

RANCANG GATEWAY JARINGAN LORA BERBASIS MQTT, PADA SISTEM MONITORING SMART FARMING

PROJEK

Sebagai salah satu syarat menyelesaikan Studi di Program
Studi Teknik Komputer



Oleh:

Alfredi Robby Syahputra 09030582024015

**PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
APRIL 2024**

HALAMAN PENGESAHAN

RANCANG GATEWAY JARINGAN LORA BERBASIS MQTT
PADA SISTEM MONITORING SMART FARMING

PROJEK

Sebagai salah satu syarat menyelesaikan Studi di Program
Studi Teknik Komputer

Oleh:

Alfredi Robby Syahputra

09030582024015

Palembang, 30 April 2024

Pembimbing I



Huda Ubaya, M.T.
NIP. 198106162612121603

Pembimbing II



Adi Hermansyah, M.T.
NIP. 198904302024211001

Mengetahui

Koordinator Program Studi Teknik Komputer,



Ahmad Heryanto, S.Kom., M.T.
NIP. 198701222015041002

Telah diuji dan lulus pada :

Hari : Rabu

Tanggal : 27 Maret 2024

Tim Penguji :

1. Ketua : Sarmayanta Sembiring, M.T.
2. Penguji : Rahmat Fadli Isnanto, M.Sc
3. Pembimbing I : Huda Ubaya, M.T.
4. Pembimbing II : Adi Hermansyah, M.T.



Handwritten signatures of the examiners: Sarmayanta Sembiring, M.T., Rahmat Fadli Isnanto, M.Sc, Huda Ubaya, M.T., and Adi Hermansyah, M.T.

Mengetahui
Koordinator Program Studi Teknik Komputer,



Official stamp of Universitas Sriwijaya and signature of Ahmad Heryanto, S.Kom., M.T. NIP. 198701222015041002

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Alfredi Robby Syahputra

NIM : 09030582024015

Program Studi : Teknik Komputer

Jenjang : DIII

Judul Projek : Rancang Gateway Jaringan Lora Berbasis Mqtt Pada Sistem
Monitoring Smart Farming

Hasil Pengecekan Software iThenticate/Turnitin : 8%

Menyatakan bahwa Laporan Projek saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditumukan unsur penjiplakan/plagiat dalam laporan projek ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tidak ada paksaan oleh siapapun.



KATA PENGANTAR



Segala puji bagi Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah memberikan nikmat sehat wal'afiat sehingga penulis dapat menyelesaikan Projek akhir ini. Shalawat serta salam selalu senantiasa turunkan kepada junjungan kita, Nabi kita Muhammad SAW, beserta para sahabat, pengikutnya dari zaman kegelapan hingga zaman yang terang benderang.

Pada Laporan ini penulis menuangkan hasil projek yang telah dibuat yang berjudul "Rancang Gateway Jaringan Lora Berbasis Mqtt Pada Smart Farming". Penulis mempunyai harapan semoga Laporan Projek ini sangat bermanfaat bagi semua pembacanya sehingga pembaca bisa menjadikan laporan ini sebagai bahan referensi atau contoh untuk menerapkan dalam kehidupan sehari – hari.

Dalam penyusunan Laporan projek ini, Penulis tidak lupa mengucapkan kepada pihak yang selalu mendukung sehingga penulis dapat memperoleh ide, saran, masukan, dan kritikan. Maka dari itu, pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan rasa syukur kepada :

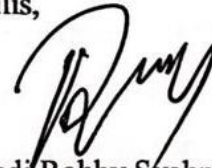
1. Allah Subhanahu wa Ta'ala yang telah memberi nikmat sehat dan hidayah sehingga penulis berada di tahap sekarang.
2. Orang tua, yang selalu mendoa'kan serta mendukung dalam segi material atau non – material. Karena mereka penulis tidak memiliki alasan untuk merasa kekurangan apapun untuk tidak semangat dalam melakukan projek akhir dari awal hingga selesai.
3. Bapak Ahmad Heryanto, S.kom,M.T. Selaku Koordinator Program Studi Teknik Komputer
4. Bapak Huda Ubaya, M.T. dan Bapak Adi Hermansyah, M.T. Selaku pembimbing saya yang selalu memberi arahan, masukan, serta semangat kepada penulis.

