IMPLEMENTASI PROTOKOL WEBSOCKET PADA SISTEM PEMANTAUAN KUALITAS UDARA DALAM RUANGAN

SITI KHAIRUL UMMAH
H1051191042

SKRIPSI

PROGRAM STUDI REKAYASA SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2026

IMPLEMENTASI PROTOKOL WEBSOCKET PADA SISTEM PEMANTAUAN KUALITAS UDARA DALAM RUANGAN

SITI KHAIRUL UMMAH
H1051191042

Skripsi
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Komputer pada Program Studi Rekayasa Sistem Komputer

PROGRAM STUDI REKAYASA SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2026

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir	: Implementasi Protokol WebSocket Pada Sistem Pemantauan Kualitas Udara Dalam Ruangan
Nama Mahasiswa	: Siti Khairul Ummah
NIM	: H1051191042
Jurusan/Program Studi	: Rekayasa Sistem Komputer
Tanggal Lulus	: 30 Juli 2026
SK Pembimbing	: No.4834/DST/UN22.8/DT.00.09/2026/Tgl. 27 Juli 2026
SK Penguji	: No.5005/DST/UN22.8/DT.00.09/2026/Tgl. 29 Juli 2026

Dosen Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
Syamsul Bahri, S.Kom., M.Cs.	Hirzen Hasfani, S.Kom., M.Cs.
NIP. 198802272015041001	NIP. 199305032022031003

Dosen Penguji

Ketua Penguji	Anggota Penguji
Hafiz Muhardi, S.T., M.Kom.	Uray Ristian, S.Kom., M.Kom.
NIP. 199007232023211017	NIP. 199012012019031017

Pimpinan Sidang (merangkap anggota penguji)	Sekretaris Sidang (merangkap anggota penguji)
Syamsul Bahri, S.Kom., M.Cs.	Hirzen Hasfani, S.Kom., M.Cs.
NIP. 198802272015041001	NIP. 199305032022031003

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Tanjungpura

Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si.
NIP. 197108022000031001

PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Siti Khairul Ummah
NIM	: H1051191042
Program Studi/ Jurusan	: Rekayasa Sistem Komputer
Fakultas	: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

dengan ini menyatakan bahwa dokumen ilmiah Tugas Akhir yang disajikan ini tidak mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, Dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 39 Tahun 2021. Apabila di kemudian hari dokumen ilmiah Tugas Akhir ini mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai ketentuan perundangan tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Demikian pernyataan ini untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Pontianak, 30 Juli 2026



Siti Khairul Ummah

H1051191042

IMPLEMENTASI PROTOKOL WEBSOCKET PADA SISTEM PEMANTAUAN KUALITAS UDARA DALAM RUANGAN

ABSTRAK

Kualitas udara dalam ruangan merupakan salah satu faktor yang memengaruhi kesehatan dan kenyamanan penghuni. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang mampu memantau kondisi kualitas udara secara *real-time*. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan protokol WebSocket pada sistem pemantauan kualitas udara dalam ruangan serta menganalisis kualitas pengiriman data berdasarkan parameter *delay* dan *packet loss*. Sistem dibangun menggunakan NodeMCU ESP32 sebagai mikrokontroler, sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembapan, sensor MQ-7 untuk mendeteksi kadar karbon monoksida (CO), server WebSocket, *Firebase Realtime Database*, dan *website* sebagai media pemantauan. Data hasil pembacaan sensor dikirim melalui protokol WebSocket sehingga dapat ditampilkan secara langsung pada *dashboard* tanpa memerlukan proses refresh halaman. Pengujian dilakukan pada tiga sesi waktu yang berbeda, yaitu pukul 05.36–06.06, 13.45–14.15, dan 22.06–22.36, dengan interval pengiriman data setiap 5 detik selama 30 menit pada masing-masing sesi sehingga diperoleh 360 data pengujian per sesi. Pada awal setiap sesi dilakukan pengukuran kecepatan jaringan (*speed test*) sebagai catatan kondisi jaringan pada rentang waktu tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa protokol WebSocket berhasil diterapkan pada sistem pemantauan kualitas udara sehingga komunikasi data antara ESP32, server, dan *website* dapat berlangsung secara *real-time*. Rata-rata *delay* yang diperoleh sebesar 433,39 ms pada sesi 05.36–06.06, 561,56 ms pada sesi 13.45–14.15, dan 512,84 ms pada sesi 22.06–22.36. Sementara itu, nilai *packet loss* pada seluruh sesi pengujian sebesar 0,00%, yang menunjukkan seluruh paket data berhasil diterima. Hasil tersebut menunjukkan bahwa nilai *delay* bervariasi antar sesi pengujian, namun variasi tersebut tidak memengaruhi keberhasilan pengiriman data menggunakan protokol WebSocket.

