

Lora-Wifi Gateway Untuk Teknologi Swarmsv

1st Andinis Farizki

D3 Teknologi Telekomunikasi
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

andinisf@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Denny Darlis

D3 Teknologi Telekomunikasi
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

denny.darlis@tass.telkomuniversity.ac.id

3rd Aris Hartaman

D3 Teknologi Telekomunikasi
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

arishartaman@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Unmanned Surface Vehicle (USV) adalah kendaraan permukaan tanpa awak yang beroperasi di perairan dengan kendali jarak jauh atau secara otonom menggunakan sistem navigasi dan kecerdasan buatan. Teknologi ini berkembang pesat dan memiliki berbagai aplikasi di bidang militer, industri, serta penelitian. Sebelum USV berkembang, teknologi maritim yang digunakan meliputi kapal berawak, Remotely Operated Vehicle (ROV), dan Autonomous Underwater Vehicle (AUV). Penggunaan USV ini memberikan keunggulan dalam efisiensi operasional, keselamatan, dan kemampuan eksplorasi di lingkungan perairan yang berisiko tinggi. Namun, tantangan dalam komunikasi dan koordinasi antar USV dalam sistem Swarm masih menjadi kendala dalam optimalisasi teknologi ini. USV memanfaatkan teknologi canggih seperti sistem navigasi otonom, kecerdasan buatan, komunikasi nirkabel, serta sensor dan kamera untuk meningkatkan efektivitas operasional. Penerapan USV mencakup berbagai bidang, termasuk keamanan maritim, eksplorasi laut, industri minyak dan gas, serta transportasi dan logistik. USV menjadi Solusi inovatif yang meningkatkan efisiensi serta mengurangi risiko bagi manusia dalam berbagai operasi maritim. Seiring dengan perkembangan teknologi, USV diharapkan dapat semakin berkontribusi dalam eksplorasi laut dan keamanan maritim secara global.

Kata kunci — LoRa, IoT, MQTT, Gateway.

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Danau merupakan ekosistem perairan darat yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Danau di Indonesia memiliki berbagai fungsi, mulai dari sumber air minum, irigasi, perikanan, transportasi, pembangkit listrik, pariwisata, hingga pusat tumbuhnya budaya dan kearifan [1]. Namun, perubahan lingkungan yang dipicu oleh aktivitas manusia, seperti polusi dan pembuangan limbah domestik, menimbulkan tantangan besar dalam menjaga keseimbangan ekosistem danau. kajian teori. Untuk mengatasi tantangan tersebut, Unmanned Surface Vehicle (USV) atau kapal permukaan tanpa awak hadir sebagai solusi yang inovatif.

USV didefinisikan sebagai kendaraan tanpa awak yang melaksanakan tugas di berbagai lingkungan tanpa intervensi manusia, dengan dinamika yang sangat non-linear [2]. USV memiliki kemampuan untuk melakukan pemantauan lingkungan secara otomatis dan cepat, serta beroperasi di perairan dangkal atau wilayah yang sulit dijangkau oleh kapal tradisional [3].

Beberapa urgensi penelitian bawah air, antara lain adalah kebutuhan terhadap pemeliharaan sumber air bersih dari pencemaran, pencarian potensi laut dalam, kajian arkeologi bawah air, penyelidikan sains, pemetaan dan pengukuran bawah air, sehingga tingginya kebutuhan terhadap kajian untuk melakukan penyelamatan bawah air.

USV (*Unmanned Surface Vehicle*) adalah kendaraan laut tanpa awak yang dapat digunakan dalam bidang kelautan untuk berbagai keperluan, seperti pemetaan bawah air, pemantauan lingkungan laut, eksplorasi dan pengiriman barang ke lokasi yang tidak terjangkau oleh manusia [4].

B. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang menjadi topik pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah cara memvalidasi performa *gateway* agar dapat menerima dan mengirim data secara tepat waktu ke database yang mendukung kebutuhan SwarmUSV.
2. Bagaimana solusi desain sistem *gateway* untuk mengatasi keterbatasan jangkauan LoRa dan komabilitasnya dengan WiFi untuk memenuhi kebutuhan operasional SwarmUSV.
3. Bagaimana memastikan bahwa data yang dikirim melalui *gateway* dapat diolah secara optimal untuk mendukung pengendalian dan koordinasi SwarmUSV.

C. Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengintegrasikan *gateway* agar dapat diterima dengan baik oleh IoT Platform.
2. Mengimplementasikan *gateway* agar dapat menerima data dari berbagai node sensor.
3. Mensimulasikan kinerja *gateway* LoRa-WiFi yang dirancang untuk kondisi sulit untuk memastikan efektivitasnya dalam mendukung komunikasi SwarmUSV.

D. Manfaat

Adapun manfaat dari penulisan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat merekomendasikan solusi permasalahan *Gateway* yang hanya diterima oleh satu node sensor saja

2. Dapat membandingkan prinsip kerja *Gateway* tahun lalu dengan saat ini
3. Dapat mengembangkan sistem komunikasi data pada teknologi Swarm USV dengan integrasi multi-sumber sensor melalui *gateway* berbasis LoRa-WiFi yang efisien dan real-time.

II. KAJIAN TEORI

A. Solar Autonomous Boat

Autonomous Boat, atau yang juga disebut *Autonomous Surface Vehicle (ASV)*, adalah kapal tanpa awak yang bisa bergerak sendiri secara otomatis. Kapal ini dirancang untuk bisa berpindah dari satu tempat ke tempat lain tanpa perlu dikendalikan langsung oleh manusia. Sistemnya bekerja berdasarkan program dan pengaturan yang telah dibuat sebelumnya, sehingga kapal ini bisa beroperasi secara mandiri [5].

B. Unmanned Surface Vehicle

Dengan menggunakan teknologi Unmanned Surface Vehicle (USV) kita dapat mengoperasikan kendaraan di permukaan air tanpa menggunakan awak, kendaraan ini dirancang untuk melakukan berbagai tugas seperti pengumpulan data, pemantauan, dan riset lingkungan.

Konsep SwarmUSV ini bertujuan untuk bekerja secara bersamaan untuk menyelesaikan tugas-tugas kompleks dengan lebih efisien. USV menggunakan berbagai teknologi sensor untuk memperoleh informasi tentang lingkungan laut di sekitar kapal, sistem otonom digunakan untuk mengendalikan kapal menggantikan keterampilan kru [6].

C. WiFi

WiFi singkatan dari *Wireless Fidelity* yaitu sebuah media penghantar komunikasi data tanpa kabel yang bisa digunakan untuk komunikasi atau mentransfer program dan data dengan kemampuan yang sangat cepat.

D. LoRa

LoRa merupakan salah satu protokol komunikasi nirkabel jarak jauh dan berdaya rendah. LoRa menjadi solusi baru untuk pengaplikasian Internet of Things yang membutuhkan infrastruktur minimal dengan hasil yang maksimal. LoRa memiliki dukungan langsung dari beberapa perusahaan teknologi diantaranya ialah IBM, Semtech, Actility, dll yang merupakan Aliansi dari LoRa Alliance. LoRa beroperasi di pita frekuensi 923, 868 atau 915, 920, 923 MHz, tergantung kebijakan di tiap wilayah. Di Indonesia sendiri kominfo menetapkan frekuensi untuk penggunaan LoRa di Indonesia ialah di rentan frekuensi 915 –923 MHz [7].

LoRa beroperasi pada pita frekuensi radio tak berlisensi dan dikenal dengan kemampuan jarak jauhnya (hingga 15 km di daerah pedesaan), konsumsi daya yang rendah, dan kemampuan untuk menghubungkan sejumlah besar perangkat ke satu jaringan. Arsitekturnya mencakup end device atau node, *gateway*, server jaringan, dan server aplikasi, sehingga memungkinkan jaringan yang dapat diskalakan dan fleksibel untuk beragam aplikasi IoT [8].

E. MQTT

MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) adalah sebuah protokol komunikasi yang digunakan untuk berkomunikasi berbasis pesan. Protokol ini mengadopsi sistem publish-subscribe, yang memungkinkan klien untuk mengirim dan menerima pesan. MQTT memiliki beberapa mode operasi, termasuk publish dan subscribe, penggunaan topik (*topic*), pesan (*messages*), dan broker. Setiap mode operasi, program, serta hasil dari konfigurasi tersebut dapat berbeda-beda dalam cara kerjanya [9].

