

Rancang Bangun Komunikasi kWh Meter 1 Fasa Berbasis IoT Menggunakan LoRa

1st Naufal Ghani Ramadhan

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

naufalghani@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Muhammad Ary Murti

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

arymurti@telkomuniversity.ac.id

3rd Azam Zamhuri Fuadi

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

azamzamhurifuadi@telkomuniversity.ac.id

Abstrak— Penggunaan listrik saat ini dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari, contohnya untuk kamar kost. Seringkali pembayaran biaya listrik disamakan, bisa saja pemakaian listriknya berbeda. Selain itu, dapat terjadi kelebihan pemakaian energi listrik yang sulit dikendalikan. Hal ini terjadi karena tidak diketahui berapa energi listrik yang dipakai setiap kamarnya. Perangkat ini dibuat untuk melihat pemakaian energi listrik yang digunakan dan membatasi pemakaian listrik dengan memutus beban listrik dengan menggunakan sebuah aplikasi smartphone. Hasil komunikasi ke IoT Platform Antares dengan menggunakan LoRa mendapat nilai rata-rata parameter sinyal RSSI untuk pengiriman uplink data total di Lab P303 sebesar -82,08 dBm dan di Selasar Lantai 1 Gedung P sebesar -100,33 dBm, parameter SNR uplink data total di Lab P303 sebesar 9,12 dB dan di Selasar Lantai 1 Gedung P sebesar 5,54 dB, dan parameter delay uplink data total di Lab P303 sebesar 0,622 s dan di Selasar Lantai 1 Gedung P sebesar 0,6223 s. Untuk downlink data perintah pembatasan listrik diterima dengan rata-rata delay 3,789 s di Lab P303 dan di Selasar Lantai 1 Gedung P 3,002 s.

Kata kunci— kelistrikan, kWh meter 1 fasa, internet of things, LoRa

I. PENDAHULUAN

Energi listrik dibutuhkan manusia untuk dipakai dalam kehidupan sehari-hari. Salah satu contohnya digunakan di kamar kost. Sering kali pemilik kost menetapkan biaya listrik yang sama untuk setiap kamar, padahal pemakaian listrik antar kamar bisa saja berbeda dan menyebabkan adanya perselisihan dengan penghuni kost karena harus membayar tarif yang sama sementara pemakaian listrik yang dipakai berbeda [1]. Selain itu, dapat terjadi pemakaian listrik yang berlebih, ketika belum membayar tagihan listrik tetapi masih bisa menggunakan listrik [2].

Saat ini, teknologi *Internet of Things (IoT)* berkembang pesat dan mulai diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari. Contoh penerapannya adalah monitoring beban listrik menggunakan *Internet of Things (IoT)* [3]. Dengan menggunakan *Internet of Things* perangkat fisik yang terhubung jaringan akan mengirimkan data dan diterima oleh user secara real-time. Data tersebut ditransmisikan dari satu titik ke titik lain tanpa adanya keterlibatan manusia [4][5]. LoRa merupakan salah satu teknologi *Low Power Wide Area Network (LPWAN)* yang digunakan dalam bidang *Internet of Things*. LoRa memiliki fitur penting yaitu memiliki jangkauan yang jauh, menggunakan kecepatan data rendah, dan konsumsi energi yang rendah. Selain itu, LoRa cocok untuk sistem pengukuran terdistribusi untuk IoT karena dapat mengumpulkan data dari banyak sensor dan juga menjadi solusi menarik untuk *Industrial Internet of Things (IIoT)* [6].

Berdasarkan permasalahan diatas, penulis akan merancang dan membuat komunikasi perangkat kWh-meter 1 Fasa LoRa berbasis *Internet of Things (IoT)* dengan menggunakan LoRa. Tujuan yang ingin dicapai adalah perangkat dapat mengetahui pemakaian beban listrik yang sedang digunakan dan menerapkan sistem pembatasan pemakaian listrik. Data pemakaian listrik yang ingin diketahui meliputi nilai tegangan (V), arus (A), daya aktif (W), daya semu (VA), daya reaktif (VAR), faktor daya dan energi listrik yang dipakai (kWh). Data tersebut dikirimkan ke *IoT Platform Antares* menggunakan jaringan gateway LoRaWAN Antares. Pembatasan pemakaian energi listrik menggunakan aplikasi smartphone berbasis *Internet of Things (IoT)* dan terdapat peringatan ketika beban listrik diputus.

II. KAJIAN TEORI

A. Penelitian Terdahulu

Pada penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Nurhadi [7]. Penelitian tersebut melakukan monitoring data kWh-meter 3 fasa menggunakan komunikasi LoRa. Penelitian sejenis yang dilakukan oleh Mustika dkk. [8]. Penelitian ini membuat sebuah perangkat *smart energy meter* dengan menggunakan LoRaWAN untuk *monitoring* penggunaan energi listrik 3 fasa di area kampus. *Smart energy meter* juga dikembangkan oleh Othman dan Zakaria [9]. Penelitian tersebut menampilkan hasil *monitoring smart energy meter* masih menggunakan WiFi dan aplikasi Blynk. Penelitian serupa yang dilakukan oleh Furqon dkk. [10] membuat sistem monitoring dan kendali beban listrik pada rumah kost dengan menggunakan NodeMCU dan Aplikasi Android. Penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh Wibisono dan Suryati [2], adalah menggunakan mikrokontroler Arduino dan modul GSM digunakan untuk memutus aliran listrik dengan mengaktifkan *relay* dan kontaktor.

B. Perangkat kWh Meter

Perangkat kWh meter adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengukur energi listrik yang dipakai oleh konsumen seperti perumahan, perkantoran atau industri. Energi listrik tersebut dihitung persatuan jam [11]. kWh meter memiliki 2 tipe berdasarkan pemakaiannya yaitu, kWh meter 1 fasa menggunakan 1 kabel fasa dan 1 kabel netral dengan tegangan 220V dan kWh meter 3 fasa menggunakan 3 kabel fasa dan 1 kabel netral dengan tegangan 380V. kWh meter 1 fasa biasa digunakan untuk perumahan dan kWh 3 fasa digunakan pada industri dengan daya besar [12][13].

