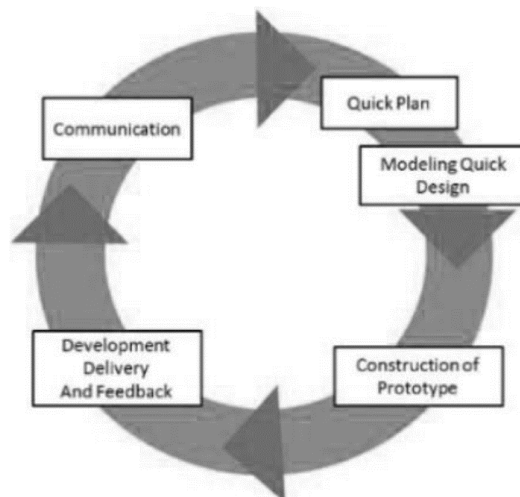
Berdasarkan tinjauan penelitian terdahulu, terdapat beberapa keterbatasan yang masih belum teratasi, yang menjadi gap penelitian ini, diantaranya masih banyaknya penelitian yang hanya berfokus pada implementasi sistem optimasi rumah tanpa mempertimbangkan aspek QoS yang berperan penting dalam memastikan keandalan komunikasi antar perangkat. Masih sedikitnya penelitian yang membahas sistem otomasi rumah berbasis WSN yang mengukur parameter QoS berdasarkan standar TIPHON. Tiphon merupakan standar yang dapat digunakan untuk mengukur standar kualitas jaringan [9]. Oleh sebab itu, penelitian ini berupaya mengisi kesenjangan tersebut dengan merancang dan menganalisis sistem otomasi rumah berbasis WSN serta mengevaluasi performa jaringan komunikasi yang digunakan.

Penelitian ini bertujuan untuk mendesain sistem otomasi rumah berbasis WSN yang memiliki QoS tinggi dalam hal latensi, keandalan, dan efisiensi daya. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menganalisis parameter QoS dalam sistem otomasi rumah berbasis WSN serta membandingkan performa sistem yang diusulkan dengan penelitian sebelumnya guna menemukan solusi yang lebih optimal dalam penerapan teknologi WSN untuk otomasi rumah. Melalui penelitian ini, diharapkan sistem otomasi rumah berbasis WSN yang dikembangkan dapat memiliki latensi rendah sehingga pengguna dapat mengontrol perangkat dengan respons yang cepat, meningkatkan efisiensi energi terutama pada perangkat dengan daya terbatas seperti sensor dan mikrokontroler. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi otomasi rumah yang lebih efisien, andal, dan aman untuk mendukung kebutuhan rumah tangga modern.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Metode Penelitian

Siklus pengembangan sistem yang digunakan untuk menyelesaikan penelitian ini adalah menggunakan arsitektur dari metode prototipe. Metode protoipe merupakan siklus pengembangan sistem yang menghasilkan bentuk prototipe sebelum di produksi secara massal [19]. Bentuk prototipe yang dihasilkan pada penelitian ini merupakan prototipe fungsional, yaitu prototipe yang tidak hanya menampilkan rancangan antarmuka (desain), tetapi juga telah dilengkapi dengan fungsi-fungsi utama aplikasi yang dapat diuji secara langsung.



**Gambar 1.** Metode Prototipe

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari empat bagian utama, yakni analisis kebutuhan, desain cepat, konstruksi prototipe, serta implementasi dan pengumpulan umpan balik [20] seperti yang disajikan pada Gambar 1.

## 2.2 Tahapan Penelitian

Berdasarkan metode penelitian yang dipilih, maka alur atau tahapan penelitian yang dilakukan untuk menghasilkan sistem otomasi rumah menggunakan wireless sensor network (WSN) untuk menganalisis quality of service (QoS) pada sistem tersebut adalah sebagai berikut.



**Gambar 2.** Alur Penelitian

Dengan penelasan tahap penelitian sebagai berikut:

### a. Persiapan

Pada tahap ini, dilakukan pencarian studi literatur yang berfokus pada materi penelitian terkait Wireless Sensor Network (WSN) dan otomasi rumah. Pencarian ini didasarkan pada teori-teori yang relevan dengan penelitian sebelumnya serta perkembangan terbaru dalam bidang tersebut. Studi literatur ini bertujuan untuk memahami konsep dasar, teknologi yang digunakan, serta tren inovasi yang dapat mendukung penelitian yang sedang dilakukan. Dengan demikian, kajian ini diharapkan dapat memberikan landasan teoritis yang kuat serta mengidentifikasi celah penelitian yang dapat dieksplorasi lebih lanjut.