Kata kunci: *Internet of Things*, WebSocket, kualitas udara dalam ruangan, *delay*, *packet loss*.

IMPLEMENTATION OF THE WEBSOCKET PROTOCOL FOR AN INDOOR AIR QUALITY MONITORING SYSTEM

ABSTRACT

Indoor air quality is one of the factors that affects the health and comfort of occupants. Therefore, a system capable of monitoring indoor air quality conditions in real time is needed. This study aims to implement the WebSocket protocol in an indoor air quality monitoring system and analyze data transmission quality based on the delay and packet loss parameters. The system was developed using a NodeMCU ESP32 as the microcontroller, a DHT22 sensor to measure temperature and humidity, an MQ-7 sensor to detect carbon monoxide (CO) levels, a WebSocket server, Firebase Realtime Database, and a website as the monitoring medium. Sensor data obtained from the measurements were transmitted through the WebSocket protocol and displayed directly on the dashboard without requiring a page refresh. Testing was conducted in three different time sessions: 05:36–06:06, 13:45–14:15, and 22:06–22:36, with a data transmission interval of every 5 seconds for 30 minutes in each session, resulting in 360 test data points per session. At the beginning of each session, a network speed measurement (speed test) was conducted as a record of the network conditions during the corresponding time period. The results showed that the WebSocket protocol was successfully implemented in the indoor air quality monitoring system, enabling data communication between the ESP32, server, and website to take place in real time. The average delay obtained was 433.39 ms in the 05:36–06:06 session, 561.56 ms in the 13:45–14:15 session, and 512.84 ms in the 22:06–22:36 session. Meanwhile, the packet loss value in all testing sessions was 0.00%, indicating that all data packets were successfully received. These results indicate that the delay values varied among the testing sessions; however, this variation did not affect the successful transmission of data using the WebSocket protocol.

Keywords: *Internet of Things, WebSocket, indoor air quality, delay, packet loss.*

PRAKATA

Alhamdulillah puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul "Implementasi Protokol WebSocket Pada Sistem Pemantauan Kualitas Udara Dalam Ruangan" skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer (S.Kom) pada Jurusan Rekayasa Sistem Komputer Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura Pontianak.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa tanpa bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak, penyusunan skripsi ini tidak akan berjalan dengan lancar. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura.
2. Ibu Rahmi Hidayati, S.Kom., M.Cs., selaku Ketua Jurusan Rekayasa Sistem Komputer Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura.
3. Bapak Syamsul Bahri, S.Kom., M.Cs., sebagai dosen pembimbing pertama yang memberikan semangat, motivasi, saran masukan dan nasehat selama menyusun skripsi ini.
4. Bapak Hirzen Hasfani, S.Kom., M.Cs., sebagai dosen pembimbing kedua yang telah memberikan masukan serta telah meluangkan waktu dan pikiran selama proses bimbingan penulisan skripsi.
5. Bapak Hafiz Muhardi, S.T., M.Kom., sebagai dosen penguji pertama yang telah memberikan banyak masukan dan saran dalam penyusunan skripsi.
6. Bapak Uray Ristian, S.Kom., M.Kom., sebagai dosen penguji kedua yang telah memberikan banyak masukan dan saran dalam penyusunan skripsi.
7. Bapak Tedy Rismawan, S.Kom., M.Cs., selaku dosen Pembimbing Akademik (PA) Jurusan Rekayasa Sistem Komputer FMIPA Universitas Tanjungpura.
8. Dosen dan staf Rekayasa Sistem Komputer pada Fakultas Matematika dan Ilmu

Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura Pontianak.