Ada dua jenis kWh meter yang dipakai saat ini, yaitu kWh meter pascabayar atau biasa disebut kWh meter analog dan kWh meter prabayar atau saat ini dikenal kWh meter digital. kWh meter digital merupakan suatu alat ukur besaran listrik yang bekerja berdasarkan prinsip elektronik (pulsa). Indikator pemakaian kWh meter elektronik adalah LED indikator yang berkedip. Konstanta pada kWh meter elektronik adalah Pulse/kWh. Prinsip kerja kWh meter digital yaitu membaca sinyal analog tegangan dan arus lalu dikonversi menjadi sinyal digital menggunakan ADC. Setelah itu sinyal digital diproses untuk dihitung daya listrik rata-rata dengan proses multiplikasi bilangan biner antara arus dan tegangan, kemudian konsumsi daya listrik didapatkan dari proses akumulasi daya listrik setiap selang waktu [11][14].

C. Internet of Things

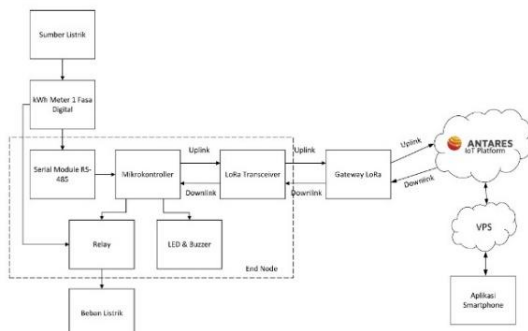
Internet of Things (IoT) merupakan konsep jaringan yang memungkinkan berbagai perangkat untuk saling berkomunikasi [15]. Teknologi IoT ini memungkinkan untuk mengontrol dan memantau obyek dari jarak jauh dengan menggunakan jaringan internet. IoT umumnya beroperasi pada 3 layer yaitu Perception Layer, Network Layer, & Application Layer [16].

D. LoRa

LoRa merupakan perangkat physical layer digunakan untuk membuat hubungan komunikasi jarak jauh. LoRa juga termasuk salah satu teknologi LPWAN (Low Power Wide Area Network) karena memberikan kecepatan data yang sangat rendah, tetapi mendukung area yang luas [6]. LoRa menggunakan chirp spread spectrum modulation yang memiliki sinyal frekuensi yang dapat meningkat atau menurun seiring waktu dan kebutuhan daya transmisi yang dipakai rendah. LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) merupakan arsitektur jaringan dan protokol komunikasi yang dipakai LoRa. Spesifikasi LoRaWAN distandarisasi dan bersumber terbuka oleh LoRa Alliance [17]. Perangkat LoRa itu sendiri menggunakan pita frekuensi ISM pada frekuensi 868 MHz untuk Eropa, 915 MHz untuk Amerika Utara, dan 433 MHz untuk Asia. Untuk komunikasi jarak jauh didapatkan hingga 10-40 km di daerah pedesaan dan 1-5 km di daerah perkotaan [4].

III. METODE

A. Diagram Blok

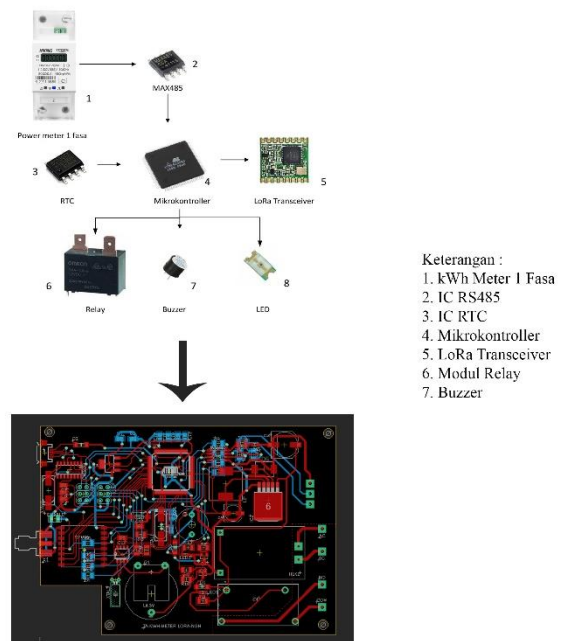


GAMBAR 1 Diagram Blok Sistem

Pada Gambar 1 ditunjukkan diagram blok sistem perangkat yang dibuat. Perangkat kWh meter 1 fasa digital digunakan untuk mengukur pemakaian energi listrik berupa data nilai tegangan (V), arus (A), daya aktif (W), daya semu (VA), daya reaktif (VAR), faktor daya dan energi listrik yang dipakai (kWh). Data tersebut akan dibaca menggunakan perangkat PCB yang terintegrasi dengan modul komunikasi serial Modbus RS-485 yang terhubung dengan mikrokontroler, kemudian hasil pembacaan data kWh meter digital akan dikirimkan (uplink) ke gateway menggunakan modul komunikasi LoRa. Setelah itu dari gateway akan diteruskan ke IoT Platform Antares. Aplikasi smartphone berfungsi untuk menampilkan data kWh meter digital yang telah tersimpan di IoT Platform Antares.

Perangkat ini memiliki sistem pembatasan pemakaian energi listrik dengan adanya perintah pemutusan pemakaian listrik yang ditentukan pemilik kost dengan menggunakan aplikasi smartphone. Kemudian, gateway akan menerima (downlink) perintah pemutusan energi listrik untuk diteruskan ke mikrokontroler. Mikrokontroler akan mengaktifkan relay untuk memutus beban listrik dan mengaktifkan LED & buzzer sebagai peringatan untuk menunjukkan bahwa pemakaian listrik telah diputus.