### b. Perancangan

Setelah dilakukan studi literatur, tahap selanjutnya adalah perancangan perangkat keras yang mencakup desain rangkaian elektronika untuk gateway serta node-node dalam jaringan sensor nirkabel (WSN). Dalam aspek perangkat keras, sistem otomasi rumah ini terdiri dari komponen utama seperti ESP8266, Sensor DHT11, Sensor LDR, serta rangkaian relay yang berfungsi untuk mendukung kendali dan pemantauan lingkungan sekitar. Selain itu, dilakukan pula perancangan perangkat lunak yang mencakup rancangan format pesan dalam WSN, pemrograman sebagai platform sistem, pemrograman pada gateway, serta pemrograman untuk komunikasi dan pengelolaan data dalam WSN.

### c. Implementasi

Setelah melakukan analisis kebutuhan, peneliti mulai membuat desain sederhana yang akan memberikan gambaran singkat tentang sistem yang ingin dibuat berdasarkan temuan yang didapatkan pada tahap analisis kebutuhan. Bangun Prototipe Setelah desain cepat disetujui, langkah selanjutnya adalah membangun prototipe untuk digunakan oleh tim pemrograman sebagai referensi dalam membuat program atau aplikasi [21].

### d. Analisis

Pada tahap akhir, dilakukan pengujian menyeluruh untuk memastikan bahwa rancangan otomasi rumah dapat berfungsi dengan baik. Pengujian ini mencakup pengecekan setiap komponen, integrasi sistem, serta respons terhadap berbagai skenario penggunaan. Hasil evaluasi yang dilakukan dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai keandalan dan efektivitas sistem sebelum dan sesudah adanya pengembangan.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan metode penelitian yang dipilih, maka alur atau tahapan penelitian yang dilakukan untuk menghasilkan sistem otomasi rumah menggunakan wireless sensor network (WSN) untuk menganalisis quality of service (QoS) pada sistem. Hasil dari penelitian tersebut adalah sebagai berikut.

### 3.1 Hasil

#### 3.1.1 Persiapan

Pada tahap ini, dilakukan pencarian studi literatur tentang materi penelitian mengenai WSN, dan Otomasi Rumah. Pencarian ini didasarkan pada teori yang berkaitan dengan penelitian yang telah dilakukan beserta teori yang berkembang saat ini serta mempersiapkan perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan pada pembangunan sistem.

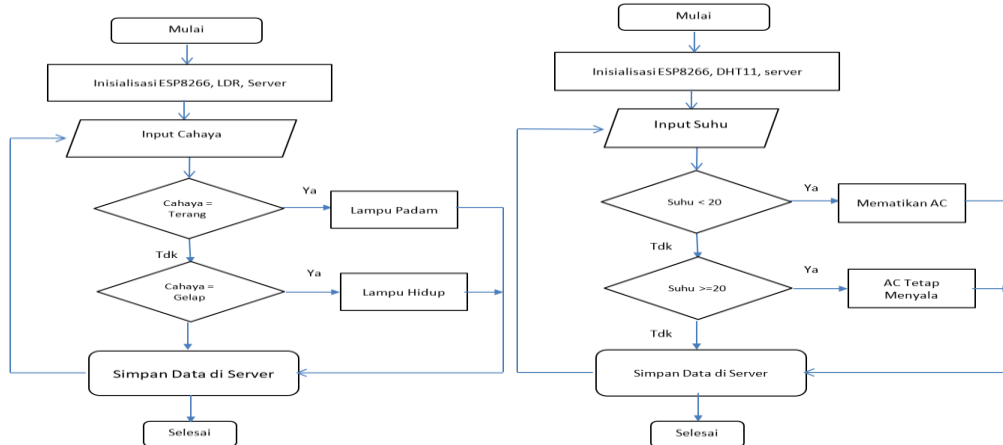
Perancangan sistem otomatisasi rumah memerlukan berbagai perangkat keras untuk memastikan fungsionalitas yang optimal. Breadboard digunakan sebagai papan untuk merakit rangkaian elektronik sementara tanpa perlu penyolderan, memungkinkan komponen dapat digunakan kembali. MCU Node ESP32/8266 merupakan modul IoT yang berfungsi mirip dengan Arduino, tetapi lebih dioptimalkan untuk konektivitas internet. Relay berperan sebagai saklar elektrik yang dikendalikan secara elektromagnetik, memungkinkan penggunaan arus kecil untuk mengontrol perangkat bertegangan tinggi, dengan modul yang digunakan adalah relay 4 channel 5V.

