

IMPLEMENTASI PENGGUNAAN ESP32 SEBAGAI IOT PADA PROJECT SMART CHARGER DI PT. PASIFIK SATELIT NUSANTARA BEKASI

Muhammad Fathor Azhar, Lela Nurpulaela

Teknik Elektro, Universitas Singaperbangsa Karawang

Jl. HS.Ronggo Waluyo, Puseurjaya, Telukjambe Timur, Karawang, Jawa Barat 41361

fathor.azhar.18@gmail.com

ABSTRAK

Dalam era perkembangan teknologi yang pesat saat ini, tuntutan akan layanan yang cepat dan efisien semakin tinggi. Dalam dunia bisnis, seperti perusahaan, Internet of Things, atau yang lebih dikenal sebagai IoT, adalah teknologi pintar yang menghubungkan lingkungan dengan berbagai perangkat melalui jaringan internet. Contoh perusahaan penyedia layanan telekomunikasi terkemuka di Indonesia adalah PT. Pasifik Satelit Nusantara (PSN). PSN merupakan operator dan perusahaan yang berfokus pada informasi dan telekomunikasi satelit. Salah satu alat yang dikembangkan oleh PT. Pasifik Satelit Nusantara untuk menyediakan jasa komunikasi data adalah perangkat IoT bernama Smart Charger. Smart charger dirancang oleh PT. PSN untuk mengatasi masalah di daerah terpencil yang susah mendapatkan pasokan listrik. Penelitian ini dilakukan untuk mencari solusi atas permasalahan yang ada pada Smart Charger tersebut. Metode penelitian yang digunakan dalam proses ini melibatkan observasi dan pembelajaran langsung di perusahaan. Pendekatan ini bertujuan untuk mendapatkan pemahaman mendalam tentang proses kerja, budaya organisasi, dan interaksi antar karyawan di lingkungan perusahaan. Smart Charger PSN merupakan sebuah charging stasion berbasis IOT, yang mampu mengontrol, memonitoring arus, tegangan dan daya yang keluar dan memilih port yang digunakan. komponen ESP32 disini digunakan untuk memonitoring dan mengontrol arus, tegangan, serta daya yang keluar dan masuk secara real time berbasis website, yang mana website yang digunakan yakni Thingsboard.

Kata kunci : ESP32, IOT, Smart Charger, Mqtt, PSN

1. PENDAHULUAN

Dalam era perkembangan teknologi yang pesat saat ini, tuntutan akan layanan yang cepat dan efisien semakin tinggi. Dalam dunia bisnis, seperti perusahaan, sangat penting untuk memiliki sumber daya manusia yang mampu memanfaatkan teknologi untuk meningkatkan kualitas dan produktivitas. Oleh karena itu, pengembangan kualitas tenaga kerja menjadi sangat krusial [1][2].

Internet of Things, atau yang lebih dikenal sebagai IoT, adalah teknologi pintar yang menghubungkan lingkungan dengan berbagai perangkat melalui jaringan internet. IoT mengalami perkembangan pesat dalam waktu yang singkat, didorong oleh kemajuan teknologi informasi yang signifikan. Akibatnya, semakin banyak perangkat yang terhubung dengan sensor yang dipasang di lingkungan, sehingga memunculkan masalah interoperabilitas antar perangkat. Interoperabilitas adalah sifat produk atau sistem yang memungkinkan interaksi dan kerja sama dengan produk atau sistem lain, baik yang ada saat ini maupun yang akan datang, tanpa adanya batasan apapun (Kim, Choi, & Rhee, 2015). Menurut survei yang dilakukan oleh Gartner, diperkirakan pada tahun 2020 terdapat sekitar 20 miliar objek yang saling terkoneksi [3][4][5].

Salah satu cara untuk mencapai hal ini adalah dengan memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk mengenal dunia kerja melalui kerja praktik lapangan. Mata kuliah kerja praktik sangat penting karena memungkinkan mahasiswa untuk memperoleh pengetahuan yang tidak bisa didapatkan di bangku

kuliah. Dengan demikian, mahasiswa dapat mengembangkan keterampilan dan memahami etika kerja melalui keterlibatan langsung di lapangan, serta memiliki kesempatan untuk menerapkan ilmu dan keterampilan yang telah dipelajari selama perkuliahan.

