SISTEM CERDAS KENDALI TITIK LAMPU PERTANIAN BUAH NAGA MENGGUNAKAN PROTOKOL MQTT

SIAUDILA ANISA DEWI SEPTIANA
H1051181012

SKRIPSI

JURUSAN REKAYASA SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
2025

SISTEM CERDAS KENDALI TITIK LAMPU PERTANIAN BUAH NAGA MENGGUNAKAN PROTOKOL MQTT

SIAUDILA ANISA DEWI SEPTIANA
H1051181012

Skripsi
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer pada
Program Studi Rekayasa Sistem Komputer

JURUSAN REKAYASA SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
2025

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir	: Sistem Cerdas Kendali Titik Lampu Pertanian Buah Naga Menggunakan Protokol MQTT
Nama Mahasiswa	: Siaudila Anisa Dewi Septiana
NIM	: H1051181012
Jurusan/Program Studi	: Rekayasa Sistem Komputer
Tanggal Lulus	: 15 Juli 2025
SK Pembimbing	: No.2711/UN22.8/TD.06/2024/Tanggal 10 September 2024
SK Penguji	: No.2167/UN22.8/TD.06/2025/Tanggal 14 Juli 2025

Dosen Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
Dwi Marisa Midyanti, S.T., M.Cs.	Hirzen Hasfani, S.Kom., M.Cs.
NIP. 198003192015042001	NIP. 199305032022031003

Dosen Penguji

Ketua Penguji	Anggota Penguji
Uray Ristian, S.Kom., M.Kom.	Ikhwan Ruslianto, S.Kom., M.Cs.
NIP. 199012012019031017	NIP. 198607012014041001

Pimpinan Sidang (merangkap anggota penguji)	Sekretaris Sidang (merangkap anggota penguji)
Dwi Marisa Midyanti, S.T., M.Cs.	Hirzen Hasfani, S.Kom., M.Cs.
NIP. 198003192015042001	NIP. 199305032022031003

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Tanjungpura

Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si.
NIP. 1971080220000310

PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Siaudila Anisa Dewi Septiana
NIM	: H1051181012
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,



Siaudila Anisa Dewi Septiana
NIM. H1051181012

Sistem Cerdas Kendali Titik Lampu Pertanian Buah Naga Menggunakan Protokol MQTT

ABSTRAK

Tanaman buah naga memerlukan sinar matahari yang panjang untuk tumbuh dengan baik. Ketika cahaya alami terbatas, penggunaan lampu tambahan menjadi solusi. Namun, pengaturan lampu secara manual kurang efisien. Selain itu, penerapan sistem otomatis berbasis *Internet of Things* sering menghadapi kendala, terutama karena tingginya lalu lintas data yang membebani jaringan, sehingga menyebabkan koneksi menjadi tidak stabil. Sistem ini menggunakan protokol MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) yang efisien dalam pengiriman dikondisi jaringan terbatas. Komunikasi antara *Master Node* dan *Slave Node* di kedua kebun menggunakan protokol ESP-NOW. *Master Node* bertindak sebagai *publisher* yang mengirimkan nilai intensitas cahaya dan status lampu melalui MQTT ke *broker* HiveMQ, kemudian diteruskan ke *website* sebagai *subscriber*. Pengujian dilakukan selama dua hari menunjukkan bahwa pada hari pertama, 6276 data berhasil diterima oleh *subscriber* dengan rata-rata *delay* sebesar 593,901 ms. Pada hari kedua, jumlah data yang diterima meningkat menjadi 9146 data dengan rata-rata *delay* 903,217 ms. Pengujian *packet loss* di kedua hari yang menunjukkan bahwa seluruh data berhasil diterima dengan utuh oleh *subscriber*. Menurut standar TIPHON, yang menunjukkan bahwa pengujian *delay* termasuk dalam kategori jelek, serta tingkat *packet loss* dalam kategori sangat bagus. Sistem ini mampu bekerja secara efisien dalam mengelola komunikasi antar perangkat meskipun terdapat *delay* yang cukup tinggi.