Selain itu, Access Point berfungsi sebagai pemancar sinyal internet dan menghubungkan jaringan nirkabel dengan jaringan kabel. Cloud Server digunakan untuk menyimpan data secara online dengan tingkat keamanan tinggi. Smartphone berperan sebagai media utama dalam mengontrol sistem otomatisasi rumah. Terminal atau stop kontak berfungsi sebagai perantara aliran listrik dari sumber ke perangkat. Untuk mendukung otomatisasi, digunakan Sensor LDR, yang berfungsi mendeteksi cahaya dan mengontrol aliran listrik berdasarkan intensitas cahaya yang diterima. Terakhir, Sensor DHT11 berperan dalam mengukur suhu dan kelembaban udara dengan output tegangan analog yang dapat diolah menggunakan mikrokontroler.

Selain perangkat keras, sistem juga memerlukan perangkat lunak seperti Arduino Ide untuk menuliskan logika pada sistem. Selain arduino Ide, pengembangan sistem juga memerlukan visual studio code yang difungsikan sebagai teks editor untuk digunakan dalam menuliskan perintah-perintah bahasa pemrograman yang digunakan pada sistem. Flutter adalah framework open-source yang dikembangkan oleh Google untuk membangun aplikasi lintas platform. Dengan Flutter, pengembang dapat membuat aplikasi untuk Android, iOS, Windows, Linux, dan macOS, serta menjadi teknologi utama dalam pengembangan Google Fuchsia. Dan yang terakhir adalah wireshark merupakan perangkat lunak Network Analyzer yang digunakan untuk menganalisis lalu lintas jaringan.

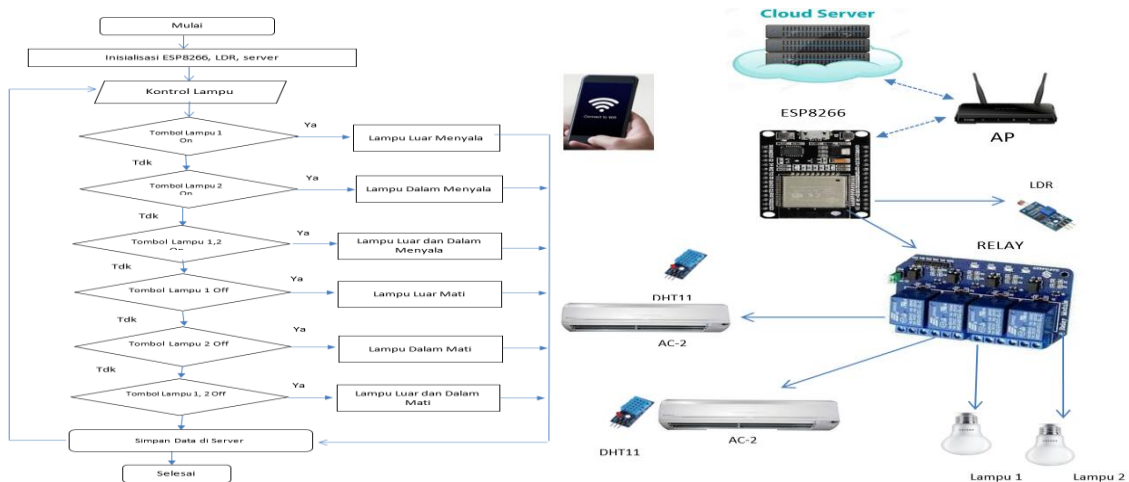
### 3.1.2 Perancangan

Pada fase ini, proses perancangan dilakukan baik dari alur kerja sistem, baik dari sistem kontrol lampu, sistem kontrol AC, sistem otomatisasi secara keseluruhan dan bahkan pada tahap desain juga dilakukan perancangan model bagaimana setiap komponen saling terhubung antara satu dengan yang lainnya.