9. *Comdev* & *Outreaching* Universitas Tanjungpura yang telah membiayai seluruh kebutuhan kuliah secara penuh dari awal masa perkuliahan sampai dengan semester 8 serta memberikan pelatihan dan kegiatan yang bermanfaat.
10. Terima kasih kepada kedua orang tua penulis yang selalu memberikan dukungan, doa, semangat, motivasi, dan kasih sayang secara penuh kepada penulis.
11. Teman-teman E-nter 2019 yang telah memberikan banyak motivasi, saran, dan dukungan selama penyusunan skripsi.
12. Semua pihak yang terlibat langsung maupun tidak langsung dalam penulisan dan penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis maupun pembaca.

Pontianak, 30 Juli 2026

Siti Khairul Ummah

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN ..... **ii**
PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK ..... **iii**
ABSTRAK ..... **iv**
ABSTRACT ..... **v**
PRAKATA ..... **vi**
DAFTAR ISI ..... **viii**
DAFTAR GAMBAR ..... **xi**
DAFTAR TABEL ..... **xiii**
KODE PROGRAM ..... **xiv**
BAB 1 PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Batasan Masalah 4
1.4 Tujuan Penelitian 4
1.5 Manfaat Penelitian 4
1.6 Sistematika Penulisan 5
BAB 2 LANDASAN TEORI **6**
2.1 Perbandingan Terhadap Penelitian Terdahulu 6
2.2 Protokol WebSocket 8
2.3 Kualitas Udara 9
2.4 NodeMCU ESP32 9
2.5 Sensor DHT22 10
2.6 Sensor MQ-7 10
2.7 *Liquid Crystal Display* (LCD) 11
2.8 *Light Emitting Diode* (LED) 12
2.9 Arduino IDE 12
2.10 Node.js 13
2.11 *Quality of Service* 13
2.12 JavaScript 14
2.13 *Website* 15

2.14 *Internet of Things* 15
2.15 *Visual Studio Code* 15
BAB 3 METODE PENELITIAN 17
3.1 Studi Literatur 17
3.2 Pengumpulan Data 18
3.3 Analisis Kebutuhan 18
3.3.1 Kebutuhan Perangkat Keras 18
3.3.2 Kebutuhan Perangkat Lunak 18
3.4 Perancangan Sistem 19
3.4.1 Perancangan Perangkat Keras 19
3.4.2 Perancangan Perangkat Lunak 19
3.5 Implementasi 19
3.6 Pengujian Sistem 20
3.7 Kesimpulan dan Saran 20
BAB 4 PERANCANGAN 21
4.1 Deskripsi Penelitian 21
4.2 Perancangan Arsitektur Sistem 21
4.3 *Flowchart* Proses Keseluruhan Sistem 23
4.4 Perancangan Perangkat Keras 24
4.4.1 Perancangan Sistem Pembacaan Kelembapan dan Suhu dengan Sensor DHT22 24
4.4.2 Perancangan Sistem Pembacaan Kadar Karbon Monoksida dengan MQ-7 24
4.4.3 Perancangan Modul LCD 16x2 25
4.4.4 Perancangan Modul Indikator LED 26
4.5 Perancangan Perangkat Lunak 27
4.5.1 Perancangan Komunikasi Protokol WebSocket 27
4.5.2 Perancangan Penyimpanan Data Pada Firebase 28
4.6 Perancangan Antarmuka 29
4.6.1 Halaman *Dashboard* 30
4.6.2 Halaman *History* 30
4.7 Perancangan Pengujian 31