Kata Kunci: buah naga, MQTT, intensitas cahaya, *delay, packet loss*, ESP-NOW

Smart Control System for Dragon Fruit Farm Lighting Using MQTT Protocol

ABSTRACT

Dragon fruit plants require long sunlight exposure to grow well. When natural light is limited, using supplemental lights becomes a solution. However, manual light control is inefficient. Additionally, implementing an Internet of Things-based automatic system often faces challenges, particularly due to the high data traffic that burdens the network, causing unstable connections. This system utilizes the MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) protocol, which is well-suited for efficient data transmission in limited network conditions. Communication between the Master Node and Slave Node in both orchards uses the ESP-NOW protocol. The Master Node acts as a publisher, sending light intensity values and light status via MQTT to the HiveMQ broker, which then forwards the data to the website as a subscriber. Testing conducted over two days showed that on the first day, 6276 data points were successfully received by the subscriber with an average delay of 593.901 ms. On the second day, the number of data points received increased to 9146, with an average delay of 903.217 ms. Packet loss tests on both days indicated that the subscriber successfully received all data. According to TIPHON standards, the delay was categorized as poor, while the packet loss rate was considered excellent. This system is capable of working efficiently in managing device communication, despite the relatively high delay.

Keywords: *dragon fruit,* MQTT*, light intensity, delay, packet loss, ESP-NOW*

PRAKATA

Alhamdulillahi Robbil 'Alamin segala puji bagi Allah SWT. Tuhan semesta alam yang senantiasa mencurahkan nikmat dan kasih sayang-Nya. Shalawat dan salam kepada Rasulullah SAW yang senantiasa menjadi sumber inspirasi dan teladan terbaik untuk umat manusia. Penulisan tugas akhir dengan judul "Sistem Cerdas Kendali Titik Lampu Pertanian Buah Naga Menggunakan Protokol MQTT", sebagai syarat bagi penulis untuk mendapatkan gelar Sarjana Komputer (S.Kom) pada Jurusan Rekayasa Sistem Komputer Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura Pontianak. Sebagai penghargaan dari penulis, izinkan penulis mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat:

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.
3. Ibu Dwi Marisa Midyanti, S.T., M.Cs. sebagai dosen pembimbing pertama yang meluangkan banyak waktu serta memberikan saran dan arahan dalam pengerjaan tugas akhir.
4. Bapak Hirzen Hasfani, S.Kom., M.Cs. sebagai dosen pembimbing kedua yang telah meluangkan banyak waktu serta tidak henti-hentinya selalu memotivasi untuk mempercepat pengerjaan tugas akhir.
5. Bapak Uray Ristian, S.Kom., M.Kom. sebagai dosen penguji pertama, yang telah memberikan masukan dan saran dalam penulisan tugas akhir.
6. Bapak Ikhwan Ruslianto, S.Kom., M.Cs. sebagai dosen penguji kedua, yang telah memberikan masukan dan saran dalam penulisan tugas akhir.
7. Ibu Irma Nirmala, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan dan motivasi selama masa perkuliahan dan masa penyusunan tugas akhir.
8. Seluruh dosen serta staff Jurusan Rekayasa Sistem Komputer Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura.

9. Kedua orang tua tercinta, Bapak Kusyanto dan Ibu Siti Asnawati yang telah memberikan kasih sayang, dukungan, doa, semangat serta materi hingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan baik.
10. Sahabat-sahabat terdekat Sugita, Jamiatun Syarifah, Yasa Khalqiah, dan Dea Rizki Febrinamas yang telah memberikan bantuan dan ide-ide berharga serta semangat di setiap tahap pengerjaan tugas akhir dengan baik.
11. Teman-teman seperjuangan Vitus Sandy Syahputra Dewa, Bayu Riesta, Mustofa Jamil, dan Uray Rafli Andika yang telah banyak memberikan inspirasi dan semangat mengerjakan skripsi ini.
12. Teman-teman seperjuangan mahasiswa Jurusan/Program Studi Rekayasa Sistem Komputer angkatan 2018 (Intel Core) yang tidak bisa disebutkan satu per satu.
13. Semua pihak yang terlibat langsung maupun yang tidak langsung dalam penyusunan skripsi.

Penulis menyadari dalam penyusunan tugas akhir ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi penulis maupun pembaca sekalian dan penulis berharap ada saran dan masukan yang membangun.