F. LilyGO T-Beam v1.1

Modul LilyGO T-Beam v1.1 adalah papan pengembangan berbasis ESP32 yang terintegrasi dengan modul komunikasi LoRa (SX1276/SX1278) serta modul GPS (NEO-6M/NEO-M8N). Modul ini dirancang khusus untuk aplikasi IoT dan komunikasi nirkabel jarak jauh, dengan keunggulan tambahan berupa konektivitas Wi-Fi, Bluetooth, dan dukungan posisi berbasis GPS.

G. Arduino IDE

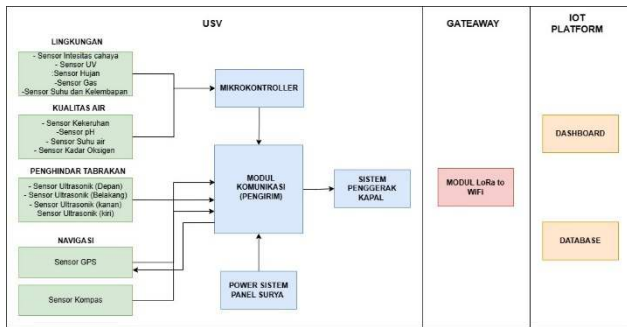
Arduino IDE merupakan sebuah platform perangkat lunak yang digunakan untuk menulis dan membuat program (*sketch*) guna memprogram board Arduino atau mikrokontroler lainnya. Dengan kata lain, Arduino IDE berfungsi sebagai alat bantu dalam proses pemrograman perangkat keras. Arduino IDE ini berguna untuk mengedit, membuat, meng-upload ke board yang ditentukan, dan meng-coding program tertentu dengan library C/C++(wiring), yang membuat operasi input/output lebih mudah. Arduino mempunyai kelebihan seperti open source yang memungkinkan pengembang untuk mengakses desain hardware dan software secara bebas, serta berkolaborasi dalam pengembangan proyek, selain open source Arduino juga mempunyai komunitas yang sangat besar dan aktif di sekitar Arduino, dan juga mempunyai fleksibilitas yang tinggi karena dapat digunakan dalam berbagai aplikasi dari proyek Pendidikan, hobi, hingga prototipe industri karena tersedianya berbagai varian dan modul ekspansi. Penggunaan Arduino pun juga sangat banyak terutama di bidang robotika, IoT (Internet Of Things), Automation, dan Edukasi [10].

III. PERANCANGAN SISTEM

A. Blok Diagram

Bab ini menjelaskan tentang perancangan aplikasi sistem pemantauan kualitas lingkungan dan navigasi kapal tanpa awak (USV) menggunakan teknologi komunikasi LoRa. Perancangan sistem ini mencakup alur komunikasi data antara berbagai sensor pada kapal USV, proses pengiriman data menggunakan modul komunikasi LoRa, hingga penerimaan data di sisi *gateway* dan pengiriman ke platform IoT untuk keperluan pemantauan secara real-time. Pembahasan meliputi diagram sistem, alur proses

pemantauan, analisis kebutuhan sistem, implementasi perangkat keras dan lunak, serta skenario pengujian sistem.



GAMBAR 1.
Blok Diagram

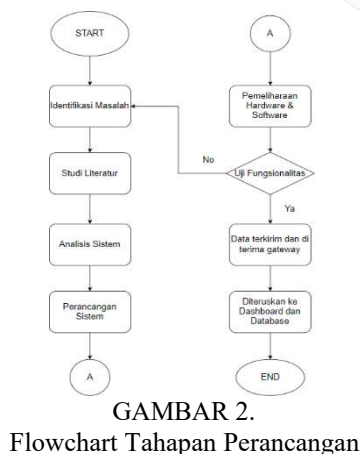
Dengan adanya integrasi ini, sistem LoRa-WiFi *Gateway* berperan penting dalam mendukung koordinasi dan komunikasi antarkapal pada teknologi Swarm USV, sehingga memungkinkan setiap unit kapal untuk saling berbagi informasi navigasi, lingkungan, serta status operasional secara real-time dan terpusat melalui platform IoT.