4.7.1 Perancangan Pengujian Komunikasi WebSocket 31
4.7.2 Perancangan Pengujian *Delay* dan *Packet Loss* 32
BAB 5 IMPLEMENTASI, PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN 34
5.1 Implementasi Perangkat Keras 34
5.2 Implementasi Perangkat Lunak.....35
5.2.1 Implementasi Komunikasi Protokol WebSocket..... 35
5.2.2 Implementasi Penyimpanan Data Pada Firebase..... 36
5.3 Implementasi Antarmuka.....37
5.3.1 Halaman *Dashboard*..... 37
5.3.2 Halaman *History*..... 37
5.4 Kode Program 38
5.4.1 Kode Program Sistem Pembacaan Sensor DHT22..... 38
5.4.2 Kode Program Sistem Pembacaan Sensor MQ-7 39
5.4.3 Kode Program Implementasi Protokol WebSocket..... 40
5.4.4 Kode Program Menghitung *Delay* dan *Packet Loss*..... 43
5.5 Pengujian Sistem.....45
5.5.1 Pengujian Alat Pemantauan Kualitas Udara..... 45
5.5.2 Pengujian Komunikasi WebSocket 46
5.5.3 Pengujian *Delay* dan *Packet Loss* Pada Pengiriman Data..... 47
5.6 Pembahasan.....50
BAB 6 PENUTUP..... 52
6.1 Kesimpulan 52
6.2 Saran 52
DAFTAR PUSTAKA..... 54
LAMPIRAN..... 57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Cara kerja Protokol WebSocket 8
Gambar 2. 2 NodeMCU ESP32 10
Gambar 2. 3 Sensor DHT22 10
Gambar 2. 4 Sensor MQ-7 11
Gambar 2. 5 *Liquid Crystal Display* 11
Gambar 2. 6 *Light Emitting Diode* (LED) 12
Gambar 2. 7 Arduino IDE 13
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian 17
Gambar 4. 1 Perancangan Arsitektur Sistem 22
Gambar 4. 2 *Flowchart* Keseluruhan Sistem 23
Gambar 4. 3 Rancangan Sensor DHT22 24
Gambar 4. 4 Rancangan Sistem Pembacaan Kadar CO Dengan MQ-7 25
Gambar 4. 5 Rancangan Modul LCD 25
Gambar 4. 6 Rancangan Modul LED 27
Gambar 4. 7 Perancangan Sistem Penerapan Protokol WebSocket 28
Gambar 4. 8 Perancangan Penyimpanan Data pada Firebase 29
Gambar 4. 9 Perancangan Antarmuka Halaman *Dashboard* 30
Gambar 4. 10 Perancangan Antarmuka Halaman *History* 31
Gambar 4. 11 Diagram Alir Pengujian Komunikasi WebSocket 32
Gambar 4. 12 Diagram Alir Pengujian *Delay* dan *Packet Loss* 33
Gambar 5. 1 Implementasi Keseluruhan Perangkat Keras 34
Gambar 5. 2 Implementasi Koneksi WebSocket pada ESP32 35
Gambar 5. 3 Implementasi *Server* WebSocket 36
Gambar 5. 4 Implementasi Penyimpanan Data Pada Firebase 36
Gambar 5. 5 Implementasi Antarmuka Halaman *Dashboard* 37
Gambar 5. 6 Implementasi Antarmuka Halaman *History* 38
Gambar 5. 7 Alat Sistem Pemantauan Kualitas Udara Dalam Ruangan 46
Gambar 5. 8 Koneksi WebSocket Pada ESP32 46
Gambar 5. 9 Koneksi WebSocket Pada *Server* 47