Pontianak, 15 Juli 2025



Siaudila Anisa Dewi Septiana
NIM. H1051181012

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN ii
PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK iii
ABSTRAK iv
ABSTRACT v
PRAKATA vi
DAFTAR ISI viii
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR TABEL xiii
DAFTAR KODE PROGRAM xiv
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Batasan Masalah 3
1.5 Manfaat Penelitian 4
1.6 Sistematika Penulisan 4
BAB 2 DASAR TEORI 6
2.1 Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu 6
2.2 *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT) 7
2.3 *Delay* 8
2.4 *Packet Loss* 9
2.5 *Internet of Things* (IoT) 10
2.6 Sistem Cerdas 11
2.7 HiveMQ 11
2.8 MQTT Explorer 12
2.9 ESP-NOW 12
2.10 *Website* 12
2.11 *Cloud Server* 13
2.12 *Bandwidth* 13
2.13 NodeMCU ESP32 14
2.14 Arduino IDE 14
2.15 Sensor Cahaya LDR (*Light Dependent Resistor*) 15
2.16 Modul Relay 16

2.17 Lampu LED (*Light Emitting Diode*) 16
2.18 Tanaman Buah Naga 16
BAB 3 METODE PENELITIAN 18
3.1 Studi Literatur 18
3.2 Pengumpulan Data 19
3.3 Analisis Kebutuhan 19
3.3.1 Kebutuhan Perangkat Keras 19
3.3.2 Kebutuhan Perangkat Lunak 19
3.4 Perancangan Sistem 20
3.4.1 Perancangan Sistem Perangkat Keras 20
3.4.2 Perancangan Sistem Perangkat Lunak 20
3.5 Implementasi 20
3.5.1 Implementasi Perangkat Keras 21
3.5.2 Implementasi Perangkat Lunak 21
3.6 Pengujian Sistem 21
3.7 Kesimpulan dan Saran 21
BAB 4 PERANCANGAN 23
4.1 Deskripsi Sistem 23
4.2 Perancangan Arsitektur Sistem 24
4.3 Perancangan Perangkat Keras 27
4.3.1 Perancangan Sistem Pembacaan Intensitas Cahaya dengan Sensor Cahaya LDR 27
4.3.2 Perancangan Sistem Pengendalian Relay 28
4.4 Perancangan Perangkat Lunak 29
4.4.1 Perancangan *Publisher* MQTT 30
4.4.2 Perancangan *Subscriber* MQTT 31
4.4.3 Perancangan Komunikasi *Master Node* dengan *Slave Node* 31
4.4.4 Perancangan *Database* 33
4.5 Perancangan Perangkat Antarmuka *Website* 36
4.5.1 Halaman *Dashboard* 36
4.5.2 Halaman Tabel *Monitoring* 37
4.5.3 Halaman *Monitoring* Komunikasi 38
4.6 Perancangan Pengujian *Black box* 41
BAB 5 IMPLEMENTASI PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN 42
5.1 Implementasi Sistem 42