5. Mba Faula, selaku admin program studi Teknik Komputer yang menjadi salah satu kelancaran dalam proyek ini.
6. Semua Dosen Akademik yang mengajar di Program Studi Teknik Komputer yang telah memberikan ilmu selama penulis melakukan perkuliahan di Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
7. Seluruh Teman – teman seperjuangan ku di Teknik Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

Penulis menyadari tanpa pihak – pihak diatas laporan proyek ini masih banyak kekurangan, penulis berharap proyek ini berguna bagi pembacanya. Semoga Allah Subhanahu Wa'Ta'ala memberikan kelancaran bagi pembaca untuk bekarya. Aamiin.

Palembang, 30 April 2024

Penulis,



Alfredi Robby Syahputra

NIM. 09030582024015

RANCANG GATEWAY JARINGAN LORA BERBASIS MQTT, PADA SISTEM MONITORING SMART FARMING

Oleh

Alfredi Robby Syahputra 09030582024015

Abstrak

Penelitian gateway LoRa berbasis MQTT sebagai solusi untuk smart farming, yang memungkinkan pertukaran data sensor secara nirkabel dengan konsumsi daya yang sangat efisien. Gateway ini mampu mengintegrasikan berbagai jenis sensor yang penting dalam monitoring pertanian modern, seperti sensor suhu dengan rata-rata 36.88° kelembaban udara 60.50%, kelembaban tanah 2423%, dan bahkan sensor untuk pemantauan pertumbuhan tanaman secara langsung. Dengan rata-rata throughput sebesar 5396,951259 bps, packet delivery ratio mencapai 99,6021%, dan packet loss hanya sebesar 0,3979%, pengujian Quality of Service (QoS) menegaskan kualitas kinerja yang optimal dari sistem ini. Selain itu, hasil pengujian Received Signal Strength Indication (RSSI) juga menunjukkan bahwa teknologi LoRa mampu mempertahankan kualitas sinyal yang baik pada jarak 10-200m dengan kekuatan sinyal sebesar -44dBm hingga -85dBm, menggarisbawahi potensi besar teknologi ini dalam mendukung konektivitas yang andal dan efektif di lingkungan pertanian.

Kata Kunci: Gateway Lora Mqtt, Monitoring, Smart Farming

LORA NETWORK GATEWAY DESIGN BASED ON MQTT, ON SMART FARMING MONITORING SYSTEM

By

Alfredi Robby Syahputra 09030582024015

Abstract

Research MQTT-based LoRa gateway as a solution for smart farming, which enables wireless exchange of sensor data with very efficient power consumption. This gateway is able to integrate various types of sensors that are important in modern agricultural monitoring, such as temperature sensors with an average of 36.88° air humidity 60.50%, soil humidity 2423%, and even sensors for direct monitoring of plant growth. With an average throughput of 5396.951259 bps, packet delivery ratio reaching 99.6021%, and packet loss of only 0.3979%, Quality of Service (QoS) testing confirms the optimal performance quality of this system. In addition, the Received Signal Strength Indication (RSSI) test results also show that LoRa technology is able to maintain good signal quality at a distance of 10-200m with a signal strength of -44dBm to -85dBm, underscoring the great potential of this technology in supporting reliable and effective connectivity in an agricultural environment.

Keywords: Gateway Lora Mqtt, Monitoring, Smart Farming

DAFTAR ISI

JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
Abstrak	vi
Abstract	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Manfaat.....	3
1.6 Metode penelitian.....	3
1.7 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II	5
LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2. Smart Farming	17
2.3 MQTT (Message Queue Telemetry Transport).....	18
2.4 Mikrokontroler ESP 32	21
2.4.1 LoRa SX1276.....	22
2.4.2 DHT 11	23
2.4.3 <i>Soil moisture</i> sensor.....	24
2.5 RSSI (Received Signal Strength Indicator).....	25
2.6 Parameter Qos (<i>Quality of Service</i>).....	26