B. Perancangan LoRa Gateway

Dalam pengembangan sistem ini menggunakan Arduino IDE, pemrograman diperlukan untuk memastikan fungsi penerimaan dan pengiriman data berjalan optimal. Sebelum memulai proses pemrograman, ada beberapa library krusial yang perlu di unduh dan diintegrasikan ke dalam Arduino IDE. Berikut beberapa library yang harus tersedia untuk mengimplementasikan fungsi LoRa dalam pengembangan sistem ini.

```
#include <SPI.h>
#include <LoRa.h>
#include <WiFi.h>
#include <PubSubClient.h>
```

Library `SPI.h` digunakan untuk komunikasi data berbasis SPI antara mikrokontroler dan modul eksternal seperti LoRa. `LoRa.h` menangani pengiriman dan penerimaan data menggunakan komunikasi radio LoRa. `WiFi.h` berfungsi mengaktifkan koneksi internet melalui modul WiFi. Sementara `PubSubClient.h` digunakan untuk mengimplementasikan protokol MQTT, memungkinkan komunikasi data berbasis publish-subscribe pada sistem IoT.



GAMBAR 2.

Flowchart Tahapan Perancangan

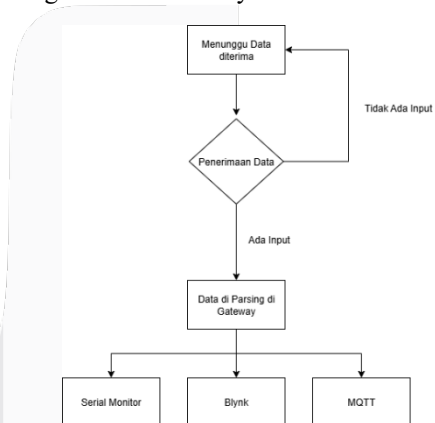
Selanjutnya dijelaskan tahapan proses perancangan dan implementasi sistem LoRa-WiFi *Gateway* untuk Swarm USV yang ditunjukkan pada gambar flowchart berikut. Proses dimulai dari identifikasi masalah, yaitu tahap awal untuk menentukan permasalahan utama yang ingin diselesaikan. Setelah itu dilakukan studi literatur guna mengkaji penelitian-penelitian terdahulu serta teori-teori yang relevan dengan sistem yang akan dikembangkan.

Tahap berikutnya adalah analisis sistem untuk mengevaluasi kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan. Selanjutnya dilakukan perancangan sistem, yang mencakup pembuatan desain awal, pemilihan perangkat, arsitektur komunikasi, serta rancangan integrasi jaringan LoRa-WiFi dengan dashboard dan database.

Setelah sistem dirancang, dilakukan pemeliharaan hardware dan software guna memastikan semua perangkat berfungsi dengan baik. Kemudian dilakukan uji fungsionalitas untuk memastikan bahwa sistem bekerja sebagaimana mestinya. Setelah data berhasil dikirim dan diterima oleh *gateway*, informasi tersebut digunakan untuk keperluan pemantauan dan pengambilan keputusan. Tahap akhir adalah pemrosesan data oleh dashboard untuk ditampilkan kepada pengguna serta penyimpanan data ke dalam database guna mendukung analisis lebih lanjut.

IV. HASIL DAN PENGUJIAN

A. Perancangan LoRa Gateway



GAMBAR 3.

Flowchart Tahapan Pengujian

Pengujian ini memastikan bahwa proses penerimaan, parsing, dan distribusi data dari node sensor Swarm USV ke platform IoT berjalan dengan baik. Berdasarkan flowchart, data yang diterima oleh *gateway* akan diproses dan di-parsing, lalu dikirim ke Serial Monitor, Blynk, dan MQTT. Proses ini memastikan data dari kapal dapat dimanfaatkan secara real-time dan efisien oleh pengguna.

B. Pengujian Penerimaan Data



GAMBAR 4.

Pengujian Penerimaan Data

Dalam Pengujian penerimaan data, *Gateway* akan mulai menerima data dari kapal. Data ini mencakup sensor seperti RSSI, Delay antar paket data, Sensor Ultrasonik, Heading (Kompas), Latitude dan Longitude, Suhu Udara, Kelembapan Udara, Gas Karbon Monoksida (CO), Gas Karbon Dioksida (CO₂), Gas Amonia (NH₄), Intensitas Cahaya, UV, Suhu Air, pH air, Kekeuhan Air dan Oksigen Teroksidasi. Tabel 4.1 menunjukkan hasil penerimaan data nya.