Contoh perusahaan penyedia layanan telekomunikasi terkemuka di Indonesia adalah PT. Pasifik Satelit Nusantara (PSN). PSN merupakan operator dan perusahaan yang berfokus pada informasi dan telekomunikasi satelit. Salah satu alat yang dikembangkan oleh PT. Pasifik Satelit Nusantara untuk menyediakan jasa komunikasi data adalah perangkat IoT bernama Smart Charger. Smart charger dirancang oleh PT. PSN untuk mengatasi masalah di daerah terpencil yang susah mendapatkan pasokan listrik. Penelitian ini dilakukan untuk mencari solusi atas permasalahan yang ada pada Smart Charger tersebut. Internet of Things (IoT) adalah teknologi pintar yang menghubungkan lingkungan dengan perangkat-perangkat melalui internet. Penggunaan IoT berkembang pesat dalam waktu singkat seiring dengan kemajuan teknologi informasi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada penelitian berjudul "Pemanfaatan ESP32 Pada Sistem Keamanan Rumah Tinggal Berbasis IoT"[5], menjelaskan Penggunaan kamera sebagai sarana untuk memonitoring kondisi rumah atau ruangan ketika tidak berpenghuni merupakan salah satu solusi dalam meningkatkan keamanan. Dengan demikian, pengguna dapat memantau aktivitas yang terjadi di rumah saat mereka sedang tidak berada di

tempat. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem keamanan yang dapat mendokumentasikan aktivitas di dalam rumah menggunakan kontroler ESP32 berbasis IoT. Sistem ini dilengkapi dengan sensor Pasif Infra Merah (PIR) yang berfungsi mendeteksi keberadaan orang di dalam ruangan, dan secara otomatis mengaktifkan alarm serta kamera untuk mengambil gambar. Hasil tangkapan gambar akan dikirimkan ke server web, dan sistem juga akan mengirim notifikasi kepada pemilik rumah melalui smartphone Android, sehingga pemilik rumah dapat mengetahui jika ada orang yang masuk ke rumah mereka, di mana pun mereka berada. Hasil pengujian menunjukkan bahwa ketika sensor PIR mendeteksi adanya orang yang masuk ke dalam ruangan, kontroler ESP32 akan mengaktifkan alarm dan memulai proses pengambilan gambar dengan kamera. Proses pengambilan gambar dilakukan sebanyak lima kali, dan gambar yang dihasilkan kemudian dikirimkan dari kontroler ESP32 ke server web melalui komunikasi WiFi. Data yang tersimpan di server web dapat dicetak dalam format PDF sebagai data monitoring atau laporan.

2.1. Mikrokontroler ESP32

Mikrokontroler ESP32 merupakan perangkat SoC (System on Chip) yang lengkap dengan fitur WiFi 802.11 b/g/n, Bluetooth versi 4.2, serta berbagai periferal. Chip ESP32 ini sangat komprehensif karena memiliki prosesor, penyimpanan, dan akses GPIO (General Purpose Input Output). ESP32 dapat digunakan sebagai pengganti rangkaian pada Arduino, serta mampu terhubung ke jaringan WiFi secara langsung (Agus Wagyuana, 2019).

Adapun spesifikasi ESP32 adalah sebagai berikut: Tersedia dalam dua varian, yaitu dengan 30 GPIO dan 36 GPIO. Keduanya memiliki fungsi yang sama, tetapi versi dengan 30 GPIO lebih disukai karena memiliki dua pin GND, yang memudahkan pengaturan rangkaian. Semua pin diberi label di bagian atas board sehingga mudah dikenali. Board ini dilengkapi dengan antarmuka USB to UART yang memudahkan pemrograman menggunakan software pengembangan seperti Arduino IDE. Sumber daya untuk board ini dapat disuplai melalui konektor micro USB[6].