**Gambar 3.** Flowchart Sistem Otomatisasi Lampu (kiri) dan Flowchart Sistem Otomatisasi AC (kanan)

Rancangan sistem otomasi rumah yang akan dikembangkan bertujuan untuk memberikan kontrol yang lebih fleksibel dengan mengimplementasikan teknologi Wireless Sensor Network (WSN). Teknologi ini memungkinkan berbagai perangkat dalam rumah untuk saling terhubung dan dikendalikan secara nirkabel, sehingga meningkatkan efisiensi dan kenyamanan pengguna. Dalam rancangan ini, akan disusun topologi jaringan yang mendukung sistem otomasi rumah berbasis WSN, di mana sensor dan aktuator akan berkomunikasi secara terintegrasi untuk menjalankan berbagai fungsi otomatisasi, seperti pengendalian pencahayaan, suhu, keamanan, dan perangkat elektronik lainnya.



**Gambar 4.** Flowchart Sistem Otomatisasi (kiri) dan Desain Sistem (kanan)

Pada Gambar 4 ditampilkan rancangan sistem otomasi rumah yang terdiri dari beberapa komponen utama. ESP8266 berfungsi sebagai penghubung antara pengguna dan sistem otomasi rumah, memungkinkan pengguna untuk membaca serta mengubah status perangkat elektronik yang terhubung dalam sistem. Selain itu, ESP8266 juga menampilkan hasil pengukuran besaran-besaran fisis yang diperoleh dari sensor. Sensor LDR digunakan sebagai bagian dari Wireless Sensor Network (WSN) yang mendeteksi intensitas cahaya di lingkungan rumah. Sensor ini berperan dalam mengontrol nyala atau padamnya lampu secara otomatis berdasarkan kondisi pencahayaan sekitar. Sensor DHT11, yang juga merupakan bagian dari WSN, bertugas mendeteksi suhu ruangan di dalam rumah, memberikan informasi yang dapat digunakan untuk pengaturan suhu yang lebih optimal. Sementara itu, Relay Node berfungsi sebagai pengendali yang dapat mengubah status beban listrik dari lampu serta perangkat elektronik lain yang terhubung ke stop kontak dalam sistem otomasi rumah. Dengan kombinasi komponen ini, sistem dapat beroperasi secara otomatis dan memberikan kemudahan bagi pengguna dalam mengontrol berbagai perangkat di rumah mereka.

Semua node merupakan bagian dari WSN yang bekerja secara terus menerus untuk memantau dan mendeteksi kondisi dan keadaan sesuai dengan fungsinya masing-masing. Setiap node yang menemukan tujuan sistem, maka node dapat mengirim dan menerima sinyal ke gateway untuk kemudian dikirim ke pengguna melalui antarmuka yang terhubung dalam sistem otomasi rumah.

### 3.1.3 Implementasi

Implementasi sistem dilakukan setelah dianalisa dan diuji secara internal, maka sistem tersebut siap untuk digunakan atau diimplementasikan. Tahap implementasi merupakan tahap dimana sistem telah digunakan oleh pengguna dan akan dilanjutkan pada proses analisis.

### 3.1.4 Analisis

Tahapan yang dilalui ketika selesainya proses implementasi yaitu menguji dan melakukan analisa terhadap sistem yang berjalan. Berbagai macam pengujian dilakukan antara lain, menguji ukuran paket data, menguji performa pada sistem, menguji fungsi pada aplikasi web, menguji jumlah nilai pada delay serta pada throughput. Aplikasi wireshark digunakan dalam mengolah dan melakukan pengambilan analisa dari pengujian tersebut.

Pengujian sistem merupakan hal terpenting yang bertujuan untuk menemukan kesalahan dan kekurangan pada perangkat lunak yang diuji. Pengujian bermaksud untuk mengetahui perangkat lunak yang dibuat sudah memenuhi kriteria yang sesuai dengan tujuan perancangan perangkat lunak tersebut. Pengujian perangkat lunak ini dilakukan dengan melakukan pengujian terhadap penggunaan interface fungsi aplikasi web yang ada pada smartphone dan pengujian paket data, paket delay, dan Throughput.

#### a. Pengujian Paket Loss

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui keandalan transmisi paket data dari node WSN berdasarkan jarak transmisinya. Parameter kualitas yang digunakan untuk menentukan keandalan komunikasi data jaringan adalah Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON), sebagaimana Tabel 1.