5.1.1 Implementasi MQTT 42
5.1.2 Implementasi Pembacaan Intensitas Cahaya 44
5.1.3 Implementasi Pengendalian Relay 45
5.1.4 Implementasi Antarmuka *Website* 45
5.2 Kode Program 50
5.2.1 Kode Program *Publisher* MQTT 50
5.2.2 Kode Program *Subscriber* MQTT 52
5.2.3 Kode Program Protokol ESP-NOW 54
5.2.4 Kode Program Pembacaan Intensitas Cahaya 57
5.2.5 Kode Program Pengendalian Relay 58
5.2.6 Kode Program Perhitungan *Delay* dan *Packet loss* 59
5.3 Pengujian Sistem 60
5.3.1 Pengujian *Delay* Pengiriman Data Menggunakan Protokol MQTT 62
5.3.2 Pengujian *Packet Loss* Pengiriman Data Menggunakan Protokol MQTT 65
5.3.3 Pengujian *Black box* 69
5.4 Pembahasan 69
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN 75
6.1 Kesimpulan 75
6.2 Saran 75
DAFTAR PUSTAKA 77
LAMPIRAN 81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Alur Komunikasi MQTT 8
Gambar 2.2 NodeMCU ESP32 14
Gambar 2.3 Tampilan Arduino IDE 15
Gambar 2.4 Sensor Cahaya LDR 15
Gambar 2.5 Modul Relay 16
Gambar 2.6 Lampu LED 16
Gambar 2.7 Tanaman Buah Naga 17
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian 18
Gambar 4.1 Rancangan Sistem Cerdas Kendali Titik Lampu Pertanian Buah Naga 24
Gambar 4.2 Diagram Blok Sistem 24
Gambar 4.3 Perancangan Perangkat Keras *Slave Node* 26
Gambar 4.4 Arsitektur Sistem Komunikasi MQTT Sistem Cerdas Kendali Titik Lampu Pertanian Buah Naga 26
Gambar 4.5 Perancangan Sistem Pembacaan Intensitas Cahaya pada Lingkungan Pertanian Buah Naga 27
Gambar 4. 6 Perancangan Sistem Pengendalian Relay 29
Gambar 4.7 Diagram Alir *Publisher* MQTT 30
Gambar 4.8 Diagram Alir *Subscriber* MQTT 31
Gambar 4.9 Diagram Alir Komunikasi *Master Node* dengan *Slave Node* 32
Gambar 4.10 Diagram Alir Komunikasi *Slave Node* dengan *Master Node* 33
Gambar 4.11 Perancangan Antarmuka Halaman *Dashboard* 37
Gambar 4.12 Perancangan Antarmuka Halaman Tabel *Monitoring* 38
Gambar 4.13 Perancangan Antarmuka Halaman *Monitoring* Komunikasi untuk Grafik *Delay* dan *Packet loss* 39
Gambar 4.14 Perancangan Antarmuka Halaman *Monitoring* Komunikasi untuk Tabel *Delay* dan *Packet loss* 40
Gambar 5.1 Keseluruhan Implementasi Sistem 42
Gambar 5. 2 *Broker* HiveMQ 43

Gambar 5. 3 Tampilan MQTT Explorer 44
Gambar 5.4 Implementasi Pembacaan Intensitas Cahaya 44
Gambar 5.5 Implementasi Pengendalian Relay 45
Gambar 5.6 Antarmuka *Dashboard* Kebun 1 46
Gambar 5.7 Antarmuka *Dashboard* Kebun 2 46
Gambar 5.8 Antarmuka Tabel *Monitoring* Kebun 1 47
Gambar 5.9 Antarmuka Tabel *Monitoring* Kebun 2 47
Gambar 5.10 Halaman *Monitoring* Komunikasi Grafik *Delay* 48
Gambar 5.11 Halaman *Monitoring* Komunikasi Grafik *Packet Loss* 49
Gambar 5.12 Halaman *Monitoring* Komunikasi Tabel *Delay* dan *Packet Loss* .. 49
Gambar 5.13 *Bandwidth* Sebelum Pengujian 61
Gambar 5.14 *Bandwidth* Saat Pengujian 62
Gambar 5.15 Grafik Pengujian *Delay* Hari Pertama 64
Gambar 5.16 Grafik Pengujian *Delay* Hari Kedua 65
Gambar 5.17 Grafik Pengujian *Packet Loss* Hari Pertama 67
Gambar 5.18 Grafik Pengujian *Packet Loss* Hari Kedua 69

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu 6
Tabel 2.2 Kategori Nilai *Delay* 9
Tabel 2.3 Kategori Nilai *Packet Loss* 10
Tabel 2.4 Kategori Nilai Intensitas Cahaya 15
Tabel 4.1 Penggunaan Pin pada NodeMCU ESP32 dan Sensor Cahaya LDR 28
Tabel 4.2 Penggunaan Pin pada NodeMCU ESP32 dan Relay 29
Tabel 4.3 Perancangan Tabel *Monitoring Slave Node* 1 dan *Slave Node* 2 34
Tabel 4.4 Perancangan Tabel *Monitoring Delay* 34
Tabel 4.5 Perancangan Tabel *Monitoring Packet Loss* 35
Tabel 4.6 Perancangan Pengujian *Black box* 41
Tabel 5.1 Data Pengujian *Delay* Hari Pertama 63
Tabel 5. 2 Data Pengujian *Delay* Hari Kedua 64
Tabel 5.3 Data Pengujian *Packet Loss* Hari Pertama 66
Tabel 5.4 Data Pengujian *Packet Loss* Hari Kedua 67
Tabel 5.5 Pengujian *Black box* 69