TABEL 1.
Pengujian Penerimaan

Penerimaan Data	Data yang diterima	Status
1 hingga 10	Jarak, pH Air, Suhu air, Kekeuhan air, Oksigen Terlarut, UV, Suhu Udara, Kelembapan Udara, Gas Karbon Dioksida, Gas Karbon Monoksida, Gas Amonia	Berhasil
	Sensor Ultrasonik	Berhasil
	Sensor GPS	Berhasil

Tabel dibawah ini menunjukkan hasil dari proses penerimaan data, yang membandingkan waktu pengiriman ketika data dikirim oleh node dan diterima oleh *gateway* secara bersamaan dengan RSSI dan delay.

TABEL 2.
Hasil Proses Penerimaan Data

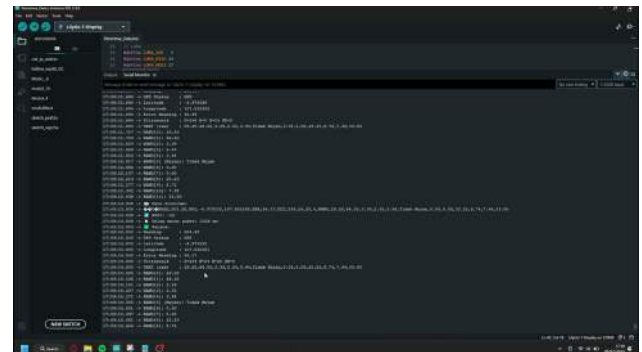
No.	Waktu Pengiriman	Waktu Diterima	RSSI	Delay
1	17:58:49	17:58:51	-53	2(s)
2	17:58:51	17:58:53	-52	2(s)
3	17:58:53	17:58:55	-52	2(s)
4	17:58:55	17:58:59	-59	4(s)
5	17:58:59	17:59:02	-66	3(s)
6	17:59:02	17:59:04	-54	2(s)
7	17:59:04	17:59:09	-54	5(s)
8	17:59:09	17:59:11	-53	2(s)
9	17:59:11	17:59:14	-52	3(s)
10	17:59:14	17:59:19	-54	5(s)

Pengujian pada tabel di atas bertujuan untuk menghimpun dan menganalisis data dari beberapa node sensor melalui komunikasi serial. Fokus utama pengujian ini adalah memastikan proses pengiriman dan penerimaan data berjalan stabil dan akurat, termasuk memantau kekuatan sinyal (RSSI), keakuratan data seperti suhu dan kelembaban, serta evaluasi performa komunikasi seperti kecepatan, kehilangan paket, dan stabilitas sinyal. Selain itu, pengujian juga mencakup sinkronisasi waktu serta debugging untuk mengidentifikasi dan mengatasi masalah, sehingga kinerja sistem jaringan sensor dapat berjalan optimal dan andal.

Pengujian yang ada pada Gambar 4.4 bertujuan untuk menghimpun dan menganalisis data dari beberapa kali percobaan pada sistem LoRa-WiFi *Gateway* untuk Teknologi Swarm USV. Tujuan utama dari pengujian ini untuk memantau performa serta memastikan efektivitas *gateway*

dalam menerima dan meneruskan data ke platform pemantauan seperti Blynk dan MQTT. Aspek yang diuji mencakup kekuatan sinyal LoRa (RSSI) untuk menilai stabilitas dan keandalan koneksi node USV dalam lingkungan perairan. Selain itu, pengujian juga memverifikasi keakuratan data sensor seperti suhu, kelembapan, dan sensor lingkungan lainnya yang dikirim dari node USV. Pengujian ini juga berfungsi sebagai alat penting dalam proses debugging dan troubleshooting untuk mengidentifikasi serta mengatasi masalah yang mungkin terjadi dalam sistem komunikasi serial antara node sensor dan penerima data. Dengan demikian, pengujian ini menghadirkan kontribusi penting dalam memastikan kinerja optimal sistem jaringan sensor, serta memvalidasi integritas dan keandalan data yang dikumpulkan dari berbagai node sensor yang terintegrasi.