B. Desain Perangkat Keras

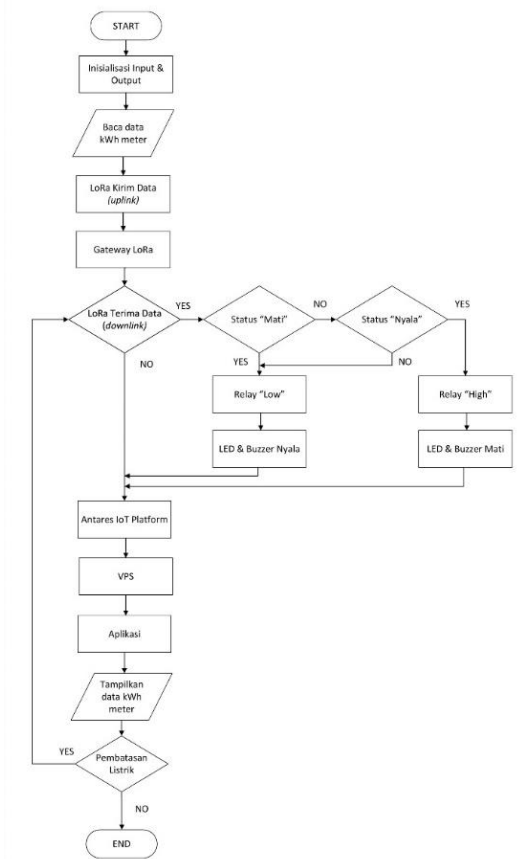


GAMBAR 2 Desain Perangkat Keras

Pada Gambar 2 ditunjukkan desain perangkat keras yang akan dibuat untuk membaca kWh meter 1 fasa digital. Mikrokontroler digunakan untuk membaca data kWh meter dengan modul serial Modbus RS485. Modul LoRa Transceiver digunakan untuk mengirimkan data kWh meter ke IoT Platform dan menerima perintah pembatasan listrik. Relay digunakan untuk memutus beban listrik ketika menerima pembatasan listrik. Buzzer dan LED digunakan untuk peringatan ketika pemakaian listrik diputus. Perangkat keras akan dibuat terintegrasi dalam satu PCB. Desain board PCB memiliki dimensi 11 cm x 8 cm dengan menggunakan bahan Epoxy (FR4). Jalur routing yang dibuat menggunakan

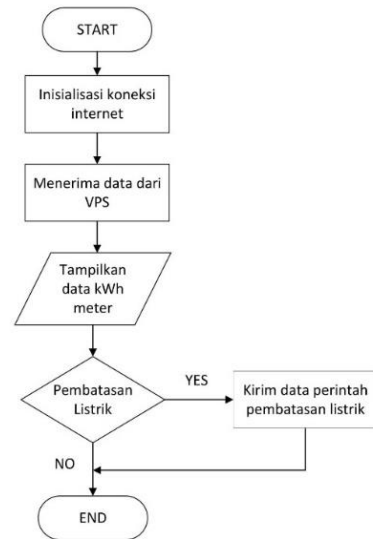
double layer, dengan jalur warna merah merupakan top layer dan jalur warna biru merupakan bottom layer.

C. Diagram Alir



GAMBAR 3 Diagram Alir Perangkat PCB

Pada Gambar 3 ditunjukkan diagram alir pemrograman dari perangkat end node. Pertama, saat sistem dimulai akan melakukan inisialisasi perangkat input & output. Mikrokontroler dan modul Modbus serial RS-485 akan membaca register dari kWh meter untuk didapatkan data pemakaian energi listrik. Data yang telah dibaca akan dikirimkan ke gateway LoRa menggunakan perangkat LoRa. Gateway LoRa akan menerima data kemudian dikirimkan ke Antares IoT Platform untuk disimpan. Data yang tersimpan di Antares IoT Platform dikirimkan ke VPS untuk di olah. Aplikasi smartphone digunakan untuk menampilkan data yang diolah pada VPS. Aplikasi smartphone juga digunakan untuk mengirimkan perintah pembatasan listrik. Data perintah pembatasan listrik dikirimkan melalui gateway LoRa, kemudian diterima oleh perangkat komunikasi LoRa. Jika dikirimkan perintah “mati” maka kondisi relay menjadi “low” atau tidak ada aliran listrik dan LED & buzzer berubah menjadi aktif, ketika dikirimkan perintah “nyala” maka kondisi relay berubah menjadi “high” atau teraliri dengan listrik dan LED & buzzer mati. Pemrograman menggunakan aplikasi Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C.



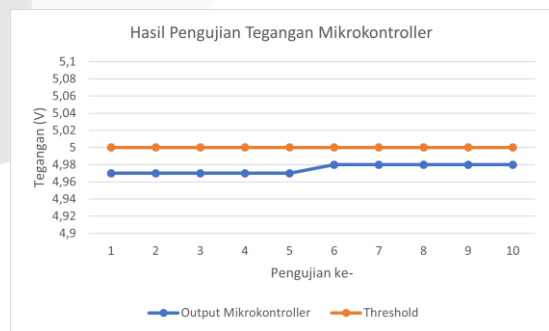
GAMBAR 4 Diagram Alir Aplikasi

Pada Gambar 4 ditunjukkan diagram alir aplikasi smartphone. Pertama, saat aplikasi dioperasikan akan mencoba koneksi internet untuk dapat berkomunikasi dengan VPS untuk mengambil data. Setelah data berhasil diterima akan ditampilkan di aplikasi. Kemudian jika akan melakukan pembatasan pemakaian listrik akan mengirimkan perintah pembatasan ke gateway LoRa lalu diteruskan ke mikrokontroler untuk digunakan mengendalikan relay. Aplikasi smartphone yang digunakan merupakan aplikasi yang sudah tersedia dan berbasis Android.

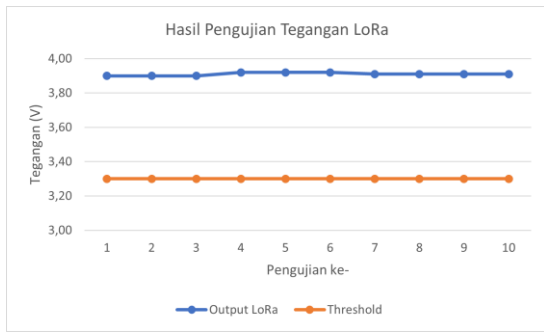
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Blok Rangkaian PCB

