IMPLEMENTASI PROTOKOL COAP *NON-CONFIRMABLE* DAN *CONFIRMABLE* PADA SISTEM PEMANTAUAN KATETER URIN BERBASIS *WEBSITE*

ZEVANYA ENJELIKA NABABAN
H1051211087

SKRIPSI

PROGRAM STUDI REKAYASA SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

IMPLEMENTASI PROTOKOL COAP *NON-CONFIRMABLE* DAN *CONFIRMABLE* PADA SISTEM PEMANTAUAN KATETER URIN BERBASIS *WEBSITE*

ZEVANYA ENJELIKA NABABAN
H1051211087

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

PROGRAM STUDI REKAYASA SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir	: Implementasi Protokol COAP *Non-Confirmable* dan *Confirmable* pada Sistem Pemantauan Kateter Urin berbasis *Website*
Nama Mahasiswa	: Zevanya Enjelika Nababan
NIM	: H1051211087
Jurusan/Program Studi	: Rekayasa Sistem Komputer
Tanggal Lulus	: 31 Juli 2025
SK Pembimbing	: 271/UN22.8/TD.06/2025/3 Februari 2025
SK Penguji	: 2489/UN22.8/TD.06/2025/28 Juli 2025

Dosen Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
Ikhwan Ruslianto, S.Kom., M.Cs.	Hafiz Muhardi, S.T., M.Kom.
NIP. 198607012014041001	NIP. 199007232023211017

Dosen Penguji

Ketua Penguji	Anggota Penguji
Uray Ristian, S.Kom., M.Kom.	Hirzen Hasfani, S.Kom., M.Cs.
NIP. 199012012019031017	NIP. 199305032022031003

Pimpinan Sidang (merangkap anggota penguji)	Sekretaris Sidang (merangkap anggota penguji)
Ikhwan Ruslianto, S.Kom., M.Cs.	Hafiz Muhardi, S.T., M.Kom.
NIP. 198607012014041001	NIP. 199007232023211017

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	: Zevanya Enjelika Nababan
NIM	: H1051211087
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 pernyatan ini untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Pontianak, 31 Juli 2025



Zevanya Enjelika Nababan
NIM. H1051211087

Implementasi Protokol COAP *Non-Confirmable* dan *Confimable* pada Sistem Pemantauan Kateter Urin berbasis *Website*

Abstrak

Dalam transmisi data medis dari perangkat *Internet of Things* (IoT), *latency* dan *packet loss* merupakan faktor kritis yang memengaruhi kualitas penanganan pasien, termasuk pada sistem pemantauan kateter urin. Maka dari itu, sistem ini dibangun menggunakan protokol komunikasi *Constrained Application Protocol* (CoAP), yang memiliki dua mekanisme utama yaitu, *Non-Confirmable* (NON) untuk pegiriman cepat tanpa konfirmasi dan *Confirmable* (CON) untuk pengiriman dengan keandalan melalui mekanisme adanasi retya konfirmasi dan retransmisi. Penelitian ini memanfaatkan kedua mekanisme tersebut untuk menganalisis kinerja CoAP pada sistem pemantauan kateter urin berbasis *website*. Sistem menggunakan NodeMCU sebagai *client* yang mengirimkan data rutin berupa *volume* urin menggunakan pesan NON, dan data krusial berupa laporan kondisi transmisi data serta *alarm* menggunakan pesan CON. Pengujian dilakukan pada jaringan *Wi-Fi* publik, jaringan khusus (*hotspot)*, serta simulasi *packet loss* 10-80%, dengan metrik yang diukur meliputi *packet loss*, *latency*, jumlah *retransmission*, dan *round trip time* (RTT). Hasil pengujian menunjukkan bahwa jaringan khusus memiliki performa ter baik, dimana pengiriman pesan NON memiliki *packet loss* <1% dan *latency* <350 ms, sedangan pengiriman pesan CON terbukti mampu menjaga keandalan pengiriman data dengan 90% keberhasilan implementasi *retransmission*.