DAFTAR KODE PROGRAM

Kode Program 5.1 *Library PubSubClient* MQTT 50
Kode Program 5.2 Konfigurasi Koneksi MQTT *Broker* pada *Publisher* 51
Kode Program 5.3 Konfigurasi *Topic* MQTT pada *Publisher* 51
Kode Program 5.4 Konfigurasi Publikasi Data Sensor dan Status Lampu ke MQTT *Broker* 52
Kode Program 5.5 Konfigurasi Koneksi Server MQTT pada *Subscriber* 52
Kode Program 5.6 Konfigurasi Koneksi MQTT *Broker* pada *Subscriber* 53
Kode Program 5.7 Konfigurasi *Subscribe* Topik 53
Kode Program 5.8 Konfigurasi Alamat MAC *Slave Node* 1 dan *Slave Node* 2 pada *Master Node* 54
Kode Program 5.9 Konfigurasi Alamat MAC *Master Node* Di Setiap *Slave Node* 55
Kode Program 5.10 Konfigurasi *Master Node* Menerima Data dari *Slave Node* 1 dan *Slave Node* 2 55
Kode Program 5.11 Konfigurasi *Slave Node* Mengirim Data ke *Master Node* .. 56
Kode Program 5.12 Konfigurasi *Slave Node* Menerima Perintah dari *Master Node* 56
Kode Program 5.13 Konfigurasi *Master Node* Mengirim Perintah ke *Slave Node* 56
Kode Program 5.14 *Library* dan *Define* Sensor Cahaya LDR 57
Kode Program 5.15 Pembacaan Intensitas Cahaya 58
Kode Program 5.16 *Library* dan *Define* Relay 58
Kode Program 5.17 Konfigurasi Pengendalian Relay 59
Kode Program 5.18 Perhitungan *Delay* 60
Kode Program 5.19 Perhitungan Rata-rata *Delay* 60
Kode Program 5.20 Perhitungan *Packet loss* 60

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Buah naga termasuk tumbuhan kaktus yang berasal dari Meksiko dan Kolombia. Tanaman buah naga membutuhkan sinar matahari yang panjang untuk tumbuh dan tanaman ini membutuhkan lebih dari dua belas jam sinar matahari setiap hari untuk tumbuh dengan baik (Izzulhaq & Usmadi, 2024). Desa Bulurejo, Kecamatan Purwoharjo, Kabupaten Banyuwangi telah mengembangkan metode budidaya buah naga dengan menggunakan lampu sebagai pengganti sinar matahari (Susanto & Rondhi, 2021). Oleh karena itu, penggunaan pencahayaan buatan, seperti lampu LED, menjadi solusi untuk memastikan tanaman mendapatkan cahaya yang cukup.

Metode penyinaran buah naga secara manual dianggap kurang efektif dalam pengoperasiannya. Oleh karena itu, penggunaan teknologi dalam sistem kontrol penyinaran kebun buah naga berbasis *Internet of Things* dapat meningkatkan efektivitas penyinaran lampu secara menyeluruh. Penerapan *Internet of Things* (IoT) pada kendali proses hidup dan matinya lampu dari jarak jauh. Namun, ketika data dikirim dari sistem kontrol lampu, beban pada jaringan internet bisa meningkat, sehingga koneksi internet menjadi tidak stabil atau lambat (Hadi, 2020). Saat internet terganggu, sensor tidak dapat mengirim data, menyebabkan *delay* dan *packet loss* (Hasfani & Ristian, 2024).

MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) adalah protokol komunikasi IoT yang paling umum digunakan. Protokol MQTT dapat mengirimkan data 93 kali lebih cepat daripada protokol HTTP (Wardhana dkk., 2021). Protokol MQTT juga memiliki ukuran paket data dan *delay* yang lebih kecil dibandingkan protokol HTTP (Hairatunnisa dkk., 2021). Protokol ini sangat cocok untuk lingkungan jaringan terbatas atau kurang stabil, seperti *Internet of Things* (IoT) (Ristian dkk., 2023). ESP-NOW adalah protokol yang tidak memerlukan koneksi internet atau Wi-Fi untuk bekerja dan sangat berguna dalam aplikasi IoT yang membutuhkan komunikasi cepat dan efisien dengan latensi rendah (Prabowo dkk., 2024).

Penelitian sebelumnya berjudul "*Prototype* Sistem Kontrol Berbasis *Internet of Things* Pada Penyinaran Kebun Buah Naga". Penelitian ini menggunakan aplikasi Android untuk mengontrol hidup dan matinya lampu untuk penyinaran kebun buah naga dengan jarak yang telah ditentukan, yaitu 1 hingga 100 meter. Sistem kontrol ini berbasis *Internet of Things* yang diasumsikan pada penyinaran kebun buah naga. Hasil uji coba dengan kontrol jarak yang tidak ditentukan dapat berjalan baik dengan keberhasilan alat 100 % akurat (Hadi, 2020).

Penelitian selanjutnya berjudul "Pengendali Lampu Rumah Berbasis EPS8266 dengan Protokol MQTT". Penelitian ini menggunakan protokol MQTT untuk mengendalikan lampu rumah dari jarak jauh dan dekat dengan aplikasi Android. Aplikasi Kontrol Rumah MQTT diatur sesuai dengan waktu yang diinginkan. Hasil pengujian yang dilakukan adalah rata-rata waktu respon perangkat pengendali dari menerima pesan "/order/(ruang)" dan mengirimkan kembali ke *Smart Phone* dengan topik "/status/(ruang)" adalah 0.0832 detik (R. P. Pratama, 2020).

Penelitian lain berjudul "Implementasi *Internet of Things* pada Protokol MQTT dan HTTP Dalam Sistem Pendeteksi Banjir". Penelitian ini membandingkan antara protokol komunikasi MQTT dan HTTP untuk meningkatkan waktu respon dalam sistem deteksi dini banjir. Hasil analisis menunjukkan bahwa *delay* rata-rata tertinggi pada HTTP adalah 361,800781 ms, sedangkan pada MQTT hanya 194,039378 ms, menjadikan MQTT lebih unggul dalam respon waktu. Dalam pengujian *throughput*, MQTT mencapai 5496 bit/s, sedangkan HTTP hanya 3780 bit/s. Tidak ada kehilangan paket pada kedua protokol tersebut (Hanif & Amri, 2023).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini merancang sistem cerdas kendali titik lampu pertanian buah naga dengan menerapkan dua jalur komunikasi, yaitu ESP-NOW dan MQTT. Kendali utama pada sistem menggunakan ESP-NOW, protokol komunikasi *offline* berlatensi rendah yang tidak bergantung pada koneksi internet, sehingga proses hidup dan mati lampu tetap berjalan meskipun jaringan tidak stabil. Sementara itu, MQTT digunakan untuk mengirimkan data sensor ke *website*. Sistem ini melakukan pemantauan intensitas cahaya pada pertanian buah naga secara *real-time*, serta mengukur *delay* dan *packet loss* pada pengiriman data.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, dapat dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana nilai *delay* dalam pengiriman data menggunakan protokol MQTT pada sistem cerdas kendali titik lampu pertanian buah naga?
2. Bagaimana tingkat *packet loss* dalam pengiriman data menggunakan protokol MQTT pada sistem cerdas kendali titik lampu pertanian buah naga?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui nilai *delay* dalam pengiriman data menggunakan protokol MQTT pada sistem cerdas kendali titik lampu pertanian buah naga.
2. Mengetahui tingkat *packet loss* dalam pengiriman data menggunakan protokol MQTT pada sistem cerdas kendali titik lampu pertanian buah naga.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini dilakukan agar pembahasan dan penyusunan laporan tidak meluas dari tujuan sistem yang dibuat. Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini berfokus menerapakan protokol MQTT pada sistem cerdas kendali titik lampu pertanian buah naga.
2. Parameter kinerja yang diamati adalah *delay* dan *packet loss* yang terjadi selama pengiriman data menggunakan protokol MQTT.
3. Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini adalah NodeMCU ESP32 sebagai mikrokontroler utama.
4. Sensor yang digunakan untuk pengukuran adalah sensor cahaya LDR (*Light Dependent Resistor*) untuk mendeteksi intensitas cahaya.
5. Satu lampu LED berdaya 10 watt digunakan untuk satu tanaman buah naga sebagai sumber pencahayaan.
6. ESP-NOW digunakan untuk komunikasi antar *Master Node* dengan *Slave Node* 1 dan *Slave Node* 2.
7. Server yang digunakan untuk memonitor data adalah Nevacloud sebagai