2.2. STM32

Mikrokontroler STM32, yang diproduksi oleh STMicroelectronics, dilengkapi dengan prosesor ARM Cortex-M berarsitektur RISC 32-bit, dengan frekuensi clock mulai dari 32 MHz hingga 400 MHz. Jika dibandingkan dengan mikrokontroler ATmega atau papan Arduino yang hanya memiliki prosesor 8-bit dan frekuensi clock maksimal 16 MHz, STM32 jelas memiliki kinerja yang lebih unggul. STM32 juga menawarkan fitur-fitur yang tidak dimiliki oleh ATmega, seperti konsumsi daya yang jauh lebih efisien, hanya memerlukan daya antara 2 hingga 3,6 volt, sehingga lebih hemat energi. Dengan berbagai

spesifikasi yang tercantum dalam datasheet, mikrokontroler STM32 ARM Cortex-M sangat cocok untuk digunakan dalam sistem mikrokontroler yang lebih kompleks, berkinerja tinggi, dan lebih efisien dalam penggunaan daya dibandingkan dengan mikrokontroler ATmega atau papan Arduino[7].

2.3. Software Arduino Ide

Arduino adalah platform untuk pembuatan prototipe elektronik yang bersifat open-source, dirancang dengan perangkat keras dan perangkat lunak yang fleksibel dan mudah digunakan. Platform ini ditujukan bagi para seniman, desainer, dan siapa saja yang tertarik dalam menciptakan objek atau lingkungan interaktif. Menurut Sulaiman (2012:1), Arduino merupakan sistem yang terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras Arduino mirip dengan mikrokontroler pada umumnya, tetapi ditambah dengan label pin yang memudahkan pengingatannya. Perangkat lunak Arduino adalah perangkat lunak open-source yang dapat diunduh secara gratis. Perangkat lunak ini digunakan untuk membuat dan mengunggah program ke dalam Arduino. Proses pemrograman pada Arduino lebih sederhana dibandingkan dengan mikrokontroler konvensional karena Arduino dirancang agar mudah dipelajari, memungkinkan pemula untuk mulai belajar mikrokontroler dengan mudah. Dari penjelasan di atas, dapat disimpulkan bahwa Arduino adalah platform pembuatan prototipe elektronik yang terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak[8][9].

2.4. Database

Database adalah suatu sistem yang dirancang untuk mengatur, menyimpan, dan mengambil data. Basis data ini berisi kumpulan data yang tersusun secara teratur dan dapat diakses oleh satu atau lebih pengguna dalam format digital. Pengelolaan basis data digital dilakukan melalui Sistem Manajemen Basis Data (DBMS), yang memungkinkan penyimpanan konten basis data, serta mendukung perancangan, pemeliharaan data, dan pencarian file[10].

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam proses ini melibatkan observasi dan pembelajaran langsung di perusahaan. Pendekatan ini bertujuan untuk mendapatkan pemahaman mendalam tentang proses kerja, budaya organisasi, dan interaksi antar karyawan di lingkungan perusahaan. Observasi memungkinkan peneliti untuk mengamati perilaku dan kejadian secara langsung, sementara pembelajaran langsung di perusahaan memberikan kesempatan untuk terlibat dalam kegiatan sehari-hari, memahami alur kerja, dan mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi kinerja di perusahaan tersebut.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

- a. **Research**
Melakukan identifikasi kebutuhan, dan studi literatur untuk menentukan kebutuhan fungsional dan non-fungsional dari sistem Smart Charger dan Mengevaluasi teknologi yang relevan dan praktik terbaik dalam pengembangan charger pintar.
- b. **Pelaksanaan**
Melakukan pengamatan langsung di tempat kerja selama periode waktu yang ditentukan dan Merancang arsitektur perangkat.
- c. **Analisis**
Melakukan analisis terkait proyek smart charger dan Memastikan bahwa sistem bekerja sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan.
- d. **Pengembangan**
Meningkatkan performa dan fitur berdasarkan hasil analisis.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