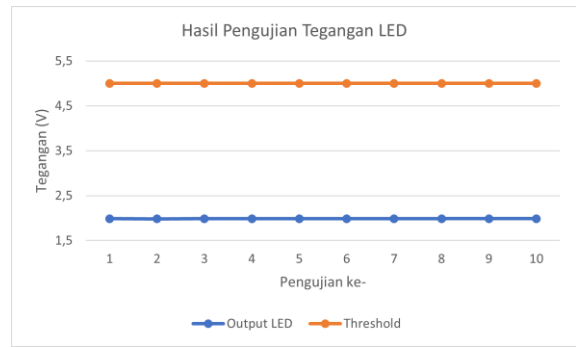
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui setiap blok rangkaian PCB dapat berfungsi sesuai dengan yang dibutuhkan. Pengujian yang dilakukan adalah mengukur tegangan pada setiap blok rangkaian PCB sebanyak 10 kali. Hasil pengujian setiap blok rangkaian PCB akan ditampilkan dalam bentuk grafik berikut :



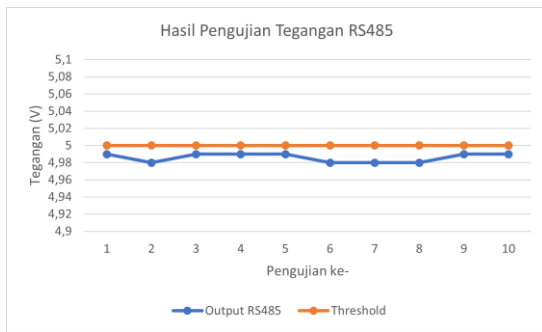
GAMBAR 5 Grafik Pengujian Tegangan Mikrokontroler



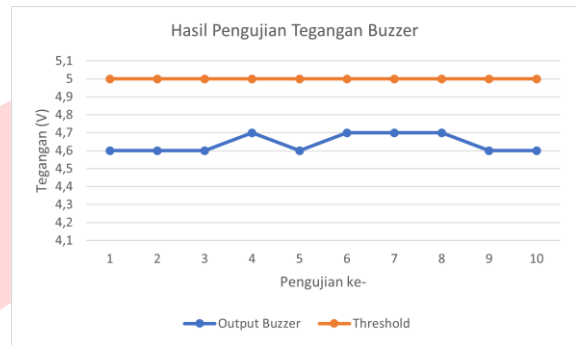
GAMBAR 6 Grafik Pengujian Tegangan LoRa



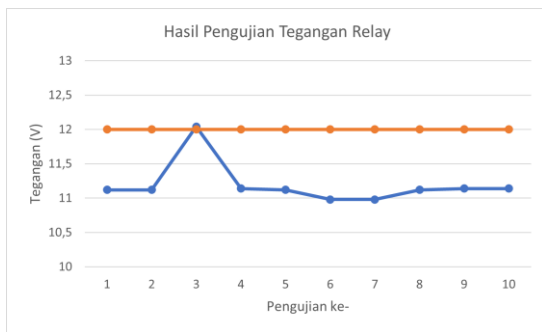
GAMBAR 11 Grafik Pengujian Tegangan LED



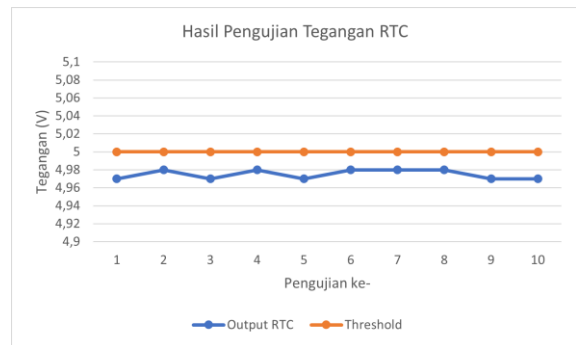
GAMBAR 7 Grafik Pengujian Tegangan RS485



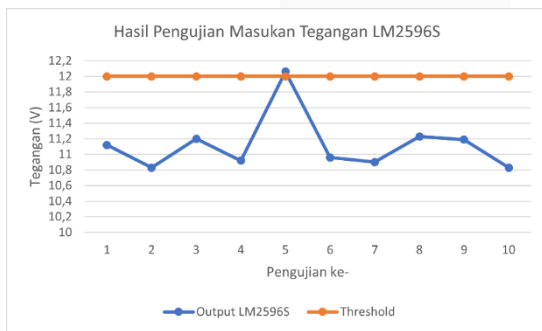
GAMBAR 12 Grafik Pengujian Tegangan Buzzer



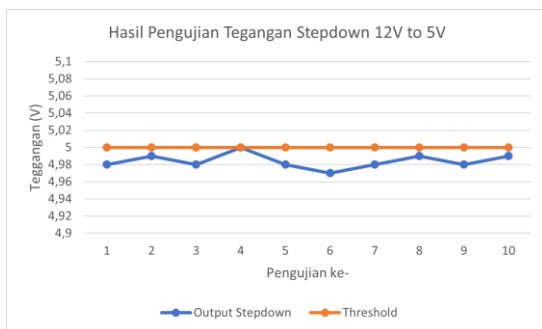
GAMBAR 8 Grafik Pengujian Tegangan Relay



GAMBAR 13 Grafik Pengujian Tegangan RTC



GAMBAR 9 Grafik Pengujian Tegangan LM2596S

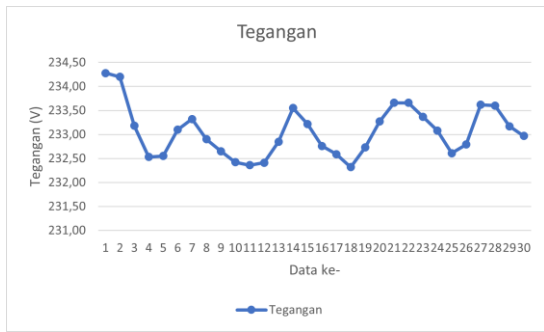


GAMBAR 10 Grafik Pengujian Tegangan Stepdown 12V to 5V

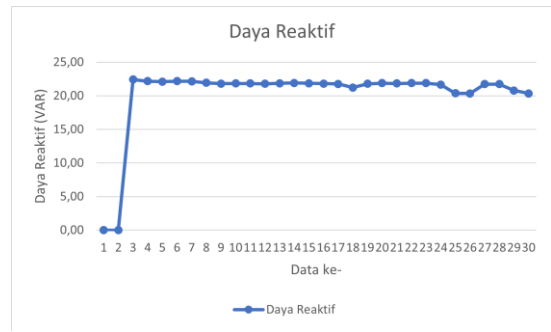
Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, diketahui bahwa semua blok rangkaian PCB terdapat tegangan yang mendekati *threshold*. Hal ini menunjukkan bahwa seluruh komponen blok rangkaian PCB berfungsi dengan normal.