2.6.1	Throughput.....	26
2.6.2	Packet Delivery Ratio	26
2.6.3	Packet Loss	27
2.6.4	<i>Delay</i>	28
2.7	Arduino IDE	28
2.8	MQTT <i>Explorer</i>	29
BAB III	31
ANALISA DAN PERANCANGAN SISTEM	31
3.1	Pendahuluan.....	31
3.2	Kerangka Kerja Penelitian.....	31
3.3	Perancangan Sistem	32
3.3.1	Kebutuhan Perangkat Lunak.....	33
3.3.2	Kebutuhan Perangkat Keras.....	34
3.4	Perancangan <i>Hardware</i> (Perangkat Keras)	34
3.4.1	Perancangan LoRa.....	35
3.4.2	Perancangan Hardware sensor suhu DHT11	36
3.4.3	Perancangan <i>Hardware</i> sensor <i>Soil Moisture</i>	37
3.5	Publisher Client Mqtt	38
3.6	Subscriber Client Mqtt Explorer.....	39
BAB IV	41
HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1	Pendahuluan.....	41
4.2	Hasil Pengujian Mqtt Explorer	41
4.3	Hasil Pengujian Qos (Quality of Service)	43
4.3.1	Perhitungan <i>Throughput</i>	43
4.3.2	Perhitungan Packet Delivery Ratio	44
4.3.3	Perhitungan <i>Packet Loss</i>	45
4.3.4	Perhitungan <i>Delay</i>	46
4.4	Analisis Hasil Pengujian.....	47
4.5	Hasil Pengambilan data tanpa menggunakan modul lora	47

4.6 Hasil pengambilan data menggunakan modul lora	53
BAB V	61
KESIMPULAN DAN SARAN	61
5.1 Kesimpulan	61
5.2 Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi Smart Farming.....	21
Gambar 2.2 MQTT (Message Queue Telemetry Transport).....	22
Gambar 2.3 Broker mosquitto	23
Gambar 2.4 Karakteristik Publishing dan Subscribing.....	24
Gambar 2.5 Mikrokontroler esp32	25
Gambar 2.6 Lora sx1276.....	26
Gambar 2.7 Dht11.....	27
Gambar 2.8 Sensor tanah soil.....	28
Gambar 2.9 Wifi Strength.....	29
Gambar 2.10 Tampilan Arduino IDE	33
Gambar 2.11 Aplikasi Mqtt Explorer	34
Gambar 3.1 Penelitian.....	36
Gambar 3.2 Perancangan Alat	37
Gambar 3.3 Skema alat	38
Gambar 3.4 Esp32 module lora sx1276	39
Gambar 3.5 Esp 32 sensor dht11	40
Gambar 3.6 Esp32 Sensor soil moisture	41
Gambar 3.7 Perancangan alat	42
Gambar 3.8 Broker Mqtt Mosquito	43
Gambar 3.9 Tampilan Mqtt explorer	44
Gambar 3.10 Perancangan Gateway.....	45
Gambar 4.1 Publisher client.....	41
Gambar 4.2 Tampilan mqtt Explorer	42
Gambar 4.3 Tampilan Mymqtt.....	42
Gambar 4.4 Grafik throughput	43
Gambar 4.5 Grafik PDR.....	44
Gambar 4.6 Grafik Packet Loss.....	45
Gambar 4.7 Grafik Delay	46
Gambar 4.8 Grafik Suhu Rentang 35.60-37.30°C.....	47
Gambar 4.9 Grafik Kelembaban Rentang 67.00-69.00%.....	47

Gambar 4.10 Grafik Kelembaban Tanah Rentang 2425-2434.....	48
Gambar 4.11 Grafik RSSI Rentang -44-(-45) dBm.....	48
Gambar 4.12 Grafik Suhu Rentang 35.30-38.30°C	49
Gambar 4.13 Grafik Kelembaban Rentang 68.00-71.00%	50
Gambar 4.14 Kelembaban Tanah Rentang 2420-2438.....	50
Gambar 4.15 Grafik RSSI Rentang -78-(-82) dBm.....	51
Gambar 4.16 Grafik Suhu Rentang 35.40-38.50°C.....	52
Gambar 4.17 Grafik Kelembaban Rentang 65.00-71.00%	53
Gambar 4.18 Grafik Kelembaban Tanah Rentang 2419-2425.....	53
Gambar 4.19 Grafik RSSI Rentang -64-(-69) dBm.....	54
Gambar 4.20 Grafik Suhu Rentang 34.40-38.50°C	55
Gambar 4.21 Grafik Kelembaban Rentang 58.00-63.00%	55
Gambar 4.22 Grafik Kelembaban Tanah Rentang 2419-2425.....	56
Gambar 4.23 Grafik RSSI Rentang -75-(-78) dBm.....	56
Gambar 4.24 Grafik Suhu Rentang 35.20-38.20°C	57
Gambar 4.25 Kelembaban Rentang 58.00-63.00%	58
Gambar 4.26 Grafik Kelembaban Tanah Rentang 2416-2429.....	58
Gambar 4.27 Grafik RSSI Rentang -86-(-89) dBm.....	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu.....	16
Tabel 2.2 Spesifikasi Mikrontroller ESP32.....	21
Tabel 2.3 Lora SX1276.....	22
Tabel 2.4 Spesifikasi Dht11	23
Tabel 2.5 Spesifikasi Sensor Soil Moisture	24
Tabel 2.6 Level sinyal RSSI.....	25
Tabel 2.7 Kategori Throughput	26
Tabel 2.8 Kategori packet delivery ratio.....	27
Tabel 2.9 Kategori Packet Loss.....	27
Tabel 2.10 Kategori Delay	28
Tabel 3.1Spesifikasi Perangkat Lunak.....	33
Tabel 3.2 Spesifikasi Perangkat Keras.....	34
Tabel 3.3 Hardware yang digunakan	35
Tabel 3.4 esp32 module lora sx1276	36
Tabel 3.5 Pin Konektor esp32 sensor dht11.....	37
Tabel 3.6 Pin Konektor esp32 sensor Soil Moisture	38
Tabel 3.7 Publisher Client.....	41
Tabel 4.1 Hasil perhitungan nilai throughput.....	45
Tabel 4.2 Hasil perhitungan packet delivery ratio.....	46
Tabel 4.3 Hasil perhitungan packet loss	46
Tabel 4.4 Hasil perhitungan delay	47
Tabel 4.5 Hasil perhitungan rata-rata parameter pengujian	47
Tabel 4.6 Hasil pengambilan data pada jarak 5 meter.....	48
Tabel 4.7 Hasil pengambilan data pada jarak 10 meter.....	48
Tabel 4.8 Hasil pengambilan data pada jarak 50 meter.....	49
Tabel 4.9 Hasil pengambilan data pada jarak 100 meter.....	49
Tabel 4.10 Hasil pengambilan data pada jarak 200 meter	50