Kata kunci: *Urine Monitoring*, CoAP, *Packet Loss*, *Latency, Retransmission*

Implementation of CoAP Protocol Non-Confirmable and Confirmable In a Website-based Urinary Catheter Monitoring System

Abstract

In medical IoT data transmission, latency and packet loss are critical factors that affect patient care, particularly in urinary catheter monitoring systems. Therefore, this system utilizes the Constrained Application Protocol (CoAP), which employs two primary mechanisms: Non-Confirmable (NON) for rapid, unacknowledged transmission, and Confirmable (CON) for reliable delivery through acknowledgments and retransmissions. This study utilizes both mechanisms to evaluate CoAP performance in a web-based urinary catheter monitoring system. The system employs NodeMCU as a client, sending routine urine volume data via NON messages and crucial reports, including transmission status and alarms, via CON messages. Tests were conducted over public Wi-Fi, dedicated hotspots, and simulated packet loss of 10–80%, measuring packet loss, latency, retransmissions, and round-trip time (RTT). Results indicate that the dedicated network performed best, with NON messages achieving <1% packet loss and latency <350 ms, while CON messages ensured reliable data delivery, achieving 90% successful retransmissions.

Keywords: *Urine Monitoring,* CoAP*, Packet Loss, Latency, Retransmission*

PRAKATA

Segala syukur dan puji hanya bagi Tuhan Yesus Kristus, oleh karena anugerah-Nya yang melimpah, kemurahan, dan kasih setia yang besar, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **"Implementasi Protokol COAP *Non-Confirmable* dan *Confirmable* pada Sistem Pemantauan Kateter Urin berbasis *Website*"** Tugas akhir 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.

Semua hasil yang diperoleh ini tidak lepas dari segala dukungan dan bantuan dari berbagai pihak yang terus mendorong penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Sebagai penghargaan, izinkanlah penulis mengucapkan rasa 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. Bapak Tedy Rismawan, S.Kom., M.Cs., selaku Ketua Jurusan Rekayasa Sistem Komputer FMIPA Universitas Tanjungpura Pontianak.
3. Bapak Ikhwan Ruslianto, S.Kom, M.Cs., sebagai dosen Pembimbing Pertama yang telah memberikan masukan serta meluangkan waktu dan pikiran yang memberikan dorongan dalam bimbingan penulisan skripsi. Beliau juga sebagai dosen Pembimbing Akademik (PA) yang telah memberi masukan dan motivasi yang membangun selama masa perkuliahan.
4. Bapak Hafiz Muhardi, S.T., M.Kom., sebagai dosen Pembimbing Kedua yang telah memberikan masukan serta meluangkan waktu dan pikiran yang memberikan dorongan dalam bimbingan penulisan skripsi.
5. Bapak Uray Ristian, S.Kom., M.Kom., selaku dosen Penguji Pertama, yang telah memberikan kontribusi dengan memberikan masukan dan pertanyaan yang memperkaya isi dari tugas akhir ini.
6. Bapak Hirzen Hasfani, S.Kom., M.Cs., selaku dosen Penguji Kedua, yang telah memberikan kontribusi dengan memberikan masukan dan pertanyaan yang memperkaya isi dari tugas akhir ini.

7. Seluruh Dosen program studi Rekayasa Sistem Komputer yang telah mengajar dan membimbing selama perkuliahan beserta *staff* admin yang telah membantu dalam pemberkasan.
8. Kepada Orangtua saya, Papa yang selalu mendoakan, memberikan dukungan, perhatian dan kasih sayang, Mama yang mendoakan, memberikan dukungan, perhatian, motivasi, dan kasih sayang untuk terus mendampingi tanpa henti sepanjang perjalanan penulisan tugas akhir ini.
9. Kepada adik, Jonathan, yang selalu mendoakan, memberikan dukungan, dan mendengarkan keluh kesah sepanjang perjalanan penulisan tugas akhir ini.
10. Kepada teman-teman, Immanuel, Yunita, Fauzi, Novianti, Andy, Yessa, Alif, Fioni, Ridha, Jero, Faishal, Irvando, Kak Agamita, dan Rylsa yang telah memberikan semangat, menjadi teman diskusi, dan mendengarkan keluh kesah selama perjalanan penulisan tugas akhir ini.
11. Kepada Hulukfam, Sonia, Angela, dan Isabell, yang telah mendoakan, memberikan semangat dan masukan, serta mendengarkan keluh kesah selama proses penulisan tugas akhir ini.
12. Para rekan-rekan seperjuangan mahasiswa khususnya Sistem Komputer 2021 (Nemotic) yang telah memberikan semangat dan dukungan dalam menjalani proses perkuliahan dan penulisan tugas akhir ini.
13. Semua pihak yang terlibat langsung maupun yang tidak langsung dalam penulisan tugas akhir ini.