B. Pengujian Pembacaan Data kWh Meter 1 Fasa

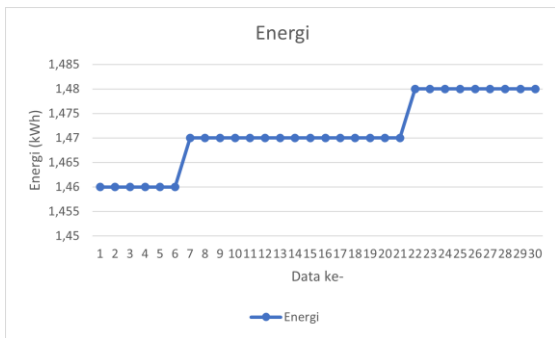
Pengujian ini dilakukan untuk membaca data pengukuran besaran listrik perangkat kWh meter 1 fasa dan data dikirimkan ke IoT Platform Antares. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan kWh meter 1 fasa dengan modul serial RS485 perangkat kWh meter 1 fasa LoRa. Pengukuran besaran listrik diambil 30 data dengan interval pembacaan setiap 2 menit. Beban listrik yang digunakan saat pengujian adalah kipas angin dengan daya 22 watt dan lampu LED dengan daya 5 watt. Berikut ini merupakan grafik pembacaan pengukuran listrik :



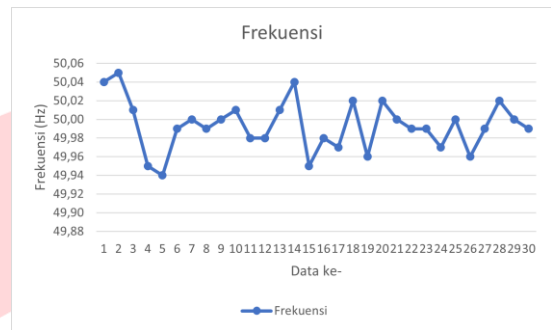
GAMBAR 14 Grafik Tampilan Tegangan



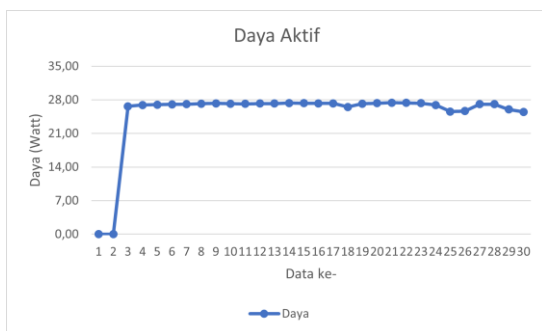
GAMBAR 19 Grafik Tampilan Daya Reaktif



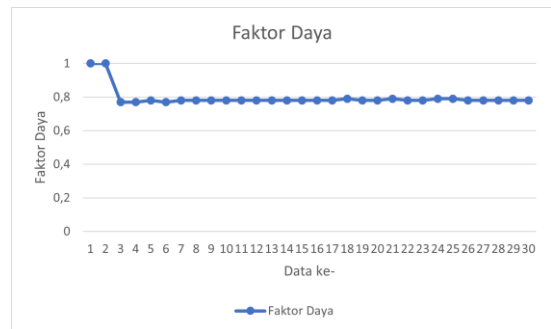
GAMBAR 15 Grafik Tampilan Energi



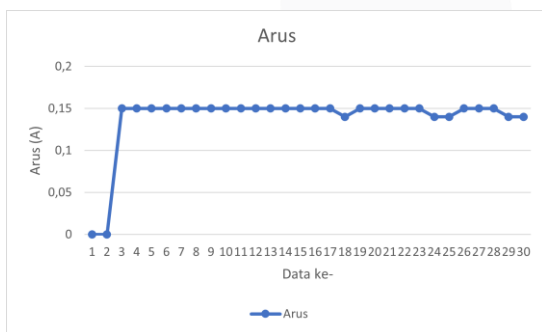
GAMBAR 20 Grafik Tampilan Frekuensi



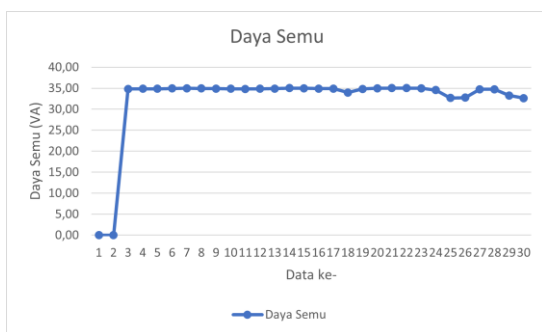
GAMBAR 16 Grafik Tampilan Daya Aktif



GAMBAR 21 Grafik Tampilan Faktor Daya



GAMBAR 17 Grafik Tampilan Arus



GAMBAR 18 Grafik Tampilan Daya Semu

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, pada perangkat yang telah dibuat dapat melakukan pembacaan data besaran listrik kWh meter 1 fasa menggunakan komunikasi serial RS-485.