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertanian memegang peranan penting sebagai penyedia sumber daya bagi masyarakat, mengingat sebagian besar kebutuhan pangan, bahan baku industri, energi, dan upaya pelestarian lingkungan berasal darinya. Karenanya, penting bagi kita untuk memberikan perhatian khusus pada sektor pertanian sebagai respon terhadap kebutuhan esensial masyarakat.

Smart farming merupakan implementasi teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam sektor pertanian yang bertujuan meningkatkan produktivitas, efisiensi, dan daya saing pertanian. Dengan memanfaatkan teknologi IoT, *smart farming* memberikan informasi terkini mengenai perkembangan tanaman yang ditanam oleh petani. Salah satu elemen krusial dalam *smart farming* adalah *Gateway* jaringan, yang berperan dalam menghubungkan sensor-sensor IoT dengan internet. [1]

Penggunaan MQTT telah menjadi umum sejak tahun 1999 di berbagai sektor industri. Konsep dasar dari *publish/subscriber* adalah sebuah model komunikasi jaringan di mana pengirim pesan disebut sebagai *publisher* dan penerima pesan disebut sebagai *subscriber*. Metode *publish/subscriber* memiliki keunggulan, salah satunya adalah *loose coupling* atau *decoupling*, yang berarti bahwa *publisher* dan *subscriber* tidak saling menyadari satu sama lain. [2]

LoRa adalah salah satu modul hemat energi yang digunakan dalam komunikasi. Modul LoRa menggunakan teknologi SPI dalam jalur komunikasinya, dan akan diuji dalam pengujian ini. LoRa termasuk modul yang mampu mendukung pengiriman data dalam jarak yang jauh dengan kapasitas data yang besar. LoRa telah melewati pengujian oleh teknisi bersertifikat. Dalam beberapa tahun terakhir, konsumen semakin tertarik pada LoRa karena teknologi komunikasi berbasis daya rendah mulai menjadi pilihan utama untuk cakupan jarak dalam skala multi-kilometer. [3]

Dalam sistem pertanian pintar, *Gateway* jaringan LoRa berperan sebagai penghubung antara sensor yang terpasang di lapangan dan server pusat. Fungsinya adalah menerima data dari sensor, dan kemudian meneruskannya ke server pusat

melalui protokol MQTT. *Gateway* LoRa sangat penting dalam menghubungkan sensor dan perangkat elektronik di pertanian pintar ke internet, menjembatani komunikasi antara keduanya dengan jaringan internet.