Pontianak, 31 Juli 2025



Zevanya Enjelika Nababan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN ii
PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK iii
Abstrak iv
Abstract v
PRAKATA vi
DAFTAR ISI viii
DAFTAR GAMBAR xii
DAFTAR TABEL xiv
DAFTAR KODE PROGRAM xvi
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Batasan Masalah 5
1.4 Tujuan Penelitian 5
1.5 Manfaat Penelitian 5
1.6 Sistematika Penulisan 6
BAB 2 LANDASAN TEORI 8
2.1 Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu 8
2.2 *Constrained Application Protocol* 10
2.2.1 Mekanisme Pesan *Non-Confirmable* 11
2.2.2 Mekanisme Pesan *Confirmable* 11
2.3 Aiocoap *Library* 12
2.4 NodeMCU ESP32 12
2.5 *Load Cell* 12
2.6 Modul HX711 13
2.7 ESP-IDF 13
2.8 *Flask* 14
2.9 Redis 14
2.10 *Visual Studio Code* 15
2.11 *Virtual Private Server* AWS 15

2.12 Basis Data 16
2.13 *Packet Loss* 16
2.14 *Latency* 17
2.15 *Round Trip Time* (RTT) 18
2.16 Implementasi *Retransmission* 18
2.17 NetEm 19
2.18 Balsamiq *Mockup* 19
2.19 Diagram Alir (*Flowchart)* 20
2.20 Kantong Urin 20
BAB 3 METODE PENELITIAN 21
3.1 Studi Literatur 22
3.2 Analisis Kebutuhan 22
3.2.1 Kebutuhan Perangkat Keras 22
3.2.2 Kebutuhan Perangkat Lunak 22
3.3 Perancangan Sistem 23
3.4 Implementasi 23
3.5 Pengujian 24
3.6 Data Hasil Pengujian 24
3.7 Kesimpulan dan Saran 24
BAB 4 PERANCANGAN 25
4.1 Deskripsi Sistem 25
4.2 Perancangan Arsitektur Sistem 26
4.3 Perancangan perangkat Keras 27
4.4 Perancangan Perangkat Lunak 29
4.4.1 Perancangan CoAP *Client* 31
4.4.2 Perancangan CoAP *Server* 32
4.4.3 Perancangan *Website* 35
4.5 Perancangan Basis Data 36
4.5.1 Tabel *User* 37
4.5.2 Tabel Sensor Data 37
4.5.3 Tabel *Device Metric* 38
4.5.4 Tabel *Alert* 38

4.5.5 Tabel CoAP Log 39
4.5.6 Tabel *Device* 39
4.5.7 Tabel *Device Assignment History* 40
4.5.8 Tabel *Patient* 41
4.6 Perancangan Antarmuka *Website* 41
4.7 Perancangan Notifikasi Telegram 47
4.8 Perancangan Pengujian 47
4.8.1 Perancangan Pengujian *Bandwidth* 47
4.8.2 Perancangan Pengujian Kinerja Transmisi Data 48
4.8.3 Perancangan Pengujian Kinerja Transmisi Data NON 49
4.8.4 Perancangan Pengujian Kinerja Transmisi Data CON 50
4.8.5 Perancangan Pengujian *Black Box* 51
BAB 5 IMPLEMENTASI, PENGUJIAN, DAN PEMBAHASAN 53
5.1 Implementasi Sistem 53
5.2 Implementasi Perangkat Keras 53
5.3 Implementasi Perangkat Lunak 54
5.3.1 Kode Program CoAP *Client* 54
5.3.2 Kode Program CoAP *Server* 56
5.4 Implementasi Antarmuka *Website* 58
5.4.1 Implementasi Halaman *Login* 58
5.4.2 Implementasi Halaman *Register* 58
5.4.3 Implementasi Halaman *Dashboard User* 59
5.4.4 Implementasi Halaman Manajemen Pasien 59
5.4.5 Implementasi Halaman Daftar Perangkat 60
5.4.6 Implementasi Halaman *Dashboard* Admin 60
5.4.7 Implementasi Halaman Grafik Performa 61
5.4.8 Implementasi Halaman Manajemen Perangkat 61
5.4.9 Implementasi Halaman CoAP *Real-time* Log 62
5.4.10 Implementasi Halaman Manajemen Log 62
5.5 Implementasi Notifikasi Telegram 63
5.6 Pengujian *Bandwidth* 63
5.7 Pengujian Kinerja Transmisi Data NON 65