**Tabel 1.** Kategori Paket Loss

Kategori	Paket Lost	Indeks
Sangat Bagus	0 - 2 %	4
Bagus	3 - 14 %	3
Sedang	12 - 24 %	2
Buruk	> 25%	1

Berdasarkan Tabel 1, tingkat kehilangan paket atau packet loss dalam jaringan dapat dikategorikan ke dalam empat tingkat berdasarkan persentase kehilangan data yang terjadi. Kategori “Sangat Bagus” mencerminkan tingkat kehilangan paket yang sangat rendah, yaitu antara 0 hingga 2%, dengan indeks 4, yang menunjukkan kualitas jaringan yang optimal. Kategori “Bagus” memiliki tingkat kehilangan paket antara 3 hingga 14%, dengan indeks 3, yang masih menunjukkan performa jaringan yang cukup baik. Selanjutnya, kategori “Sedang” memiliki kehilangan paket dalam rentang 12 hingga 24%, dengan indeks 2, yang menunjukkan adanya gangguan atau ketidakstabilan jaringan. Terakhir, kategori “Buruk” mencerminkan kehilangan paket lebih dari 25%, dengan indeks 1, yang menandakan bahwa jaringan mengalami gangguan serius yang dapat berdampak pada kualitas komunikasi data.

#### b. Paket Delay

Paket delay merupakan waktu tunggu dari paket yang disebabkan oleh transmisi dari suatu node ke node yang lainnya. Adapun standar Paket Delay menurut TIPHON adalah sebagai berikut:

**Tabel 2.** Kategori Delay

Kategori	Paket Lost	Indeks
Sangat Bagus	<150 ms	4
Bagus	150 s/d 300 ms	3



Kategori	Paket Lost	Indeks
Sedang	300 s/d 450 ms	2
Buruk	>450 ms	1

Kualitas jaringan dapat dikategorikan berdasarkan latensi paket yang hilang (packet loss) dengan empat tingkatan utama seperti yang disajikan pada Tabel 2. Kategori “Sangat Bagus” memiliki nilai latensi kurang dari 150 ms dengan indeks 4, menunjukkan kualitas jaringan yang optimal dan responsif. Kategori “Bagus” berada dalam rentang 150 hingga 300 ms dengan indeks 3, yang masih tergolong stabil untuk sebagian besar aktivitas jaringan. Kategori “Sedang” memiliki latensi 300 hingga 450 ms dengan indeks 2, yang dapat menyebabkan keterlambatan dalam komunikasi data. Sementara itu, kategori “Buruk” mencakup latensi di atas 450 ms dengan indeks 1, yang menunjukkan performa jaringan yang tidak stabil dan dapat mengganggu aktivitas yang memerlukan koneksi real-time, seperti panggilan video atau permainan daring.

c. Troughput

Merupakan kecepatan (rate transfer) efektif pengiriman data yang diukur dalam satuan bps (bit per second) dengan rumus menghitung Troughput :

**Tabel 3.** Kategori Throughput

Kategori	Paket Lost	Indeks
Sangat Bagus	>2,1 Mbps	4
Bagus	1200 kbps - 2,1 Mbps	3
Sedang	338 - 1200 kbps	2
Buruk	0 - 338 kbps	1

Tabel 3 menunjukkan bahwa kualitas jaringan dapat dikategorikan berdasarkan kecepatan transfer data dan tingkat packet loss yang terjadi. Kategori “Sangat Bagus” diberikan jika kecepatan jaringan melebihi 2,1 Mbps, dengan indeks 4, yang menunjukkan kinerja optimal dalam transmisi data. Kategori “Bagus” mencakup kecepatan antara 1.200 kbps hingga 2,1 Mbps, dengan indeks 3, yang masih memberikan pengalaman jaringan yang lancar untuk sebagian besar aktivitas internet. Kategori “Sedang” mencakup kecepatan dalam rentang 338 kbps hingga 1.200 kbps, dengan indeks 2, yang mungkin mengalami keterlambatan dalam transmisi data, terutama untuk aplikasi yang memerlukan bandwidth tinggi. Sementara itu, kategori “Buruk” mencerminkan kecepatan jaringan antara 0 hingga 338 kbps, dengan indeks 1, yang berisiko mengalami gangguan koneksi dan keterlambatan signifikan dalam pengiriman data.

### 3.2 Pembahasan

Pada tahap awal penelitian, yakni pada fase analisis kebutuhan, dilakukan studi literatur untuk memahami konsep dasar Wireless Sensor Network (WSN) dan otomasi rumah. Studi literatur tersebut terdiri dari pengumpulan teori-teori yang telah dikembangkan sebelumnya serta teknologi terkini yang relevan dengan penelitian. Selain melakukan studi literatur, pada tahap awal penelitian juga dilakukan persiapan perangkat keras dan perangkat lunak yang akan digunakan dalam sistem otomasi rumah.