C. Pengujian Kualitas Jaringan LoRa

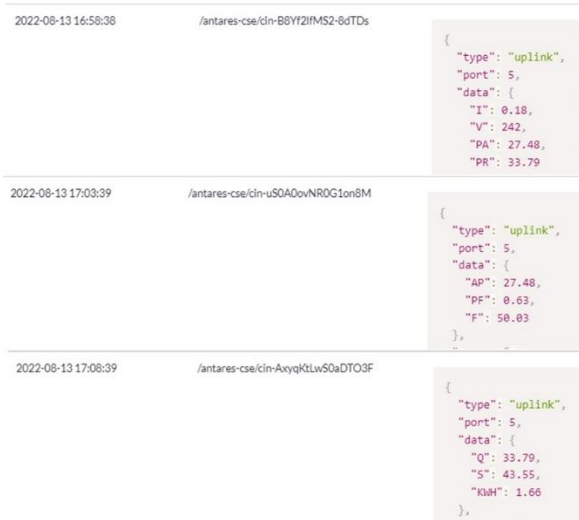
Pada pengujian ini akan menggunakan parameter yang ditunjukkan oleh tabel dibawah :

TABEL 1 Parameter Pengujian LoRa

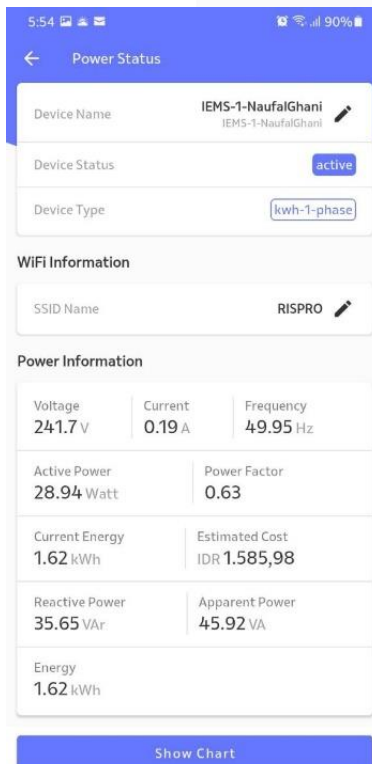
Parameter	Nilai
Frekuensi	920 – 923 MHz
Spreading Factor	10
Bandwidth	125 KHz

Pengujian yang dilakukan adalah uplink data dan downlink dengan scenario pengiriman data setiap 2 menit sekali. Lokasi pengujian dilakukan di lokasi yang berbeda, yaitu di Ruang Lab P303 dan Selasar Lantai 1 Gedung P Universitas Telkom.

Pada pengujian ini akan dilakukan skenario untuk uplink data. Data yang dikirim sebanyak 3 data pengiriman setiap 2 menit sekali dengan jeda pengiriman tiap datanya selama 15 detik. Data yang dikirim adalah Data 1 yang berisi data arus, tegangan, daya aktif dan daya reaktif listrik. Selanjutnya, Data 2 yang berisi data daya aktif, daya reaktif, dan frekuensi, Kemudian Data 3 yang berisi daya reaktif, data semu, dan energi listrik. Pengiriman dilakukan terpisah agar dapat diterima oleh VPS dan ditampilkan pada aplikasi smartphone.



GAMBAR 22 Tampilan Uplink Data Pada IoT Platform Antares

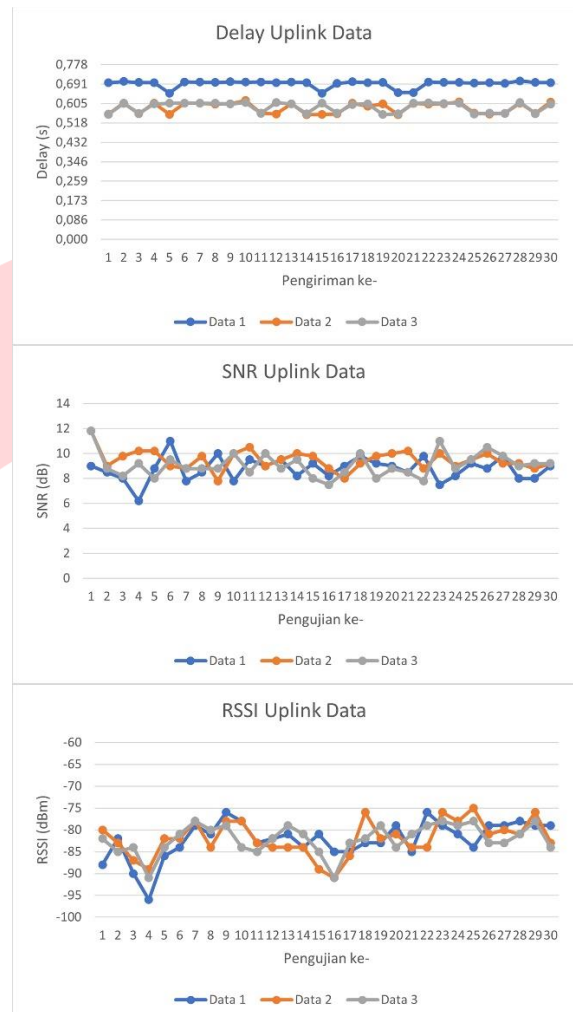


GAMBAR 23 Tampilan Uplink Data Pada Aplikasi Smartphone

Pengujian yang dilakukan di Ruang Lab P303 mendapatkan hasil packet loss, delay, SNR, dan RSSI sebagai berikut :

TABEL 2 Packet Loss Uplink Data Lab P303

Data	Pengiriman Packet	Penerimaan Packet	Packet Loss(%)
Data 1	30	30	0
Data 2	30	30	0
Data 3	30	30	0

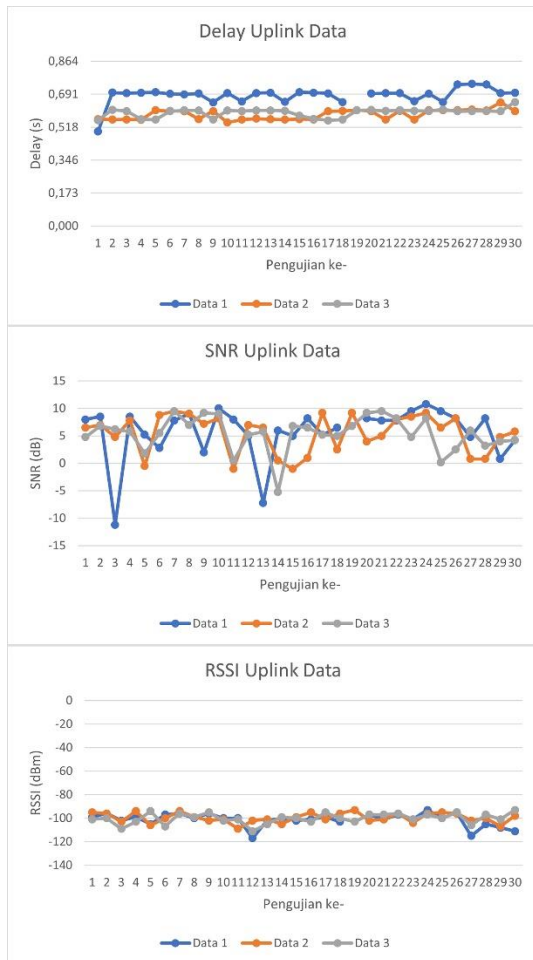


GAMBAR 24 Pengujian Delay, SNR, RSSI Uplink Data di Lab P303

Pengujian yang dilakukan di Selasar Lantai 1 Gedung P mendapatkan hasil packet loss, delay, SNR, dan RSSI sebagai berikut :