5.7.1 Pengujian Koneksi Perangkat 65
5.7.2 Pengujian Pengiriman Data oleh Sensor *Node* 65
5.7.3 Penerimaan Pesan oleh *Server* 66
5.7.4 Pengujian *Packet Loss* pada Setiap Skenario 66
5.7.5 Pengujian *Latency* pada Setiap Skenario 69
5.8 Pengujian Kinerja Transmisi Data CON 76
5.8.1 Pengujian Pengiriman Data dari Sensor 76
5.8.2 Pengujian Penerimaan Data oleh *Server* 77
5.8.3 Pengujian *Retransmission* dan *Round Trip Time* (RTT) 77
5.8.4 Validasi Kinerja *Alarm* 88
5.8.5 Pengujian *Black Box* 89
5.9 Pembahasan 91
BAB 6 PENUTUP 94
6.1 Kesimpulan 94
6.2 Saran 94
DAFTAR PUSTAKA 95
LAMPIRAN 101

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mekanisme Pesan CoAP 11
Gambar 2.2 NodeMCU ESP32 12
Gambar 2.3 *Load Cell* 13
Gambar 2.4 Modul HX711 13
Gambar 2.5 ESP-IDF 14
Gambar 2.6 *Visual Studio Code* 15
Gambar 2.7 Implementasi *Retransmission* 19
Gambar 2.8 Kateter Urin 20
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian 21
Gambar 4.1 Diagram Blok Sistem 25
Gambar 4.2 Perancangan Arsitektur Sistem 26
Gambar 4.3 Perancangan Perangkat Keras 28
Gambar 4.4 Diagram Alir Alur Kerja Sistem 30
Gambar 4.5 Perancangan CoAP *Client* 31
Gambar 4.6 Perancangan CoAP *Server* 32
Gambar 4.7 Perancangan CoAP *Server* penerimaan Pesan *Telemetry* 33
Gambar 4.8 Perancangan CoAP *Server* penerimaan Pesan *Checkpoint* 34
Gambar 4.9 Perancangan CoAP *Server* penerimaan Pesan *Alarm* 35
Gambar 4.10 Rancangan Basis Data 36
Gambar 4.11 Rancangan Halaman *Login* 42
Gambar 4.12 Rancangan Halaman *Register* 42
Gambar 4.13 Rancangan Halaman Dashboard *User* 43
Gambar 4.14 Rancangan Manajemen Pasien 43
Gambar 4.15 Rancangan Halaman Manajemen Perangkat 44
Gambar 4.16 Rancangan Halaman *Dashboard* Admin 44
Gambar 4.17 Rancangan Halaman Grafik Performa 45
Gambar 4.18 Rancangan Halaman Manajemen Perangkat 45
Gambar 4.19 Rancangan Halaman CoAP *Real-time* Log 46
Gambar 4.20 Rancangan Halaman Manajemen Log 46
Gambar 4.21 Rancangan Tampilan Notifikasi Telegram 47

Gambar 4.22 Perintah Simulasi *Packet Loss* 49
Gambar 5.1 Komponen Perangkat Keras 54
Gambar 5.2 Implementasi Sensor *Node* 54
Gambar 5.3 Tampilan Halaman *Login* 58
Gambar 5.4 Tampilan Halaman *Register* 59
Gambar 5.5 Tampilan Halaman *Dashboard User* 59
Gambar 5.6 Tampilan Halaman Manajemen Pasien 60
Gambar 5.7 Daftar Perangkat 60
Gambar 5.8 Tampilan Halaman *Dashboard* Admin 61
Gambar 5.9 Tampilan Halaman Grafik Performa 61
Gambar 5.10 Tampilan Halaman Manajemen Perangkat 62
Gambar 5.11 Halaman CoAP *Real-time* Log 62
Gambar 5.12 Halaman Manajemen Log 63
Gambar 5.13 Notifikasi Telegram 63
Gambar 5.14 *Bandwidth Wi-Fi* Publik 64
Gambar 5.15 *Bandwidth* Jaringan Khusus 64
Gambar 5.16 Pengujian Koneksi Perangkat 65
Gambar 5.17 Pengiriman Pesan *Telemetry* 65
Gambar 5.18 Penerimaan Pesan *Telemetry* 66
Gambar 5.19 Pengiriman Pesan *Checkpoint* 76
Gambar 5.20 Pengiriman Pesan *Alarm* 77
Gambar 5.21 Penerimaan Pesan *Checkpoint* 77
Gambar 5.22 Penerimaan Pesan *Alarm* 77