platform penyimpanan dan pengolahan data.

8. Aplikasi yang dibangun berbasis *website*. *Website* hanya digunakan untuk memantau intensitas cahaya, status lampu, *delay*, dan *packet loss*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah membantu petani budidaya tanaman buah naga untuk melakukan pemantauan dan kendali lampu otomatis pada pertanian buah naga. Penggunaan protokol MQTT dalam sistem cerdas kendali titik lampu bertujuan untuk memastikan pengiriman data intensitas cahaya dan status lampu secara *real-time*. Selain itu, protokol MQTT digunakan untuk menganalisis kinerja sistem dengan mengukur *delay* (waktu tunda) dan *packet loss* (kehilangan paket) dalam pengiriman data.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini terdiri dari 6 bab yang dirancang untuk menjelaskan dan menguraikan masalah secara menyeluruh dalam rangka menyelesaikan penelitian ini. Adapun struktur penulisan tugas akhir mencakup:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab pendahuluan mencakup latar belakang yang menjelaskan alasan diadakannya penelitian ini, perumusan masalah, batasan-batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB 2 LANDASAN TEORI

Bab landasan teori membahas teori-teori dasar yang mendukung penelitian ini. Teori-teori yang disajikan mencakup teori Protokol *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT), *Delay, Packet loss,* Sistem Cerdas, *Internet of Things,* Tanaman Buah Naga, HiveMQ, MQTT Explorer, Protokol ESP-NOW, *Website*, *Cloud Server*, NodeMCU ESP32, Arduino IDE, Sensor Cahaya LDR, Modul Relay, dan *Light Emitting Diode* (LED). Teori-teori yang dijelaskan dalam bab ini didasarkan pada referensi pustaka, termasuk buku, jurnal, dan artikel ilmiah yang mendukung penelitian ini.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab metode penelitian menjelaskan tentang prosedur kegiatan penelitian

yang dilakukan agar proses pengerjaan tugas akhir dapat berjalan secara sistematis. Isi yang dibahas dalam metode penelitian ini meliputi, diagram alir, studi literatur, pengumpulan data, analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi sistem, pengujian sistem, dan kesimpulan.

BAB 4 PERANCANGAN

Bab perancangan menjelaskan langkah-langkah yang diambil dalam merancang sistem penelitian, yang terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak. Tahapan perancangan perangkat keras meliputi perancangan sistem pembacaan intensitas cahaya dan perancangan sistem pengendalian relay. Perancangan perangkat lunak mencakup perancangan *publisher* MQTT, perancangan *subscriber* MQTT, perancangan sistem komunikasi antara *Master Node* dan *Slave Node*, serta perancangan *database.*

BAB 5 IMPLEMENTASI, PENGUJIAN, DAN PEMBAHASAN

Bab implementasi, pengujian, dan pembahasan menguraikan langkah-langkah yang dilakukan dalam mengimplementasikan, menguji, dan membahas sistem. Bab ini mencakup, implementasi sistem yang telah dirancang seperti penggunaan sensor, kode program, pengujian *delay* dan *packet loss* pada protokol MQTT, serta pembahasan.

BAB 6 PENUTUP

Bab penutup menyajikan kesimpulan yang ditarik dari pembahasan masalah yang telah diuraikan dalam bab-bab sebelumnya, serta memberikan saran-saran untuk penelitian di masa mendatang agar dapat dilakukan dengan lebih baik.