TABEL 3 Packet Loss Uplink Data Selasar Lantai 1 Gedung P

Data	Pengiriman Packet	Penerimaan Packet	Packet Loss(%)
Data 1	30	29	3,33
Data 2	30	30	0
Data 3	30	30	0

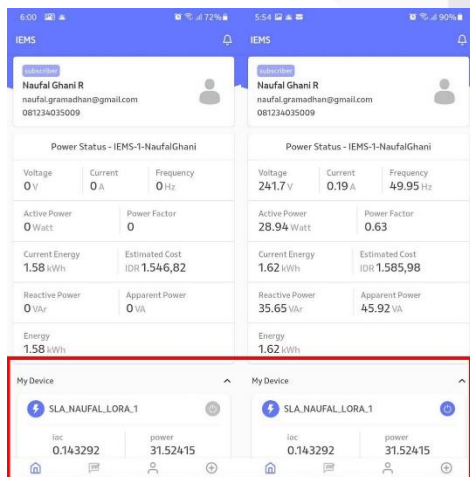


GAMBAR 25 Pengujian Delay, SNR, RSSI Uplink Data di Lab P303

Pengujian selanjutnya adalah downlink data dari IoT Platform Antares untuk menyalakan atau mematikan relay pada perangkat. Pengujian yang dilakukan adalah mengirimkan perintah ON dan OFF menggunakan aplikasi smartphone. Berikut ini merupakan perintah downlink data ketika dikirimkan dari aplikasi smartphone :

```

{"m2m:cin": {"con": "{\"type\":\"downlink\", \"data\":\"nyala\"}"}
{"m2m:cin": {"con": "{\"type\":\"downlink\", \"data\":\"mati\"}"}
    
```



GAMBAR 26 Tampilan Downlink Data Pada Aplikasi Smartphone

```

11:14:25.609 -> Received String : nyala
11:14:25.609 -> fport: 10 Ch: 0 Freq: 921400000
11:14:25.655 ->
11:14:25.655 -> nyala
11:14:25.700 -> STATUS : RELAY ON
11:16:27.328 -> Received String : mati
11:16:27.328 -> fport: 10 Ch: 0 Freq: 921400000
11:16:27.373 ->
11:16:27.373 -> mati
11:16:27.373 -> STATUS : RELAY OFF
    
```

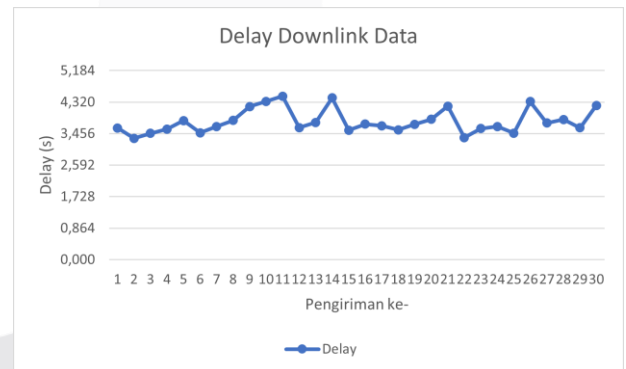
GAMBAR 27 Tampilan Perintah Downlink Data Yang Diterima Perangkat PCB

Perintah downlink data yang dikirim dari aplikasi smartphone akan disimpan di IoT Platform Antares. Selanjutnya, perintah downlink data akan dikirimkan ke perangkat PCB.

Pengujian yang dilakukan di Ruang Lab P303 mendapatkan hasil packet loss, dan delay sebagai berikut :

TABEL 4 Packet Loss Downlink Data Lab P303

Data	Pengiriman Packet	Penerimaan Packet	Packet Loss(%)
Downlink Data	30	30	0 %

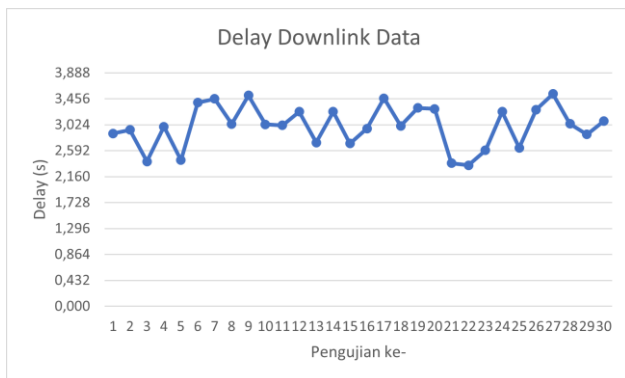


GAMBAR 28 Pengujian Delay Downlink Data di Lab P303

Pengujian yang dilakukan di Selasar Lantai 1 Gedung P mendapatkan hasil packet loss, dan delay sebagai berikut :

TABEL 5 Packet Loss Downlink Data Selasar Lantai 1 Gedung P

Data	Pengiriman Packet	Penerimaan Packet	Packet Loss(%)
Downlink Data	30	30	0 %



GAMBAR 29 Pengujian Delay Downlink Data di Selasar Lantai 1 Gedung P

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan sistem, pengujian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

- Perancangan perangkat dibuat dalam rangkaian PCB yang terdapat blok komponen mikrokontroller, modul LoRa, serial RS485, powersupply stepdown, led, buzzer & RTC dengan hasil pengujian normal.
- Hasil pengujian parameter RSSI pengiriman uplink data total di Lab P303 mendapat nilai rata-rata -82,08 dBm dan di Selasar Lantai 1 Gedung P mendapat nilai rata-rata -100,33 dBm.
- Hasil pengujian parameter SNR pengiriman uplink data total di Lab P303 mendapat nilai rata-rata 9,12 dB dan di Selasar Lantai 1 Gedung P mendapat nilai rata-rata 5,54 dB.
- Hasil pengujian parameter delay pengiriman uplink data total di Lab P303 mendapat nilai rata-rata 0,622 s, tidak ada packet loss dan di Selasar Lantai 1 Gedung P mendapat nilai rata-rata 0,6223 s, dengan packet loss 3,33%
- Perintah on dan off akan diterima dengan downlink data pada perangkat yang berada di Lab P303 dengan rata-rata delay penerimaan packet 3,789 s dan di Selasar Lantai 1 Gedung P dengan rata-rata delay penerimaan packet 3,002 s, tidak ada packet loss.