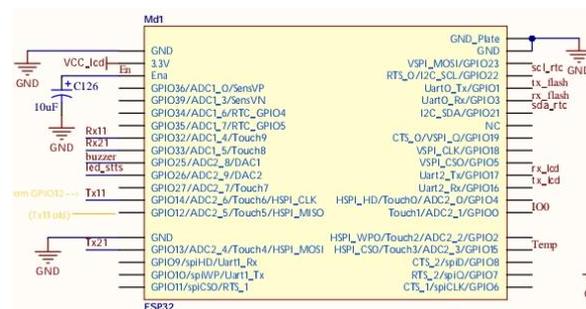
Memuat hasil, Pengujian dan pembahasan tentang skripsi yang telah dilakukan

4.1. Penggunaan ESP32 Pada Smart Charger



Gambar 1. Alat smart charger PSN

Smart Charger PSN merupakan sebuah charging station berbasis IOT, yang mampu mengontrol, memonitoring arus, tegangan dan daya yang keluar dan memilih port yang digunakan. Smart charger PSN juga dapat mengotrol keluaran lewat monitor TFT yang dikendalikan ol tombol push button untuk memilih port yang dinyalakan. Ada komponen ic STM32 pada Smart Charger PSN untuk mengatur dan membaca arus, untuk melakukannya bisa menggunakan software STM32CubeIDE. Dan untuk mengecek output keluaran setiap port bisa memakai software Terminal atau bisa juga memakai USB Tester. Penggunaan komponen ESP32 disini digunakan untuk memonitoring dan mengontrol arus, tegangan, serta daya yang keluar dan masuk secara real time berbasis website, yang mana website yang digunakan yakni Thingsboard.



Gambar 2. Skematik rangkaian esp32 pada smart charger

Tabel 1. Pin dan Fungsi esp32

no	pin	function	no	pin	function
1			30		
2			29	22	SCL-Rtc
3			28	1	Tx Debug
4	34	Receive From ATmega32	27	3	Rx Debug
5	35	Transmit To ATmega32	26	21	SDA-Rtc
6	32	Transmit To STM32-1	25		
7	33	Transmit To STM32-2	24		
8	25	Buzzer	23		
9	26	Led Status	22	17	Transmit to STM32 (LCD)
10			21	16	Receive from STM32 (LCD)
11	14	Receive From STM32-1	20		
12			19		
13	13	Receive From STM32-2	18	15	Sensor Temperature
14			17		
15			16		

Gambar dan tabel diatas menjelaskan mengenai skematik rangkaian dan pin ESP32 yang digunakan pada Smart Charger PSN. Terlihat pada tabel 1 digunakannya pin 15 sebagai sensor temperature, pin 25 sebagai buzzer, pin 26 sebagai Led Status, dan lain sebagainya. Gambar skematik diatas menjelaskan mengenai rangkaian ESP32. Untuk dapat dijelaskan lebih lanjut mengenai fungsi tiap pin nya dapat dilihat dalam tabel diatas.

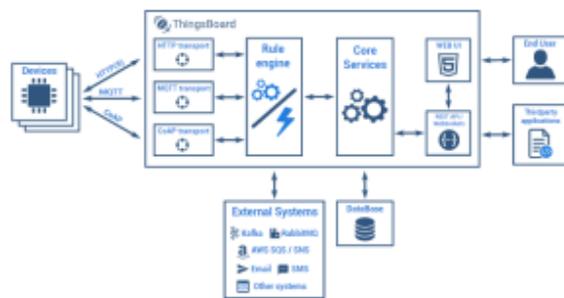
4.2. Mqtt data pada esp32

Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) adalah protokol transport klien/server yang menggunakan model terbitkan/berlangganan. Protokol ini dirancang ringan, terbuka, dan sederhana, sehingga mudah diimplementasikan. Properti ini memungkinkan Anda menggunakan MQTT dalam berbagai skenario, seperti komunikasi mesin-ke-mesin

(M2M) dan Internet of Things (IoT). MQTT berjalan melalui TCP/IP. Protokol ini memerlukan transport yang mengeksekusi perintah MQTT dalam bentuk aliran byte dari klien ke server dan sebaliknya. Protokol transport yang umum digunakan dengan MQTT adalah TCP/IP, namun TLS dan WebSockets juga dapat digunakan.