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu 8
Tabel 2.2 Standarisasi *Packet Loss* versi TIPHON 17
Tabel 2.3 Standarisasi *Latency* versi TIPHON 18
Tabel 4.1 Koneksi Pin Sensor *Load Cell* dengan Modul HX711 29
Tabel 4.2 Koneksi Modul HX711 dengan ESP32 29
Tabel 4.3 Tabel *User* 37
Tabel 4.4 Tabel Sensor Data 37
Tabel 4.5 Tabel *Device Metric* 38
Tabel 4.6 Tabel *Alert* 38
Tabel 4.7 Tabel CoAP Log 39
Tabel 4.8 Tabel *Device* 40
Tabel 4.10 Tabel *Device Assignment History* 40
Tabel 4.11 Tabel *Patient* 41
Tabel 4.12 Langkah Pengujian *Bandwidth* 48
Tabel 4.13 Skenario Uji 48
Tabel 4.14 Langkah Pengujian Kinerja Transmisi Data NON 49
Tabel 4.16 Langkah Pengujian Kinerja Transmisi Data CON 50
Tabel 4.17 Pengujian *Black Box* 51
Tabel 5.1 Hasil Pengujian *Packet Loss* pada *Client* 1 66
Tabel 5.2 Hasil Pengujian *Packet Loss Client* 2 68
Tabel 5.3 Hasil Pengujian *Latency* CoAP Skenario 1 & 2 *Client* 1 70
Tabel 5.4 Hasil Pengujian *Latency* CoAP Skenario 3 *Client* 1 71
Tabel 5.5 Hasil Pengujian *Latency* CoAP Skenario 1 & 2 *Client* 2 73
Tabel 5.6 Hasil Pengujian *Latency* CoAP Skenario 3 *Client* 2 74
Tabel 5.7 Hasil Pengujian *Retransmission* & RTT Skenario 1 & 2 *Client* 1 78
Tabel 5.8 Hasil Pengujian *Retransmission* & RTT Skenario 3-1 *Client* 1 79
Tabel 5.9 Hasil Pengujian *Retransmission* & RTT Skenario 3-2 *Client* 1 81
Tabel 5.10 Hasil Pengujian *Retransmission* & RTT Skenario 1 & 2 *Client* 2 83
Tabel 5.11 Hasil Pengujian *Retransmission* & RTT Skenario 3-1 *Client* 2 84
Tabel 5.12 Hasil Pengujian *Retransmission* & RTT Skenario 3-2 *Client* 2 86

Tabel 5.13 Validasi Kinerja *Alarm Client* 1..... 88
Tabel 5.14 Validasi Kinerja *Alarm Client* 2..... 89
Tabel 5.15 Hasil Pengujian *Black box* 90

DAFTAR KODE PROGRAM

Kode Program 5.1 Inisialisasi Perangkat pada CoAP *Client* 55
Kode Program 5.2 Pesan *Alarm* pada CoAP *Client* 55
Kode Program 5.3 Pesan *Checkpoint* pada CoAP *Client* 55
Kode Program 5.4 Pesan *Telemetry* pada CoAP *Client* 56
Kode Program 5.5 Pesan *Telemetry* pada CoAP *Server* 56
Kode Program 5.6 Pesan *Checkpoint* pada CoAP *Server* 57
Kode Program 5.7 Pesan *Alarm* pada CoAP *Server* 57

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kateter urin merupakan solusi medis yang umum digunakan untuk membantu pasien yang mengalami kesulitan buang air kecil secara normal. Menurut data dari *World Health Organization* (WHO) (Sebagaimana dikutip dalam Febrianti et al., 2022), lebih dari 30 juta prosedur kateterisasi urin dilakukan setiap tahun, dengan sekitar 10% terjadi pada pasien akut dan 7,5% hingga 10% pada pasien yang membutuhkan perawatan jangka panjang, angka ini diperkirakan akan meningkat hingga mencapai 25%. Kateter urin berfungsi untuk mengalirkan urin melalui uretra menuju kantong urin sebagai wadah penampung sisa cairan hasil ekskresi dari ginjal yang mengalami gangguan (Nori et al., 2024).

Pemantauan jumlah cairan yang masuk ke dalam kantong urin diperlukan untuk menjaga keseimbangan cairan dalam tubuh (Banjarnahor, 2022). Pengukuran keluaran urin menjadi aspek krusial dalam penanganan medis, terutama pada pasien dengan cedera ginjal akut, sepsis, atau kondisi serius lainnya (Schrier & Wang dalam Lee et al., 2023). *Volume* keluaran urin *(urine output* (UO)) dapat menjadi salah satu indikator penyakit serius, salah satunya *Acute Kidney Injury* (AKI). Berdasarkan kriteria KDIGO (Sebagaimana dikutip dalam (Machado et al., 2024), jika rata-rata UO, 0,5 mL/kg/jam selama 6 jam dapat dikatakan sebagai AKI tahap 1. Hal ini menunjukkan bahwa data pemantauan *volume* urin merupakan data medis sensitif yang harus segera tersampaikan.