Pada tahap kedua dilakukan desain cepat yang terdiri dari perancangan sistem otomatisasi rumah menggunakan perangkat keras yang telah ditentukan pada fase analisis kebutuhan untuk memastikan sistem dapat bekerja secara optimal. Breadboard digunakan sebagai media perakitan sirkuit tanpa penyolderan agar komponen dapat digunakan kembali. MCU Node ESP32/8266 berperan sebagai pengendali utama yang mendukung konektivitas internet, sementara relay 4 channel 5V memungkinkan pengendalian perangkat listrik dengan tegangan tinggi menggunakan arus rendah. Sistem juga dilengkapi dengan access point untuk menyebarkan jaringan nirkabel, serta cloud server untuk menyimpan data secara daring dengan keamanan tinggi. Selain itu, smartphone digunakan sebagai antarmuka utama bagi pengguna dalam mengontrol perangkat rumah tangga.

Perangkat lunak yang digunakan dalam sistem ini mencakup Arduino IDE untuk menuliskan logika pemrograman perangkat keras, serta Visual Studio Code sebagai teks editor dalam pengembangan kode program. Untuk aplikasi lintas platform, digunakan Flutter, sebuah framework open-source dari Google yang memungkinkan pengembangan aplikasi untuk berbagai sistem operasi. Dalam analisis jaringan, Wireshark digunakan sebagai network analyzer untuk memantau lalu lintas data dalam sistem.

Pada tahap ketiga, peneliti melakukan proses implementasi setelah perancangan dan pengujian awal sistem selesai. Implementasi ini mencakup uji coba fungsionalitas perangkat keras dan perangkat lunak untuk memastikan kinerja sistem sesuai dengan perancangan. Setelah sistem diimplementasikan, dilakukan tahap analisis dan evaluasi untuk menilai keandalan dan efektivitas sistem yang telah diterapkan. Pengujian ini meliputi pengujian paket data, delay, throughput, serta analisis packet loss menggunakan Wireshark untuk memastikan stabilitas jaringan dalam sistem otomatisasi rumah.

Sedangkan pada tahap keempat dilakukan analisis yang terdiri dari pengujian paket loss, paket delay, dan Throughput. Pengujian packet loss bertujuan untuk mengukur tingkat kehilangan data selama proses transmisi dalam jaringan WSN. Berdasarkan standar TIPHON, kehilangan paket dikategorikan menjadi empat tingkat, yaitu Sangat Bagus (0–2%), Bagus (3–14%), Sedang (12–24%), dan Buruk (>25%). Semakin kecil tingkat kehilangan



paket, semakin stabil jaringan dalam mengirimkan data. Pengujian packet delay bertujuan untuk mengukur waktu yang dibutuhkan paket data untuk berpindah dari satu node ke node lainnya. Kategori delay menurut TIPHON terbagi menjadi Sangat Bagus (<150 ms), Bagus (150–300 ms), Sedang (300–450 ms), dan Buruk (>450 ms). Semakin rendah nilai delay, semakin cepat respon sistem dalam menyalurkan perintah atau data. Sedangkan, pengujian throughput digunakan untuk mengukur kecepatan efektif transfer data dalam satuan bps (bit per second). Berdasarkan standar yang digunakan, throughput dikategorikan sebagai Sangat Bagus (>2,1 Mbps), Bagus (1.200 kbps - 2,1 Mbps), Sedang (338 - 1.200 kbps), dan Buruk (0 - 338 kbps). Semakin tinggi throughput, semakin cepat dan efisien sistem dalam mengelola komunikasi data antar perangkat dalam jaringan otomatisasi rumah. Tinggi rendahnya nilai throughput yang diperoleh dapat juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan saat melakukan pengujian, apalagi jika dilakukan menggunakan jaringan nikel yang berdampak pada gangguan transmisi data. Melalui pengujian ini, sistem otomatisasi rumah berbasis WSN dapat dinilai dari segi stabilitas jaringan, efisiensi pengiriman data, serta responsivitas terhadap perintah pengguna. Hasil evaluasi ini menjadi dasar untuk penyempurnaan dan peningkatan performa sistem guna meningkatkan kenyamanan dan keamanan pengguna.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan dan pengujian, sistem otomasi rumah menunjukkan kinerja yang baik. Pengujian terhadap fungsi pengontrolan peralatan elektronik yang terhubung dengan sistem menggunakan ESP8266 dan Relay Node membuktikan bahwa perangkat dapat beroperasi dengan optimal. Selain itu, analisis kualitas jaringan berdasarkan Quality of Service (QoS) dengan standar THIPON yang meliputi parameter delay, packet loss, dan throughput menghasilkan beberapa temuan. Delay yang diukur sebesar 154,6 ms termasuk dalam kategori baik, sementara packet loss sebesar 0,0033% diklasifikasikan sebagai sangat baik. Namun, nilai throughput yang diperoleh sebesar 2,2996 kbps yang masih tergolong buruk. Penyebab rendahnya nilai throughput dapat disebabkan karena total delay yang sangat tinggi serta jumlah data yang ditransfer relatif kecil. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk meningkatkan kualitas jaringan agar nilai throughput dapat ditingkatkan, sehingga sistem otomasi rumah dapat beroperasi lebih optimal dan responsif. Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan protokol komunikasi yang lebih efisien atau meningkatkan spesifikasi perangkat jaringan yang digunakan. Selain itu, pengembangan fitur keamanan pada sistem, seperti enkripsi data dan autentikasi pengguna, juga perlu dipertimbangkan guna mencegah risiko akses yang tidak sah. Penelitian lanjutan juga dapat mengeksplorasi integrasi teknologi kecerdasan buatan (AI) untuk mengoptimalkan otomatisasi dan pengambilan keputusan dalam pengelolaan perangkat rumah tangga.