Berdasarkan konteks yang disajikan, peneliti bermaksud untuk melakukan penelitian dengan judul "**Rancangan *Gateway* Jaringan LoRa Berbasis MQTT Pada Sistem *Monitoring Smart Farming***" yang bertujuan untuk mengembangkan sistem smart farming guna memvisualisasikan data dari perangkat pemantau tanaman.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara merencanakan komunikasi jarak jauh menggunakan teknologi LoRa dalam sistem *monitoring* kebun berbasis protokol *Message Queue Telemetry Transport* (MQTT) Pada *Smart Farming*?
2. Bagaimana cara melakukan pengujian terhadap sistem komunikasi jarak jauh?

1.3 Batasan Masalah

Pelaksanaan proyek ini dibatasi oleh ruang lingkup berikut:

1. *Mikrokontroler* yang dipakai adalah ESP32.
2. Sistem komunikasi jarak jauh menggunakan modul LoRa SX1276.
3. Sensor yang digunakan meliputi DHT11 dan *Soil Moisture*.
4. Pengujian dilaksanakan di kebun Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya, Indralaya.

1.4 Tujuan

Berdasarkan penjelasan latar belakang dan rumusan masalah di atas, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Pengembangan dan implementasi sistem komunikasi jarak jauh menggunakan teknologi LoRa.
2. Pemantauan suhu, kelembapan dan kelembaban tanah dengan menggunakan protokol MQTT.

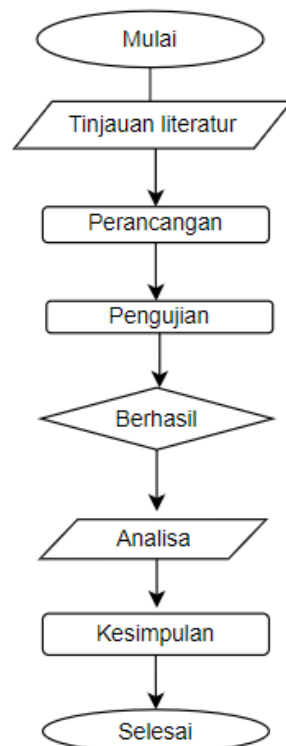
1.5 Manfaat

Manfaat dari perancangan dan pembuatan alat ini meliputi:

1. Membantu petani dalam memantau jarak jauh secara rutin setiap hari.
2. Meningkatkan efisiensi waktu bagi petani.

1.6 Metode penelitian

Metode penelitian ini terdiri dari lima tahap, dimulai dari studi pustaka hingga pengambilan kesimpulan. Dalam prosesnya, terdapat mekanisme yang mengatur langkah selanjutnya berdasarkan keberhasilan atau kegagalan tahap tertentu. Jika tahapan tersebut berhasil, penelitian akan melanjutkan ke tahap analisis. Namun, jika tidak berhasil, penelitian akan kembali ke tahap perancangan sistem. Diagram alur yang menggambarkan tahapan penelitian ini tersedia pada **Gambar 1.1** di bawah ini.



Gambar 1.1 Diagram Penelitian

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan proyek ini terdiri dari lima bab, dengan pembahasan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan latar belakang pemilihan topik, judul proyek, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan metode penelitian yang digunakan dalam proyek.

BAB II TINJAUAN PERPUSTAKAN

Bab ini memuat referensi-referensi yang mendukung sumber-sumber penelitian terdahulu mengenai topik proyek, termasuk komunikasi jarak jauh berbasis LoRa dan MQTT di kebun Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya Indralaya, serta teori dari setiap komponen yang digunakan dalam proyek.

BAB III PERANCANGAN SISTEM

Bab ini menjelaskan kebutuhan-kebutuhan yang diperlukan dalam perancangan sistem dan tahapan-tahapan yang dilakukan dalam perancangan perangkat keras (*hardware*), serta pembahasan tentang perakitan komponen menjadi satu unit dan perancangan perangkat lunak (*software*).