MQTT sendiri adalah sebuah protocol konektivitas machine to machine (M2M) yang didesain mampu mengirimkan data dengan sangat ringan menggunakan arsitektur TCP/IP (Dürkop et al., 2015). Pada MQTT sendiri mempunyai keunggulan yaitu dapat mengirimkan data dengan bandwidth yang ringan, konsumsi listrik yang sedikit, latensi serta konektivitas yang sangat tinggi, ketersediaan variable yang banyak serta jaminan pengiriman data yang dapat dinegosiasikan.

Pada protokol MQTT terdapat dua komponen utama yaitu MQTT client dan MQTT server. MQTT client bertindak sebagai publisher dan MQTT server bertindak sebagai subscriber dari sebuah topik. Yang selanjutnya, data dari sensor diteruskan ke Gateway Internet of Things (IoT). Selanjutnya pula, data tersebut disimpan dalam database, dalam hal ini penulis menggunakan Thingsboard.



Gambar 3. Media database MQTT

MQTT menjadi protokol pilihan dalam pengiriman dari sensor ke Thingsboard server. ThingsBoard merupakan sebuah platform Internet of Things (IoT) yang bersifat open source. ThingsBoard ini juga merupakan web server yang dapat digunakan sebagai platform manajemen device, pengumpulan data, dan visualisasi data berbasis website. ThingsBoard juga memiliki dua fungsi utama yaitu sebagai broker dalam terminologi Internet of Things (core services) dan sebagai web presentation/penyajia data (web UI). Thingsboard memungkinkan pengguna untuk melakukan perancangan dan konfigurasi dashboard Internet of Things (IoT) yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan dan keinginan pengguna. Dashboard perangkat di Thingsboard biasanya berisi widget yang memvisualisasikan data telemetry dari perangkat Internet of Things (IoT) yang berbeda. ThingsBoard juga mendukung enkripsi transport untuk protokol MQTT dan HTTP.

4.3. ESP32 mendapatkan data secara IOT

The screenshot shows the Arduino IDE with a C++ sketch for an ESP32. The code includes the MQTT client library and defines an MQTT client object. It sets up the serial port and the MQTT broker details (URL, username, password, and topic). The main loop function calls the MQTT client's connect() method to establish a connection to the broker.

Gambar 5. Syntax arduino

Gambar diatas merupakan syntax dari kodingan dari ESP32 yang mana nanti untuk melakukan terima data dengan baik, hal pertama yang harus dilakukan adalah men disable (menonaktifkan fungsi fungsi yang lain).

The screenshot shows the serial monitor window of the Arduino IDE. It displays a stream of data received from the ESP32, which appears to be a series of numbers representing sensor readings or status information, confirming that the device is successfully receiving data from the MQTT broker.

Gambar 6. Syntax dan output diserial monitor

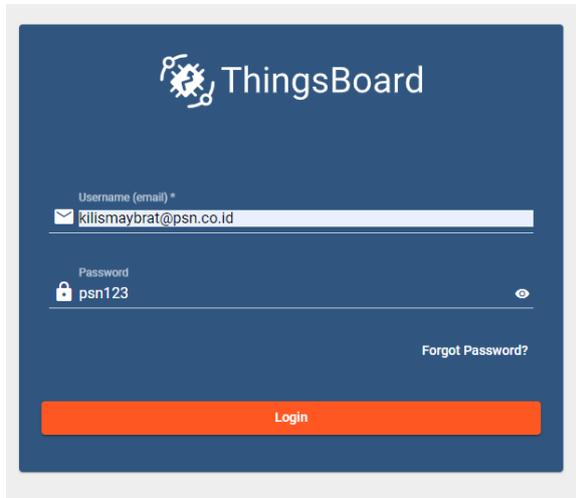
Seperti yang terlihat pada kodingan di gambar, terlihat mendisable fungsi query data. jadi ketika nanti diupload yang akan ditampilkan diserial monitor berupa data charger 1-12. Indikator bahwa telah menerima data dari ic1 dan ic 2 dengan baik, data charger 1-12 nya akan utuh dan berulang terus menerus.