REFERENSI

- [1] Y. I. Inasa, B. P. Lapanoro, and I. Sanubary, "Rancang Bangun Alat Kontrol Pemakaian Energi Listrik Berbasis Mikrokontroler Atmega 328P pada Rumah Indekos," *Prism. Fis. Vol. 6, No. 3 (2018)*, Hal. 220 - 227, vol. 6, no. 3, pp. 220–227, 2018.
- [2] G. Wibisono and E. Suryati, "Machine to machine application as KWh meter controlling," *2017 15th Int. Conf. Qual. Res. Int. Symp. Electr. Comput. Eng.*, pp. 425–428, 2017, doi: 10.1109/QIR.2017.8168523.
- [3] A. D. Pangestu, F. Ardianto, and B. Alfaresi, "Sistem Monitoring Beban Listrik Berbasis Arduino NodeMCU ESP8266," *J. Ampere*, vol. 4, no. 1, pp. 187–197, 2019, doi: 10.31851/ampere.v4i1.2745.
- [4] X. Zhang, M. Zhang, F. Meng, Y. Qiao, S. Xu, and S. Hour, "A Low-Power Wide-Area Network Information Monitoring System by Combining NB-IoT and LoRa," *IEEE Internet Things J.*, vol. 6, no. 1, pp. 590–598, 2019, doi: 10.1109/JIOT.2018.2847702.
- [5] A. Alshamsi, Y. Anwar, M. Almulla, M. Aldhoori, N. Hamad, and M. Awad, "Monitoring pollution: Applying IoT to create a smart environment," *2017 Int. Conf. Electr. Comput. Technol. Appl. ICECTA 2017*, pp. 1–4, 2017, doi: 10.1109/ICECTA.2017.8251998.
- [6] L. Leonardi, F. Battaglia, and L. Lo Bello, "RT-LoRa: A Medium Access Strategy to Support Real-Time Flows Over LoRa-Based Networks for Industrial IoT Applications," *IEEE Internet Things J.*, vol. 6, no. 6, pp. 10812–10823, 2019, doi: 10.1109/JIOT.2019.2942776.
- [7] A. A. Nurhadi, D. Darlis, and M. A. Murti, "RANCANG BANGUN KWH METER IOT 3 FASA BERBASIS LORA," *Proyek Akhir Program Studi D3 Teknik Telekomunikasi Universitas Telkom*, 2021.
- [8] I. W. Mustika, W. J. Anggoro, E. Maulana, and F. Y. Zulkifli, "Development of Smart Energy Meter Based on LoRaWAN in Campus Area," *2020 3rd Int. Semin. Res. Inf. Technol. Intell. Syst. ISRITI 2020*, pp. 209–214, 2020, doi: 10.1109/ISRITI51436.2020.9315511.
- [9] A. Othman and N. H. Zakaria, "Energy Meter based Wireless Monitoring System using Blynk Application via smartphone," *IEEE Int. Conf. Artif. Intell. Eng. Technol. IICAIET 2020*, 2020, doi: 10.1109/IICAIET49801.2020.9257827.
- [10] A. Furqon, A. B. Prasetijo, and E. D. Widiyanto, "Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Kendali Daya Listrik pada Rumah Kos Menggunakan NodeMCU dan Firebase Berbasis Android," *Techné J. Ilm. Elektrotek.*, vol. 18, no. 02, pp. 93–104, 2019, doi: 10.31358/techné.v18i02.202.
- [11] D. Gunawan, D. Erwanto, and Y. Shalahuddin, "Studi Komparasi Kwh Meter Pascabayar Dengan Kwh Meter Prabayar Tentang Akurasi Pengukuran Terhadap Tarif Listrik Yang Bervariasi," *Setrum Sist. Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, vol. 7, no. 1, p. 158, 2018, doi: 10.36055/setrum.v7i1.3408.
- [12] B. S. Wibisana and A. Rahardjo, "Analisis Perbandingan Pembacaan Kwh Meter Analog Dengan kWh Meter Digital Pada Ketidakseimbangan Beban," *Skripsi UI*, 2008.
- [13] Prima Teknik System, "Pengertian Listrik 1 Phase dan 3 Phase," 2018. <https://primatekniksystem.com/artikel/pengertian-listrik-1-phase-dan-3-phase> (accessed Oct. 30, 2021).
- [14] G. P. A. Irawan, S. Nisworo, and D. Pravitasari, "Studi Variasi Wiring kWh Meter Elektronik Tiga Fasa," *Skripsi, Univ. Tidar*, 2017, [Online]. Available: <http://repositori.untidar.ac.id/repositori/index.php?p=fstream-pdf&fid=47&bid=7322>.
- [15] A. Rahman and M. Suryanegara, "The development of IoT LoRa: A performance evaluation on LoS and

- Non-LoS environment at 915 MHz ISM frequency,” *Proc. - Int. Conf. Signals Syst. ICSigSys 2017*, pp. 163–167, 2017, doi: 10.1109/ICSIGSYS.2017.7967033.
- [16] R. Mahmoud, T. Yousuf, F. Aloul, and I. Zualkernan, “Internet of things (IoT) security: Current status, challenges and prospective measures,” *2015 10th Int. Conf. Internet Technol. Secur. Trans. ICITST 2015*, pp. 336–341, 2016, doi: 10.1109/ICITST.2015.7412116.
- [17] S. Devalal and K. Iot, “LoRa technology-an overview,” *2018 Second Int. Conf. Electron. Commun. Aerosp. Technol.*, no. Iceca, pp. 284–290, 2018.