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil implementasi, pengujian, dan analisis alat untuk pengujian komunikasi jarak jauh LoRa pada sensor nirkabel.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang diperoleh selama pembuatan dan pengujian proyek, serta rekomendasi penulis untuk pengembangan proyek lebih lanjut di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Sumarudin, W. P. Putra, E. Ismantohadi, S. Supardi, and M. Qomarrudin, “Sistem Monitoring Tanaman Hortikultura Pertanian Di Kabupaten Indramayu Berbasis Internet of Things,” *J. Teknol. dan Inf.*, vol. 9, no. 1, pp. 45–54, 2019, doi: 10.34010/jati.v9i1.1447.
- [2] W. P. Putra, R. I. M, A. Sumarudin, and A. E. Putro, “Implementasi Lorawan Server Untuk Sistem Tracking Perahu Nelayan Berbasis MQTT Protocol,” *J. Appl. Informatics Comput.*, vol. 2, no. 2, pp. 46–50, 2018, doi: 10.30871/jaic.v2i2.1024.
- [3] F. N. Aroebesman, M. H. H. Ichsan, and R. Primananda, “Tampilan Analisis Kinerja LoRa SX1278 Menggunakan Topologi Star Berdasarkan Jarak dan Besar Data Pada WSN,” *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 3, no. 4, pp. 3860–3865, 2019, [Online]. Available: <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/5070/2387>
- [4] J. J. López and P. Lamo, “Rapid IoT Prototyping: A Visual Programming Tool and Hardware Solutions for LoRa-Based Devices,” *Sensors*, vol. 23, no. 17, pp. 1–17, 2023, doi: 10.3390/s23177511.
- [5] Nur-A-Alam, M. Ahsan, M. A. Based, J. Haider, and E. M. G. Rodrigues, “Smart monitoring and controlling of appliances using lora based iot system,” *Designs*, vol. 5, no. 1, 2021, doi: 10.3390/designs5010017.
- [6] R. A. Light, “Mosquito: server and client implementation of the MQTT protocol,” *J. Open Source Softw.*, vol. 2, no. 13, p. 265, 2017, doi: 10.21105/joss.00265.
- [7] E. Didik Widiyanto, A. A. Faizal, D. Eridani, R. Dwi, O. Augustinus, and M. S. Pakpahan, “Simple LoRa Protocol: Protokol Komunikasi LoRa Untuk Sistem Pemantauan Multisensor Simple LoRa Protocol: LoRa Communication Protocol for Multisensor Monitoring Systems,” *Telka*, vol. 5, no. 2, pp. 83–92, 2019.
- [8] A. Sumarudin, W. P. Putra, E. Ismantohadi, S. Supardi, and M. Qomarrudin, “Sistem Monitoring Tanaman Hortikultura Pertanian Di Kabupaten Indramayu Berbasis Internet of Things,” *J. Teknol. dan Inf.*, vol. 9, no. 1, pp. 45–54, 2019, doi: 10.34010/jati.v9i1.1447.

- [9] Y. Triwidyastuti, "Performance Analysis of Point-to-Point LoRa End Device Communication," *Lontar Komput. J. Ilm. Teknol. Inf.*, vol. 10, no. 3, p. 140, 2019, doi: 10.24843/lkjiti.2019.v10.i03.p02.
- [10] Susanto, A. R., Bhawiyuga, A., & Amron, K. (2019). Implementasi Sistem Gateway Discovery pada Wireless Sensor Network (WSN) Berbasis Modul Komunikasi LoRa. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 3(2), 2138-2145.
- [11] Firmansyah, D. W., Ichsan, M. H. H., & Bhawiyuga, A. (2020). Pengembangan gateway LoRa-MQTT untuk transmisi data dua arah antara wireless sensor network dan cloud server. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 4(1), 397-405.
- [12] E. Pereira, R. Pinto, J. Reis, and G. Gonçalves, "MQTT-RD: A MQTT based resource discovery for machine to machine communication," *IoTBDs 2019 - Proc. 4th Int. Conf. Internet Things, Big Data Secur.*, no. IoTBDs, pp. 115–124, 2019, doi: 10.5220/0007716201150124.
- [13] Sari, D. P. (2021). Prototype Alat Monitoring Suhu, Kelembaban dan Kecepatan Angin Untuk Smart Farming Menggunakan Komunikasi LoRa dengan Daya Listrik Menggunakan Panel Surya. *Kilat*, 10(2), 370-380.
- [14] Soni, D., & Makwana, A. (2017, April). A survey on mqtt: a protocol of internet of things (iot). In *International conference on telecommunication, power analysis and computing techniques (ICTPACT-2017)* (Vol. 20, pp. 173-177).
- [15] A. Turnip, F. R. Pebriansyah, T. Simarmata, P. Sihombing, and E. Joelianto, "Design of smart farming communication and web interface using MQTT and Node.js," *Open Agric.*, vol. 8, no. 1, 2023, doi: 10.1515/opag-2022-0159.
- [16] M. Martí, C. Garcia-Rubio, and C. Campo, "Performance Evaluation of CoAP and MQTT_SN in an IoT Environment," p. 49, 2019, doi: 10.3390/proceedings2019031049
- [17] Kashyap, M., Sharma, V., & Gupta, N. (2018). Taking MQTT and NodeMcu to IOT: communication in Internet of Things. *Procedia computer science*, 132, 1611-1618
- [18] M. N. Gani, Hepi Ludiyati, Rifa Hanifatunnisa, Eril Mozef, and Rizqa Nur Ananti, "Sistem Pemantauan Kelembaban Tanah Jarak Jauh Berbasis LoRa