Saat ini, pemantauan *volume* kantong urin pada pasien masih dilakukan secara manual, dimana perawat harus memeriksa satu per satu ruang rawat pasien (Banjarnahor, 2022). Pemantauan manual membutuhkan waktu dan tenaga serta berisiko menyebabkan keterlambatan dalam pengambilan tindakan medis. Selain itu, penggunaan kateter urin juga memiliki batas waktu tertentu karena risiko infeksi saluran kemih meningkat seiring lamanya durasi penggunaan. Kebocoran kateter urin juga sering kali terjadi karena kapasitas penampungan yang berlebihan, dan faktor penyebabnya antara lain adalah kelalaian pemeriksaan kateter,

ketidakhadiran perawat di dekat pasien, serta rasa malas untuk memeriksa kateter urin secara berkala (Banjarnahor, 2022). Maka dari itu, diperlukan sistem pemantauan kateter urin yang mampu memantau *volume* keluaran urin dan meminimalkan risiko kebocoran akibat kapasitas penampungan yang berlebihan.

Mengacu pada sifatnya sebagai data medis sensitif, dibutuhkan sistem pemantauan kateter urin dengan *latency* rendah agar waktu respons lebih cepat. Keterlambatan pengiriman data medis sensitif dapat mengurangi manfaat informasi bagi tenaga medis dan menimbulkan konsekuensi serius (Younas et al., 2023). Selain *latency*, tingkat *packet loss* yang tinggi juga menimbulkan dampak yang serius. Dalam pengiriman data medis, kehilangan data dapat berdampak fatal karena informasi kritis beresiko tidak tersampaikan dengan tepat kepada tenaga medis (Oleiwi et al., 2022). Dengan demikian, sistem pemantauan harus dilengkapi dengan protokol jaringan yang dapat membantu mengatasi *latency* dan *packet loss*.

Salah satu protokol komunikasi yang sesuai untuk sistem pemantauan kateter urin adalah *Constrained Application Protocol* (CoAP). CoAP memiliki ukuran paket data yang kecil, sehingga mampu mempercepat proses transmisi data, menjadikannya pilihan yang ideal untuk membangun sistem pengamatan (Wiryawan et al., 2017). CoAP memiliki dua mekanisme pengiriman pesan, yaitu *Non-Confirmable* (NON) yang meminimalisir keterlambatan dalam pengiriman data dan *Confirmable* (CON) yang meminimalisir kehilangan paket data. Pesan NON digunakan ketika kecepatan pengiriman lebih diprioritaskan dibanding keandalan karena pesan ini tidak menunggu balasan ACK *(Acknowledgement)* dari *server*, dan CoAP memungkinkan pengiriman beberapa pesan NON secara bersamaan ke satu *server* (Rajan & Bandai, 2025). Sedangkan pesan CON bersifat andal karena menggunakan mekanisme *timeout* dan menunggu balasan berupa ACK dari *server* (Alhaidari & Alqahtani, 2020). Untuk meminimalisir keterlamabatan dan kehilangan paket data, sistem ini menerapkan kedua mekanisme pengiriman pesan. Model komunikasi yang digunakan adalah *client-server,* di mana *client* mengirim data ke *server*, dan *server* memberikan respons serta konfirmasi pada pesan CON.

Sistem pemantauan kateter urin menggunakan sensor *load cell* untuk mengukur berat cairan dalam kantong urin. Sinyal analog dari *load cell* dikonversi

menjadi data digital oleh modul HX711 dan dibaca oleh mikrokontroler ESP32. Mikrokontroler memproses berat kantong urin dan mengirimkannya ke *server* menggunakan protokol CoAP. Data yang diterima *server* dapat diakses melalui antarmuka *website*. Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan pengiriman notifikasi melalui *website* dan Telegram, apabila *volume* urin mendekati kapasitas maksimum. Sumber daya yang digunakan pada penelitian ini menggunakan *power bank* untuk mendukung portabilitas. Sebelumnya, (Banjarnahor, 2022) menggunakan baterai lithium karena sifatnya yang ringan dan mendukung mobilitas. Namun, pada penelitian ini, *power bank* dipilih karena lebih praktis untuk diisi ulang tanpa peralatan tambahan.