Gambar 5. 10 Grafik *Delay* 49

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Dengan Penelitian Terdahulu 6
Tabel 2. 2 Standar Status Kualitas Udara 9
Tabel 2. 3 Kategori *Delay* 14
Tabel 2. 4 Kategori *Packet Loss* 14
Tabel 4. 1 Penggunaan Pin pada NodeMCU ESP32 dan Sensor DHT22 24
Tabel 4. 2 Penggunaan Pin pada NodeMCU ESP32 dan Sensor MQ-7 25
Tabel 4. 3 Penggunaan Pin pada NodeMCU ESP32 dan LCD 16x2 26
Tabel 4. 4 Penggunaan Pin pada NodeMCU ESP32 dan Indikator LED..... 27
Tabel 4. 5 Struktur *Database*..... 29
Tabel 5. 1 Hasil Pengukuran *Speed Test* Sebelum Pengujian 47
Tabel 5. 2 Hasil Pengujian *Delay* dan *Packet Loss* Pada Sesi 05.36–06.06..... 47
Tabel 5. 3 Hasil Pengujian *Delay* dan *Packet Loss* Pada Sesi 13.45–14.15..... 48
Tabel 5. 4 Hasil Pengujian *Delay* dan *Packet Loss* Pada Sesi 22.06–22.36..... 49

KODE PROGRAM

Kode Program 5. 1 Sistem Pembacaan Sensor DHT22 38
Kode Program 5. 2 Sistem Pembacaan Sensor MQ-7..... 39
Kode Program 5. 3 Inisialisasi *Library* WebSocket 40
Kode Program 5. 4 Koneksi ESP32 ke Server WebSocket 40
Kode Program 5. 5 *Event* Koneksi WebSocket 41
Kode Program 5. 6 Pengiriman Data dari ESP32 ke *Server*..... 41
Kode Program 5. 7 Penerimaan Data dari ESP32 ke *Server*..... 42
Kode Program 5. 8 Pengiriman Data dari *Server* ke *Dashboard*..... 42
Kode Program 5. 9 Koneksi *Dashboard* ke *Server* WebSocket 42
Kode Program 5. 10 Menampilkan Data Pada *Dashboard*..... 43
Kode Program 5. 11 Penyimpanan Data Histori ke Firebase..... 43
Kode Program 5. 12 Perhitungan *Delay* 43
Kode Program 5. 13 Perhitungan *Packet Loss*..... 44

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi informasi telah mendorong meningkatnya kebutuhan terhadap sistem yang mampu melakukan pertukaran data secara cepat dan berkelanjutan. Kebutuhan tersebut semakin meningkat seiring berkembangnya berbagai aplikasi berbasis internet yang memerlukan penyampaian informasi secara *real-time*, seperti sistem pemantauan, *smart home*, dan *Internet of Things* (IoT). Pada aplikasi web konvensional, komunikasi data umumnya menggunakan mekanisme *request-response* melalui protokol HTTP, di mana *client* harus mengirim permintaan (*request*) secara berkala (*polling*) untuk memperoleh informasi terbaru dari *server*. Mekanisme tersebut kurang efisien pada aplikasi yang membutuhkan pembaruan data secara terus-menerus karena menghasilkan *network overhead* yang tinggi serta meningkatkan waktu tunda (*latency*) dalam proses komunikasi (Murley dkk., 2021).

Salah satu protokol komunikasi yang dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan tersebut adalah WebSocket. WebSocket menyediakan komunikasi dua arah (*full-duplex communication*) melalui satu koneksi yang tetap aktif (*persistent connection*) yang diawali dengan proses *handshake* antara *client* dan *server*. Setelah koneksi berhasil dibangun, kedua belah pihak dapat saling mengirim dan menerima data tanpa harus membangun koneksi baru pada setiap proses komunikasi (Murley dkk., 2021). Karakteristik tersebut menjadikan WebSocket mampu mendukung pertukaran data secara lebih efisien dan sesuai diterapkan pada aplikasi yang membutuhkan penyampaian informasi secara *real-time*.

Teknologi Internet of Things (IoT) merupakan sebuah teknologi yang memungkinkan perangkat terhubung melalui jaringan internet untuk melakukan pemantauan dan pengendalian. Penerapan IoT dapat mengintegrasikan perangkat keras dengan sistem komunikasi dan aplikasi sehingga proses pemantauan dapat dilakukan secara jarak jauh (Salsabila & Haryudo, 2023). Penerapan IoT memungkinkan sistem *monitoring* dilakukan secara efisien dengan

mengintegrasikan perangkat keras, sistem komunikasi, dan aplikasi berbasis web.