Pengujian pada Gambar 5 bertujuan untuk menganalisis performa sistem LoRa-WiFi *Gateway* pada teknologi Swarm USV. Pengujian ini menilai efektivitas *gateway* dalam menerima dan meneruskan data ke platform seperti Blynk dan MQTT, serta mengamati kekuatan sinyal LoRa (RSSI) guna memastikan koneksi yang stabil. Selain itu, keakuratan data sensor seperti suhu dan kelembapan juga diverifikasi. Pengujian ini penting untuk proses debugging dan troubleshooting, sekaligus memastikan kinerja optimal sistem dan validitas data dari berbagai node sensor yang terintegrasi.



GAMBAR 5.
Hasil Pengujian

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, sistem LoRa-WiFi *Gateway* untuk Swarm USV berhasil menerima, memproses, dan menampilkan data dari berbagai node sensor, termasuk data GPS, kompas, ultrasonik, dan 12 data lingkungan dari Arduino Nano. Data ditampilkan melalui Serial Monitor, Blynk, dan dikirim ke MQTT. Sistem juga mampu mendeteksi status sinyal (RSSI), delay antar paket, dan menjalankan logika navigasi sederhana secara otomatis. Hal ini menunjukkan bahwa sistem bekerja secara stabil dan sesuai dengan tujuan perancangan.

REFERENSI

- [1] "ANALISIS KEBIJAKAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA DANAU YANG BERKELANJUTAN (STUDI KASUS DANAU MANINJAU SUMATERA BARAT).," *Jurnal*

- Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, vol. 3, no. 2, p. 1, 2013.
- [2] C. Barrera, I. Padron, F. S. Luis and O. & Llinas, "Trends and Challenges in Unmanned Surface Vehicles (USV): From Survey to Shipping," *the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, vol. 15, no. 1, p. 135, 2021.
- [3] M. Specht, C. Specht, H. Lasota and P. Cywiński, "Assessment of the Steering Precision of a Hydrographic Unmanned Surface Vessel (USV) along Sounding Profiles Using a Low-Cost Multi-Global Navigation Satellite System (GNSS) Receiver Supported Autopilot," *Assessment of the Steering Precision of a Hydrographic Unmanned Surface Vessel (USV) along Sounding Profiles Using a Low-Cost Multi-Global Navigation Satellite System (GNSS) Receiver Supported Autopilot*, p. 1, 2019.
- [4] H. Manik, R. Fajaryanti, B. Siahaan, M. Sanubari, S. AD, J. Jaya and Apdillah., "Autonomous Underwater Vehicle untuk," *Jurnal Rekayasa Elektrika*, vol. 13, no. 1, p. 27, 2017.
- [5] A. A. R. Febrina, D. Darlis and A. Rusdinar, "Sistem Komunikasi Autonomous Boat Dan Ground Control Station Guna Mendukung Penelitian Autonomous Fish Feeder Swarm Boat Di Laboratorium Inacos Universitas Telkom.," *eProceedings of Applied Science*, vol. 9, no. 1, 2023.
- [6] X. Bai, B. Li, X. Xu and Y. Xiao, "A review of current research and advances in unmanned surface vehicle," *Journal of Marine Science and Application*, vol. 21, no. 2, pp. 47-58, 2022.
- [7] R. Angriawan and N. Anugraha, "Sistem Pelacak Lokasi Sapi dengan Sistem Komunikasi LoRa," *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 9, no. 1, pp. 33-39, 2019.
- [8] E. Dania, E. D. Widiyanto and R. D. O. Augustinus, "Monitoring System in Lora Network," *International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems (ISRITI)*, pp. 1-2, 2019.
- [9] Z. B. Abilovani, W. Yahya and B. F. A, "Implementasi Protokol MQTT Untuk Sistem Monitoring Perangkat IoT.," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 12, p. 3, 2018.
- [10] M. I. Hakiki, U. Darusalam and N. D. Nathasia, "Konfigurasi Arduino IDE Untuk Monitoring Pendeteksi Suhu dan Kelembapan Pada Ruang Data Center Menggunakan Sensor DHT11.," vol. 7, no. 8, 2020.