Penelitian sebelumnya yang telah dilakukan berjudul "Implementasi *Constrained Application Protocol* pada *Internet of Things* dengan *Constrained RESTful Environmets* berbasis *Constrained Device*" (Suryani et al., 2023). Penelitian ini menggunakan *Constrained Application Protocol* (CoAP) dalam *Constrained RESTful Environments* (CoRE) sesuai dengan RFC 7252, dengan fokus pada aplikasi *Internet of Things* (IoT). Pengujian dilakukan secara *offline* menggunakan perangkat terbatas, dengan parameter kinerja jaringan meliputi *throughput* UDP, *delay* UDP, *packet loss* UDP, dan rasio pengiriman paket UDP. Hasil menunjukkan *throughput* UDP rata-rata tertinggi sebesar 4,5737 kbps dan terendah 1,2293 kbps, *delay* UDP rata-rata tertinggi 2 detik dan terendah 0,6 detik. Tingkat *packet loss* 0%, dan rasio pengiriman paket mencapai 100% yang mengindikasikan bahwa sistem mampu mentransmisikan data secara andal pada sistem pemantaun.

Penelitian selanjutnya, berjudul "*Performance Evaluation of CoAP and MQTT with Security Support for* IoT *Environments*" (V.Seoane, C.Gracia-Rubio, F.Almenares, 2021). Penelitian ini mengevaluasi kinerja protokol CoAP dan MQTT di lingkungan IoT terbatas. Pengujian dilakukan dengan mengirimkan data dari perangkat IoT *(Client)* ke *Server* melalui jaringan internet, dan mengukur efisiensi *bandwidth*, *latency, packet loss,* serta CPU *Usage.* Hasil penelitian menunjukkan bahwa CoAP dengan DTLS lebih efisie dalam penggunaan *bandwidth* karena *overhead* lebih rendah, menghemat sekitar 27% dibanding MQTT dengan TLS. Dari sisi *latency,* CoAP NON mencatat rata-rata 22 ms, COAP

CON 45 ms, dan MQTT 24 ms. Sedangkan terkait *packet loss*, CoAP CON menunjukkan tingkat *packet loss* yang rendah. Sementara itu, MQTT sedikit lebih hemat CPU sekitar 3%. Hal ini menunjukkan bahwa CoAP merupakan pilihan yang lebih unggul dalam hal *latency* dan *packet loss*.

Penelitian selanjutnya, berjudul "Sistem Prediksi Pergantian Infus Berbasis *Internet of Things* (IoT)" (Purwosunu et al., 2023). Penelitian ini dilakukan untuk memantau infus pasien dan memudahkan pengawasan oleh tenaga medis. Sistem ini menggunakan sensor *load cell* untuk mengukur beban perubahan infus, dengan modul HX711 untuk mengonversi sinyal dari *load cell* menjadi sinyal digital. Kemudian, data tersebut dikirimkan ke NodeMCU yang menghubungkannya ke internet melalui WiFi. Teknologi *Internet of Things* dimanfaatkan untuk memantau sisa cairan infus dan prediksi waktu habisnya, yang dapat dipantau melalui aplikasi MIT *App Inventor* di *smartphone*. Pada penelitian ini, *load cell* berhasil diimplementasikan dan membaca *volume* infus dengan nilai *error* 0,5%.