Salah satu implementasi *Internet of Things* (IoT) yang membutuhkan komunikasi data secara *real-time* adalah sistem pemantauan kualitas udara dalam ruangan. Pemantauan kualitas udara dalam ruangan penting dilakukan karena kondisi udara yang tidak memenuhi standar dapat berdampak terhadap kesehatan penghuni. Kualitas udara dalam ruangan yang tidak memenuhi standar memiliki hubungan yang signifikan dengan kejadian Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA), terutama yang dipengaruhi oleh faktor suhu udara, kelembapan, laju ventilasi, serta kadar beberapa polutan, termasuk karbon monoksida (Nasution dkk., 2025). Oleh karena itu, pemantauan kualitas udara secara berkala diperlukan untuk mengetahui perubahan kondisi udara di dalam ruangan sebagai upaya menjaga lingkungan yang sehat.

Pemantauan kualitas udara dalam ruang diatur oleh Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan. Peraturan tersebut menetapkan Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan (SBMKL) untuk udara dalam ruang yang mencakup parameter fisik, kimia, dan biologi. Penelitian ini memfokuskan pemantauan pada parameter suhu, kelembapan, dan karbon monoksida (CO). Suhu udara merupakan salah satu parameter lingkungan yang berperan dalam menentukan kenyamanan termal di dalam ruangan. Kondisi kenyamanan termal dapat berbeda berdasarkan karakteristik iklim, jenis bangunan, dan sistem ventilasi (Arsad dkk., 2023). Selain suhu, kelembapan udara juga perlu diperhatikan karena kelembapan udara yang rendah dapat meningkatkan gejala pada mata dan saluran pernapasan serta menurunkan produktivitas kerja (Wolkoff, 2024). Sementara itu, karbon monoksida (CO) merupakan polutan udara dalam ruangan yang dapat menimbulkan risiko kesehatan ketika konsentrasinya meningkat dan dapat digunakan sebagai indikator kualitas udara dalam ruangan (Salthammer, 2024). Berdasarkan ketiga kondisi tersebut, penelitian ini menggunakan suhu, kelembapan, dan CO sebagai parameter yang dipantau.

Penelitian terkait tentang yang pernah dilakukan sebelumnya yaitu “Sistem Monitoring PH dan Suhu Air Pada Tambak Udang Menggunakan Protokol

WebSocket" (Kurniawan & Nurwasito, 2019). Penelitian ini menggunakan ESP8266 sebagai minimum *system* dan WebSocket sebagai protokol komunikasi pengiriman data. Protokol WebSocket pada penelitian ini dapat membantu pengiriman data secara *real-time* ketika terjadi perubahan data pada sistem *monitoring*.

Penelitian terkait selanjutnya dengan judul "Pemanfaatan Protokol WebSocket Pada Sistem Tempat Sampah Pintar (STESEA)" (Saputro dkk., 2024). Penelitian ini yaitu menerapkan protokol WebSocket sebagai komunikasi data pada tempat sampah pintar secara *real-time* yang berbasis *website*. Tujuan utamanya adalah menguji QoS seperti *delay* dan *throughput* untuk pengiriman data menggunakan protokol WebSocket. Pengujian QoS pada protokol WebSocket dilakukan dengan hasil menunjukkan nilai waktu respons rata-rata 1,5 *s* nilai *throughput* rata-rata 104965,48 *bps* dan *delay* rata-rata 101 *ms*, dari hasil tersebut dapat dikategorikan sangat baik sesuai dengan standar TIPHON.

Penelitian selanjutnya dengan judul "Studi Awal Rancang Bangun *Indoor Farming Monitoring System* Berbasis IoT Dengan Protokol WebSocket" (Merdekawan & Sari, 2022). Penelitian ini mengembangkan sistem pemantauan *indoor farming* berbasis IoT menggunakan protokol WebSocket sebagai media komunikasi data. Hasil penelitian menunjukkan bahwa WebSocket mampu mendukung komunikasi data secara *real-time* dengan ukuran paket data sebesar 112 *byte* dan nilai *delay* rata-rata sebesar 0,028 detik.