Ketika data dari ic1 dan ic2 sudah diterima dengan baik. selanjutnya akan dilakukan query data. query data sendiri bertujuan agar data arus tegangan dan wattour dari charger 1-12 dapat ditampilkan dengan baik. Terlihat pada gambar kodingan fungsi query data yang tadinya terdisable, diaktifkan. Gambar selanjutnya lanjutan dari kodingan query. terlihat pada gambar kodingan query data charger 1-12. selanjutnya setelah kita upload program tersebut. Maka, serial monitor akan menampilkan data tegangan, arus, dan wattour dalam bentuk \$c1,0.00 dst. Dan ketika sudah dilakukan kalibrasi tegangan dan arus dengan baik. Ketika charger dinyalakan maka, nilai tengangan yang ada diserial monitor dan yang ditampilkan di lcd akan terlihat dan sama.

The screenshot shows a serial monitor window displaying a continuous stream of data. The data is formatted as '\$c1,0.00', indicating that the ESP32 is successfully receiving and displaying data from the MQTT broker.

Gambar 7. Tampilan serial monitor yang terquery dengan baik

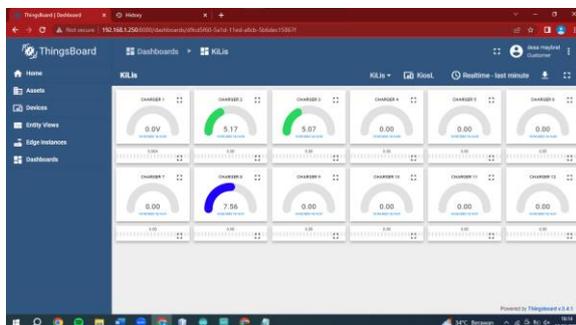
Dan ketika data sudah terkalibrasi dengan baik dari tegangan arus watt-hour pada charger 1-12. Maka yang harus dilakukan setelahnya adalah mengirim data via mqtt. Mqtt ini sendiri menggunakan website thingsboard.



Gambar 8. Halaman login thingsboard

Untuk dapat menggunakan layanan Thingsboard, hal yang dilakukan yakni membuat sebuah akun terlebih dahulu. Dapat membuat akun melalui url ini <http://demo.thingsboard.io>. Setelah kita memiliki akun pada thingsboard, lalu kita akan membuat device pada thingsboard. Device ini yang akan menangkap data dari sensor kita. Untuk dapat membaca data dari sensor kita, device yang baru saja kita buat memerlukan telemetry terlebih dahulu. Setelah sudah ter-telemetry dengan baik untuk dapat menampilkan hasil pembacaan data tersebut, kita perlu membuat sebuah dashboard. Setelah itu kita bisa menambahkan widget pada dashboard. Langkah akhir yaitu menjalankan kode pada arduino IDE. Jika kode dapat berjalan dengan baik, maka akan muncul pembacaan data pada dashboard yang sudah kita buat sebelumnya.

4.4. Hasil



Gambar 9. Tampilan dashboard thingsboard

Karena di PT. PSN, sudah disediakan akun thingsboardnya. Penulis hanya perlu login menggunakan localhost PSN, dengan url <http://192.168.1.250:8080/>. Setelah itu masukan email

atau username dengan *killismaybrat@psn.co.id* dengan password psn123. Setelah itu, jika data dari tegangan, arus, dan daya sudah ter-telemetry dengan baik. Kita dapat melihat dan memonitoringnya dengan menu dashboard.