- Menggunakan Sensor pH dan Kelembaban,” *J. Tek. Media Pengemb. Ilmu dan Apl. Tek.*, vol. 22, no. 2, pp. 153–161, 2023, doi: 10.55893/jt.vol22no2.564.
- [19] Thirupathi, V., & Sagar, K. (2018). Implementation of home automation system using mqtt protocol and esp32. *Int. J. Eng. Adv. Technol.(IJEAT) ISSN*, 8, 2249-8958.
- [20] D. Shanmugapriya, A. Patel, G. Srivastava, and J. C.-W. Lin, “MQTT Protocol Use Cases in the Internet of Things,” in *Big Data Analytics*, 2021, pp. 146–162.
- [21] S. Pawar, N. Panigrahi, A. P. Jyothi, M. Lokhande, D. Godse, and D. B. Jadhav, “Evaluation of Delay Parameter of MQTT Protocol,” *Int. J. Eng. Trends Technol.*, vol. 71, no. 3, pp. 227–235, 2023, doi: 10.14445/22315381/IJETT-V71I3P223.
- [22] O. Kovalchuk, Y. Gordienko, and S. Stirenko, “The Impact of MQTTbased Sensor Network Architecture on Delivery Delay Time,” *2019 IEEE 39th Int. Conf. Electron. Nanotechnology, ELNANO 2019 - Proc.*, pp. 838–842, 2019, doi: 10.1109/ELNANO.2019.8783323
- [23] Dewi, I. Z. T., Ulinuha, M. F., Mustofa, W. A., Kurniawan, A., & Rakhmadi, F. A. (2021). Smart farming: Sistem tanaman hidroponik terintegrasi IoT MQTT panel berbasis android. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 9(1), 71-78.
- [24] Mulyono, A. E., Apnitami, P., Wangi, I. S., Wicaksono, K. N. P., & Apriono, C. (2022). The Potential of Smart Farming IoT Implementation for Coffee farming in Indonesia: A Systematic Review. *Green Intelligent Systems and Applications*, 2(2), 53-70.
- [25] E. K. Tan, Y. W. Chong, R. A. Setyawan, M. Niswar, and K. T. Mya, “Lightweight messaging protocol for precision agriculture,” *Int. Conf. Inf. Netw.*, vol. 2021-Janua, pp. 403–407, 2021, doi: 10.1109/ICOIN50884.2021.9333986.
- [26] Sugianto, S., Al Anhar, A., Harwahu, R., & Sari, R. F. (2018, October). Simulation of mobile LoRa gateway for smart electricity meter. In *2018 5th International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics (EECSI)* (pp. 292-297). IEEE.

- [27] Subektiningsih, S., Renaldi, R., & Ferdiansyah, P. (2022). Analisis Perbandingan Parameter QoS Standar TIPHON Pada Jaringan Nirkabel Dalam Penerapan Metode PCQ. *Explore*, 12(1), 57-63.
- [28] Ma'ruf, K., Fadullah, Y. A., & Setiyawan, B. P. (2023). Smart Shallot Farming: Prototype of Internet of Thing (Iot)-Based Shallot Farming System as a Sustainable Agricultural Innovation. *East Asian Journal of Multidisciplinary Research*, 2(6), 2363-2372.
- [29] G. Idoje, T. Dagiuklas, and M. Iqbal, "Survey for smart farming technologies: Challenges and issues," *Comput. Electr. Eng.*, vol. 92, no. February 2020, p. 107104, 2021, doi: 10.1016/j.compeleceng.2021.107104.
- [30]. Bhagat, M.; Kumar, D.; Kumar, D. Role of Internet of Things (IoT) in Smart Farming: A Brief Survey. In Proceedings of the IEEE 2019 Devices for Integrated Circuit (DevIC), Kalyani, India, 23–24 March 2019; pp. 141–145.
- [31] Hergika, G., & Sutarti, S. (2021). Perancangan Internet Of Things (Iot) Sebagai Kontrol Infrastruktur Dan Peralatan Toll Pada Pt. Astra Infratoll Road. *PROSISKO: Jurnal Pengembangan Riset Dan Observasi Sistem Komputer*, 8(2), 86-98.
- [32] E. K. Tan, Y. W. Chong, R. A. Setyawan, M. Niswar, and K. T. Mya, "Lightweight messaging protocol for precision agriculture," *Int. Conf. Inf. Netw.*, vol. 2021-Janua, pp. 403–407, 2021, doi: 10.1109/ICOIN50884.2021.9333986
- [33] A. B. Abilovani, *IMPLEMENTASI PROTOKOL MQTT UNTUK SISTEM MONITORING memperoleh gelar Sarjana Komputer Disusun oleh :*, vol. 2, no. 12. 2018.
- [34] A. R. Utamy, Siswanto, and Sutarti, "Prototype Wireless Sensor Network Sistem Pengukuran Debu Dan Suhu Udara Berbasis Mqtt Server," *PROSISKO J. Pengemb. Ris. dan Obs. Sist. Komput.*, vol. 10, no. 2, pp. 152–164, 2023, doi: 10.30656/prosisko.v10i2.7158.
- [35] T. R. Manual, "ESP32 Datasheet," *Espr. Syst.*, no. 604, pp. 1–43, 2008, [Online]. Available: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_technical_reference_manual_en.pdf
- [36] T. Akhir, "Rancangan Crash Bell Atau Fire Alarm Dari Tower Ke Unit Pkp-