#### REFERENCES

- [1] Y. Yang, "Adaptive Switching And Routing Protocol Design And Optimization In Internet Of Things Based On Probabilistic Model," *Int. J. Intell. Networks*, vol. 5, no. March, pp. 204–211, 2024, doi: 10.1016/j.ijin.2024.05.001.
- [2] T. Alam, S. Sarker, and A. F. M. Z. Abadin, "Internet of Things-based Home Automation with Network Mapper and MQTT Protocol," *Comput. Electr. Eng.*, vol. 120, no. PC, p. 109807, 2024, doi: 10.1016/j.compeleceng.2024.109807.
- [3] Y. Roza, K. Musliadi, Y. Pernando, I. Syafrinal, and Kaharuddin, "Rancang Bangun Monitoring Debit Air PDAM Rumah Tangga Berbasis Internet of Things (IoT)," *SKANIKA Sist. Komput. dan Tek. Inform.*, vol. 7, no. 2, pp. 214–223, 2024.
- [4] N. Fath, P. W. Purnawan, and I. M. S. S. Y. Mawantu, "Peningkatan Pemahaman Tentang Smart Lighting Berbasis Internet of Things Untuk Efisiensi Bangunan Hemat Energi Kepada Siswa Sma Budi Luhur Tangerang," *SELAPARANG J. Pengabd. Masy. Berkemajuan*, vol. 7, no. 3, p. 1964, 2023, doi: 10.31764/jpmb.v7i3.17218.
- [5] Maspiati, Nasruddin, and K. Musliadi, "Sistem Informasi Pemesanan Baju Olahraga Berbasis Web Pada Konveksi 'Adher' Tammerodo Sendana Majene," *Sinov. - Sci. Lit. Innov. Technol. J.*, vol. 01, no. 01, pp. 7–13, 2024.
- [6] J. Liu, Z. Zhao, J. Ji, and M. Hu, "Research and application of wireless sensor network technology in power transmission and distribution system," *Intell. Converg. Networks*, vol. 1, no. 2, pp. 199–220, 2020, doi: 10.23919/ICN.2020.0016.
- [7] Retno Devita, Nanda Tommy Wirawan, and David Agustri Syafni, "Perancangan Prototipe Keamanan Pintu Rumah Menggunakan Kamera Ttl Dan Aplikasi Telegram Berbasis Arduino," *J. Ilm. Sist. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 2, pp. 49–61, 2022, doi: 10.55606/juisik.v2i2.199.
- [8] A. B. Isro, A. T. Zy, and S. Andika, "Optimalisasi Load Balancing Menggunakan Metode NDLC untuk Meningkatkan Kualitas Layanan Jaringan Internet," *J. Inf. Syst. Res.*, vol. 5, no. 4, pp. 988–997, 2024, doi: 10.47065/josh.v5i4.5484.
- [9] M. Mahmud and Y. Aprizal, "The Penerapan QoS (Quality Of Service) Dalam Menganalisis Kualitas Kinerja Jaringan Komputer (Studi Kasus Hotel Maxone Palembang)," *J. Inf. Syst. Res.*, vol. 3, no. 4, pp. 374–379, 2022, doi: 10.47065/josh.v3i4.1567.
- [10] G. P. Utama, "Penerapan Metode Prototype untuk Smart Home Menggunakan Sensor LDR, DHT, dan Infrared Implementation Of Prototype Method For Android-Based Smart Home Using Ldr, Dht, and Infrared Sensors," *Senafti*, vol. 2, no. September, pp. 1803–1811, 2023.
- [11] K. Musliadi, P. Yonky, and K. Kaharuddin, "PADrink-Poultry Automatic Drinking System Innovation Using Arduino," *J. Fasilkom*, vol. 14, no. 2, pp. 420–427, 2024, doi: <https://doi.org/10.37859/jf.v14i2.7238>.
- [12] K. Musliadi and P. Yonky, "Perancangan Prototype Alat Penghapus Papan Tulis Otomatis Dengan Koneksi Bluetooth," *J. Digit. Ecosyst. Nat. Sustain.*, vol. 2, no. 2, pp. 67–72, 2022.
- [13] N. Hardi, R. Afuw Rouf Subyan, and A. Arbasyah, "Alat Berbasis IOT Smart Home Monitoring dan Kontrol via Telegram Menggunakan Nodemcu," *Insantek*, vol. 4, no. 1, pp. 7–11, 2023, doi: 10.31294/instk.v4i1.2018.
- [14] R. U. M. Raharja, A. Pudoli, and D. Kusumaningsih, "Prototype Smart Home Berbasis Iot Dengan Nodemcu Esp8266,