Thingsboard sebagai layanan Internet of Things memiliki fitur dashboard yang berfungsi untuk menampilkan data yang masuk dari perangkat yang digunakan oleh peneliti. Selain itu, dashboard juga dapat menampilkan data dalam bentuk widget yang disediakan oleh Thingsboard. Hasil tampilan dashboard Thingsboard terlihat pada Gambar diatas. Terlihat di gambar dashboard thingsboard menampilkan tegangan, arus, dan daya yang sedang dinyalakan. Terlihat juga keterangan waktu sehingga data yang keluar dan masuk dapat dimonitoring dengan baik secara real time.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil kerja praktik di PT Pasifik Satelit Nusantara, dapat diambil kesimpulan bahwa Smart Charger PSN merupakan sebuah charging stasion berbasis IOT, yang mampu mengontrol, memonitoring arus, tegangan dan daya yang keluar dan memilih port yang digunakan. komponen ESP32 disini digunakan untuk memonitoring dan mengontrol arus, tegangan, serta daya yang keluar dan masuk secara real time berbasis website, yang mana website yang digunakan yakni Thingsboard. Maka yang harus dilakukan setelahnya adalah mengirim data via mqtt. Mqtt ini sendiri menggunakan website thingsboard. Terlihat di gambar dashboard thingsboard menampilkan tegangan, arus, dan daya yang sedang dinyalakan. Terlihat juga keterangan waktu sehingga data yang keluar dan masuk dapat dimonitoring dengan baik secara real time.

Sedangkan saran yang diberikan kepada pihak PT. Pasifik Satelit Nusantara Diharapkan agar kerjasama antara perusahaan lebih ditingkatkan dengan banyak memberi peluang kepada siapapun untuk Praktik Kerja Industri di PT PSN. Untuk para karyawan lebih ditingkatkan lagi motivasi dan kedisiplinannya dalam bekerja. Hubungan karyawan dengan Pemegang diharapkan selalu terjaga keharmonisannya agar dapat tercipta suasana kerjasama yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

[1] M. Zhafira and J. Sardi, "Implementation of Internet of Things (IoT) In Heart Rate Measurement Tool," *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 5, no. 1, pp. 99–110, 2024.

[2] Y. E. Windarto, B. M. W. Samosir, and M. R. Assariy, "Monitoring Ruangn Berbasis Internet of Things Menggunakan Thingsboard dan Blynk," *Walisono Journal of Information Technology*, vol. 2, no. 2, p. 145, Dec. 2020, doi: 10.21580/wjit.2020.2.2.5798.

- [3] R. Adry and O. Candra, "Water PH Monitoring and Control System in Aquariums Based on Internet of Things," *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 5, no. 1, pp. 111–118, 2024.
- [4] S. Mulyono, S. Farisa, and C. Haviana, "Implementasi MQTT untuk Pemantauan Suhu dan Kelembaban pada Laboratorium," *Jurnal Transistor Elektro dan Informatika*, vol. 3, no. 3, 2019.
- [5] A. Ramschie *et al.*, "Pemanfaatan ESP32 Pada Sistem Keamanan Rumah Tinggal Berbasis IoT," *Prosiding The 12th Industrial Research Workshop and National Seminar Bandung*, Oct. 2021.
- [6] B. M. Susanto *et al.*, "IMPLEMENTASI MQTT PROTOCOL PADA SMART HOME SECURITY BERBASIS WEB," *Jurnal Informatika Polinema*, vol. 3, no. 3, 2019.
- [7] H. Ashari, D. Pembimbing, M. Drs, M. T. Zakarijah, and P. Teknik Elektronika, "STM32 ARM CORTEX-M SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN MIKROKONTROLER STM32 ARM CORTEX-M AS A MICROCONTROLLER LEARNING MEDIA," *Jurnal Elektronika Pendidikan Teknik Elektronika*, vol. 8, no. 1, 2019.
- [8] N. Pangestu, R. Maulana, and R. Primananda, "Implementasi Sistem Monitoring Pada Rumah Jamur Menggunakan Jaringan Nirkabel Berbasis Protokol Komunikasi Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)," 2019. [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [9] I. Anisah, I. G. P. Astawa, and P. Kristalina, "Smart Agriculture untuk Mewujudkan Ketahanan Pangan Berbasis Lora di Desa Kalipadang-Benjeng Gresik," *Jurnal Pengabdian Nasional (JPN) Indonesia*, vol. 5, 2024.
- [10] M. Nizam, H. Yuana, and Z. Wulansari, "MIKROKONTROLER ESP 32 SEBAGAI ALAT MONITORING PINTU BERBASIS WEB," *Jurnal Mahasiswa Teknik Elektronika*, vol. 6, no. 2, 2022.