- Pk Berbasis Arduino Dan Lora Sx1276 Wireless Tower Ke Unit Pkp-Pk Berbasis Arduino Dan Lora Sx1276 Wireless,” *Pros. SNITP (Seminar Nas. Inov. Teknol. Penerbangan)*, vol. 6, no. 1, pp. 1–5, 2022.
- [37] Yun, S. (2021). *Lora Performance and Its Phy Layer Parameters in 915MHZ ISM Band in Indoor Environments* (Doctoral dissertation, Purdue University Graduate School).
- [38] J. Triyanto, M. P. Pradana, A. T. Permatasari, N. Rezika, and N. K. Daulay, “Monitoring Multi Sensor Esp 32 Secara Realtime Berbasis Website,” *Escaf*, vol. 2, no. 1, pp. 1122–1128, 2023.
- [39] Li, H., Ye, A., Zhang, Y., & Zhao, W. (2021). Intercomparison and evaluation of multisource soil moisture products in China. *Earth and Space Science*, 8(10), e2021EA001845.
- [40] Prahara, I. N. A., & Widiyarsari, I. R. (2023). Implementasi Metode Received Signal Strength Indication dan Quality of Service Terhadap Analisis Kualitas Jaringan Wireless di CV Java Media Perdana Pati. *Jurnal JTIIK (Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi)*, 7(4), 528-535.
- [41] Y. Tommy Pratama¹, M. Azhar Irwansyah², “PERBANDINGAN METODE PCQ, SFQ, RED DAN FIFO PADA MIKROTIK SEBAGAI UPAYA OPTIMALISASI LAYANAN JARINGAN PADA FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS TANJUNGPURA,” *Tek. Inform. Univ. Tanjungpura*, vol. 3, pp. 1–6, 2015.
- [42] Fathullah, “Simulasi Dan Analisis Perbandingan Kinerja Teknik Mitigasi Serangan Blackhole Pada Jaringan Manet,” vol. 2018, no. November, 2018.
- [43] V.-C. INDONESIA, “Apa itu Packet Loss? Arti, penyebab dan cara mencegahnya,” 2022. <https://vcube.co.id/apa-itu-packet-loss-arti-penyebabdan-cara-mencegahnya/>
- [44] Aprianto Budiman, M. Ficky Duskarnaen, and Hamidillah Ajie, “Analisis Quality of Service (Qos) Pada Jaringan Internet Smk Negeri 7 Jakarta,” *PINTER J. Pendidik. Tek. Inform. dan Komput.*, vol. 4, no. 2, pp. 32–36, 2020, doi: 10.21009/pinter.4.2.6.
- [45] Rohman, A. A. N., Hidayat, R., & Ramadhan, F. R. (2021, May). Pemrograman Mesin Smart Bartender Menggunakan Software Arduino IDE Berbasis Microcontroller ATmega2560. In *Seminar Nasional Teknik*

Elektro (Vol. 6, No. 1, pp. 14-21).

- [46] AL MUMINURRADIAN, F. H. PERANCANGAN SISTEM PENGUJIAN THROUGHPUT PUBLISHING DATA MENGGUNAKAN PROTOKOL MQTT PADA MODUL ESP8266 DENGAN METODE ANALISA STATISTIK DESKRIPTIF