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, diperlukan pengembangan sistem untuk mengatasi permasalahan yang telah diidentifikasi. Oleh karena itu, dirancang sebuah sistem dengan judul "Implementasi Protokol CoAP *Non-Confirmable* dan *Confirmable* pada Sistem Pemantauan Kateter Urin Berbasis *Website*". Sistem ini diharapkan dapat membantu perawat memperoleh informasi lebih cepat sehingga meningkatkan respons terhadap kondisi pasien.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana performa transmisi data ditinjau dari metrik *packet loss* dan *latency* pada sistem pemantauan keteter urin yang dirancang menggunakan protokol CoAP *Non-Confirmable* (NON) dalam pengiriman pesan *Telemetry*?
2. Bagaimana tingkat keberhasilan implementasi *retransmission* pada protokol CoAP *Confirmable* (CON) dalam penyampaian pesan kritis (*Checkpoint* dan *Alarm*)?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem diuji menggunakan protokol komunikasi CoAP dalam jaringan internet.
2. Pengujian transmisi data dilakukan antara perangkat pemantauan dan *server* CoAP.
3. Perangkat pemantauan hanya mencakup pemantauan *volume* urin menggunakan sensor *load cell.*
4. Mikrokontroler yang digunakan sebagai pengendali dan komputasi sistem yaitu ESP32.
5. *Website* menampilkan data pemantauan dan notifikasi saat *volume* urin > $\frac{3}{4}$ kantong (1000 mL).
6. Notifikasi *alarm* berisi nama pasien, nomor ruangan, dan kondisi kateter dikirim via telegram saat *volume* urin > $\frac{3}{4}$ kantong (1000 mL).
7. Sistem diuji menggunakan dua perangkat *prototype*.
8. Sistem pemantauan menggunakan basis data MySQL dari Amazon RDS.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui performa transmisi data ditinjau dari metrik *packet loss* dan *latency* pada sistem pemantauan kateter urin yang dirancang menggunakan CoAP *Non-Confirmable* (NON) dalam pengiriman pesan *Telemetry*.
2. Mengetahui tingkat keberhasilan implementasi *retransmission* pada protokol CoAP *Confirmable* (CON) dalam penyampaian pesan kritis (*Alarm* dan *Checkpoint*) pada kondisi jaringan dengan *packet loss* tertentu.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan solusi yang efektif dalam memantau penggunaan kateter urin pada pasien. Sistem yang dikembangkan diharapkan mampu mendukung tenaga medis, khususnya perawat, dalam melaksanakan tugas pemantauan secara lebih mudah, cepat, dan akurat. Dengan adanya sistem ini, risiko kebocoran akibat kapasitas penampungan yang melebihi

batas dapat diminimalisir, sehingga meningkatkan kenyamanan dan keamanan pasien. Selain itu, sistem ini juga dapat mengurangi beban kerja perawat dengan memberikan notifikasi secara otomatis ketika kapasitas penampungan mendekati batas maksimum atau ketika diperlukan tindakan tertentu, seperti penggantian kateter.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini dibagi menjadi enam bab agar permasalahan dapat dijelaskan dan diuraikan untuk menyelesaikan penelitian ini. Adapun sistematika penulisan tugas akhir ini terdiri dari:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab pendahuluan berisi latar belakang yang menjelaskan mengenai resiko terjadinya keterlambatan dalam pemeriksaan kateter urin dan pengambilan tindakan jika pemantauan dilakukan secara manual, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 LANDASAN TEORI

Bab landasan teori berisi pembahasan mengenai dasar teori pendukung yang digunakan dalam penelitian tugas akhir. Landasan teori pada bab ini berupa *Constrained Application Protocol* (CoAP), ESP32, *Load Cell,* Modul HX711, ESP-IDF, *Flask,* Redis, *Visual Studio Code, Virtual Private Server* AWS, Basis Data, *Wireshark, Packet Loss, Latency, Round Trip Time* (RTT), Jumlah *Retransmission,* Balsamiq *Mockup*, Diagram Alir *(Flowchart),* dan Kateter Urin.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab metode penelitian adalah prosedur atau cara-cara yang dilakukan untuk mengumpulkan dan menganalisis data serta menjawab pertanyaan atau hipotesis yang telah ditetapkan dalam penelitian. Adapun isi dari metode penelitian yaitu diagram alir, studi literatur, analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi sistem, pengujian sistem, data hasil pengujian, kesimpulan dan saran.

BAB 4 PERANCANGAN

Bab perancangan berisi secara rinci mengenai perancangan dan tahapan dalam pelaksanaan penelitian. Pada bab ini secara umum meliputi perancangan pada perangkat keras dan perangkat lunak. Pada perancangan perangkat keras terdiri dari perancangan sensor *node* menggunakan sensor *load cell*, modul HX711,

dan *Node*MCU ESP32. Sedangkan pada perancangan perangkat lunak meliputi perancangan logika kerja CoAP *Client* yang adalah sensor *node,* perancangan CoAP *Server* yang menerima data dari CoAP *Client* dan menampikan data pada pengguna.

BAB 5 IMPLEMENTASI, PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Bab implementasi, pengujian, dan pembahasan membahas mengenai analisis dan implementasi dari sistem yang telah dirancang. Tahapan ini yaitu implementasi perangkat keras, implementasi perangkat lunak, pengujian, dan pembahasan.

BAB 6 PENUTUP

Bab penutup merupakan bab yang membahas tentang kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan saran terhadap masalah yang belum terselesaikan untuk dapat diperbaiki dan dikembangkan pada penelitian berikutnya.