- Motor Servo Dan Sensor Suhu Dht11 Berbasis Web,” *Skanika*, vol. 5, no. 2, pp. 265–274, 2022, doi: 10.36080/skanika.v5i2.2952.
- [15] D. Adidrana, A. R. Hakim, H. Suryoprayogo, and I. R. Yansyah, “Perancangan Sistem Smart Lamp berbasis Internet of Things Menggunakan Ubidots,” *J. Informatics Commun. Technol.*, vol. 5, no. 1, pp. 130–138, 2023, doi: 10.52661/j\_ict.v5i1.193.
- [16] M. F. Syah and Y. Shalahuddin, “Blynk Android App-Based System Smart Home Prototype,” *JTECS J. Sist. Telekomun. Elektron. Sist. Kontrol Power Sist. dan Komput.*, vol. 2, no. 2, p. 91, 2022, doi: 10.32503/jtecs.v2i2.684.
- [17] S. S. Sadi, I. Pratama, and S. M. Ardi Kalizar, “Perancangan Sistem Smart Home Berbasis Internet Of Things,” *J. Tek. Elektro*, vol. 7, no. 1, p. 18, 2023, doi: 10.31000/jte.v7i1.9787.
- [18] R. S. Firgianingsih U, Nurchim and Usanto, “Implementasi Sistem Smart Home Untuk Monitoring Dan Kontrol Peralatan Rumah Berbasis Internet of Things,” *Pros. Semin. ...*, vol. 09, pp. 1–12, 2023, [Online]. Available: <http://senafti.budiluhur.ac.id/index.php/senafti/article/view/566%0Ahttp://senafti.budiluhur.ac.id/index.php/senafti/article/download/566/294>.
- [19] Y. Roza, K. Musliadi, and Y. Pernando, “Presence Prototype Model Design Using RFID RC522,” *Sci. Lit. Innov. Technol. J.*, vol. 1, no. 02, pp. 26–31, 2024.
- [20] N. Farman, Syafriandi, and D. Muhammad, “Desain Mesin Penyangrai Kopi Menggunakan Sumber Elemen Pemanas Listrik (Heater) dan Tenaga Penggerak Motor Listrik,” *J. Ilm. Mhs. Pertan.*, vol. 7, no. 1, pp. 535–542, 2022, doi: 10.17969/jimfp.v7i1.19025.
- [21] C. Francisco, S. Gomes, M. Santos, C. Francisco, and S. Gomes, “Creation And Implementation Of An Iot-Based Thermometer Prototype For A Food Organization : Case Study,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 199, no. 2021, pp. 710–717, 2022, doi: 10.1016/j.procs.2022.01.088.