Berdasarkan uraian latar belakang maupun penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya, maka dilakukan penelitian dengan judul "Implementasi Protokol WebSocket Pada Sistem Pemantauan Kualitas Udara Dalam Ruangan". Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kemampuan memantau kualitas udara dalam ruangan secara *real-time*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana mengimplementasikan protokol WebSocket pada Sistem Pemantauan Kualitas Udara Dalam Ruangan?
2. Bagaimana nilai *delay* dan *packet loss* dalam pengiriman data pada sistem

pemantauan kualitas udara dalam ruangan menggunakan protokol WebSocket?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem dibuat hanya meliputi pengiriman data kualitas udara dalam ruangan menggunakan protokol WebSocket.
2. Sistem akan difokuskan pada pengujian *delay* dan *packet loss* dalam pengiriman data.
3. Sistem hanya memantau kualitas udara dalam ruangan dengan parameter suhu, kelembapan, dan karbon monoksida (CO).
4. Pengiriman data menggunakan protokol WebSocket tanpa membandingkan dengan protokol lain
5. Pengambilan data dilakukan di dalam ruangan rumah yaitu kamar.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian kali ini adalah:

1. Mengimplementasikan protokol WebSocket pada sistem pemantauan kualitas udara dalam ruangan.
2. Mengetahui nilai *delay* dan *packet loss* dalam pengiriman data pada sistem pemantauan kualitas udara dalam ruangan menggunakan protokol WebSocket.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kemampuan memantau kualitas udara dalam ruangan secara *real-time*. Dengan sistem ini, data tentang kualitas udara bisa diperoleh dan diakses dengan cepat serta tepat, sehingga membantu pengambilan keputusan. Selain itu, penggunaan WebSocket memungkinkan komunikasi dua arah yang efisien antara sensor dan pengguna melalui *website*, sehingga mengurangi keterlambatan data dan meningkatkan kemampuan sistem merespon.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan ini dibagi dalam 6 bab, sehingga permasalahan dapat dijelaskan dan diuraikan untuk menyelesaikan penelitian yang dilakukan pada tugas akhir ini terdiri dari:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab pendahuluan berisikan latar belakang yang ditemukan untuk menjelaskan alasan kenapa penelitian dilakukan, rumusan masalah yang berisikan pokok-pokok permasalahan dalam penelitian yang dilakukan, batasan masalah penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB 2 LANDASAN TEORI

Bab landasan teori memuat bahasan tentang dasar teori mendukung yang digunakan dalam penulisan tugas akhir.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab metode penelitian menguraikan prosedur pengerjaan dilakukan secara sistematik. Metode penelitian ini diuraikan dalam bentuk diagram alir. Metode penelitian yang digunakan mencakup studi literatur, metode pengumpulan data, analisis kebutuhan yang meliputi perangkat keras dan perangkat lunak, perancangan sistem, implementasi, pengujian sistem, kesimpulan dan saran.

BAB 4 PERANCANGAN SISTEM

Bab perancangan sistem berisi tentang tahapan-tahapan yang dilakukan untuk merancang sistem yang akan dibangun. Rancangan sistem ini meliputi penjelasan deskripsi sistem, perancangan arsitektur sistem, perancangan perangkat keras, perancangan perangkat lunak dan perancangan pengujian.

BAB 5 IMPLEMENTASI, PENGUJIAN, DAN PEMBAHASAN

Bab implementasi, pengujian, dan pembahasan membahas tentang tahapan yang dilakukan untuk mengimplementasikan, menguji dan membahas sistem yang telah dibangun terdiri dari implementasi sistem, kode program, pengujian sistem dan pembahasan.

BAB 6 PENUTUP

Bab penutup berisi tentang pemaparan kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian yang dilakukan dan pemaparan saran dari penelitian yang dilakukan sebagai bahan evaluasi agar penelitian berikutnya dapat dilakukan dengan baik