

Peningkatan Kemampuan Protokol Komunikasi Jaringan Monitoring Energi Listrik Di Politeknik Negeri Samarinda

Prihadi Murdiyat¹, Abdul Hamid Kurniawan², Marson Ady Putra³

^{1,2,3} Teknik Elektro, Politeknik Negeri Samarinda

Jln. Dr. Ciptomangunkusumo, Samarinda 75131 INDONESIA

Email: ¹pmurdiyat@polnes.ac.id

Abstract- An electricity energy consumption monitoring network developed in Politeknik Negeri Samarinda (Polnes) has been applied at five buildings since 2020, and experienced running test for almost two years. While the system has never been maintained, it still works properly and only requires a microcontroller replacement. Nevertheless, the system capability is required to enhance. A way to improve is by modifying the previous simplex communication into half duplex. This change may expand the system function as the operator could send enquiry to obtain any electricity parameter rather than only receive the predefined parameters. Even, the operator could control the actuator. The method employed in this research includes communication protocol modification, data packet modification, SN and gateway programming, testing and data analysis. Evaluation is performed with each of server, gateway, and SN initiate three messages comprising sending current, voltage, power, and energy. The result shows that such nine messages provide expected mechanism.

Abstrak- Jaringan monitoring penggunaan energi listrik yang dikembangkan Politeknik Negeri Samarinda (Polnes) telah dipasang di lima gedung dalam kampus Polnes sejak tahun 2020 dan menjalani *running test* selama hampir dua tahun. Walaupun hampir tidak pernah menjalani perawatan, sistem ini secara umum bekerja dengan baik dan hanya mengalami penggantian satu unit mikrokontroler. Walaupun demikian, kemampuan sistem ini perlu terus ditingkatkan antara lain dengan mengubah pola komunikasi yang awalnya searah menjadi dua arah. Perubahan pola ini akan meningkatkan kemampuan jaringan karena operator tidak hanya bisa mendapatkan data yang dikirim secara reguler oleh unit-unit *sensor node* (SN) tetapi juga mampu mengatur data apa yang diinginkan, bahkan mampu mengatur aktuator yang diletakkan pada SN. Metode yang dilakukan pada penelitian ini meliputi modifikasi mekanisme protokol komunikasi, modifikasi paket data, pemrograman gateway dan SN, dilanjutkan dengan pengujian, dan analisa hasilnya. Pengujian dilakukan dengan cara server, gateway, dan SN masing-masing sebagai inisiator tiga pesan yang berbeda. Pesan-pesan tersebut tersebut antara lain mengirim data arus, tegangan, daya, energy. Hasil pengujian terhadap sembilan pesan tersebut menghasilkan mekanisme yang sesuai dengan perencanaan.

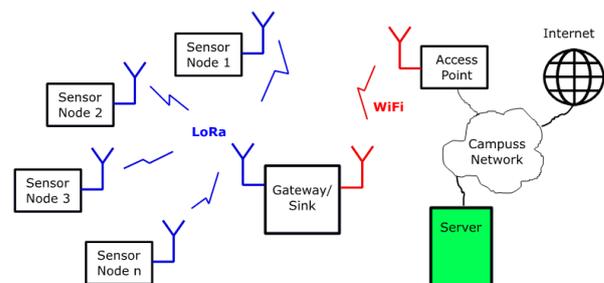
Kata Kunci: Jaringan Monitoring, Komunikasi satu arah, Komunikasi dua arah, Protokol komunikasi, Paket data.

I. PENDAHULUAN

Untuk mengukur seberapa efisien usaha penghematan listrik di Politeknik Negeri Samarinda (Polnes), sebuah sistem jaringan monitoring energi listrik telah dibangun untuk

mengukur karakteristik dan besar penggunaan energi listrik di tiap gedung dalam dalam kampus Polnes. Penelitian yang diawali dengan karya skripsi mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Polnes pada pertengahan tahun 2020 [1] telah menjalani proses *running test* hingga saat ini.

Arsitektur jaringan monitoring energi listrik di Politeknik Negeri Samarinda terdiri dari beberapa unit sensor node (SN), sebuah sink/gateway, dan sebuah server seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Unit-unit SN inilah yang dipasang di dekat panel utama gedung untuk mengukur parameter-parameter listrik seperti: tegangan, arus, frekuensi, daya, faktor daya, dan energi tiap fasa dari tiga fasa R, S, dan T. Data-data tersebut ditampilkan tiap dua detik pada layar liquid crystal display (LCD) yang terdapat di unit SN. Selain itu, SN juga mengirim data penggunaan energi (kWh) dan daya tiap fasa ke unit gateway. Pengiriman paket data dilakukan setiap setengah jam. Media komunikasi yang digunakan untuk pengiriman paket data dari SN ke gateway adalah radio dengan menggunakan teknologi komunikasi long range (LoRa) [2].



Gambar 1. Diagram jaringan monitoring energi listrik

Paket data yang diterima oleh *gateway* dikirim ke *server* milik Jurusan Teknik Elektro melalui jaringan internet dalam kampus. Karena *gateway* dipasang di ruangan praktek Mikroprosesor, Laboratorium Jurusan Teknik Elektro, maka koneksi antara *gateway* dengan *server* dilakukan dengan menggunakan teknologi WiFi [3] melalui perangkat *access point* (AP) yang terdapat di Laboratorium Teknik Elektro. Bentuk nyata SN dan *gateway* yang sudah terpasang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Bentuk SN dan gateway

Setelah dilakukan *running test* sejak 2020, secara teknis sistem masih bekerja dengan baik karena masih dapat menampilkan parameter-parameter listrik pada *display* di tiap SN, serta mengirim data-data ke *server*. Kerusakan perangkat keras pernah terjadi pada salah satu SN, tetapi dapat segera diatasi dengan penggantian modul mikrokontroler.

Walaupun sudah bekerja sesuai yang diharapkan, aliran data hanya terjadi pada satu arah saja, yaitu dari SN ke *server* melalui *gateway*. Akibatnya, *server* hanya mampu menerima data yang sudah ditentukan sebelumnya, dan tidak mampu meminta data parameter lain yang pada saat itu sangat diperlukan. Kondisi ini juga belum memenuhi syarat untuk menjadikan sistem tidak hanya untuk keperluan monitoring tetapi juga keperluan pengaturan/kontrol, misalnya melakukan pemadaman listrik di suatu gedung.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Untuk membandingkan penelitian ini dengan penelitian lain, perangkat pembaca konsumsi listrik secara otomatis telah lama dikenal sebagai *automatic meter reading system* (AMRS) [4]. Tetapi umumnya masih menggunakan metode *walk-by* atau *drive-by*, di mana juru catat berjalan atau mengendarai kendaraan sambil melewati rumah pelanggan tanpa perlu membaca alat ukur di rumah pelanggan karena data pengukuran terkirim melalui radio. Tetapi semakin berkembangnya teknologi telah menghasilkan AMRS yang mampu mengirim data pelanggan ke kantor pencatatan listrik. Hal ini dipacu dengan semakin mudahnya perangkat-perangkat elektronik, termasuk sensor, komputer, dan sistem mikroprosesor, yang ditambah lagi dengan pesatnya teknologi *internet of things* (IoT).

Saat ini sudah terdapat beberapa merek perangkat AMRS dengan harga yang masih cukup tinggi. Akibatnya masih banyak penelitian-penelitian dilakukan untuk mendapatkan komposisi perangkat dan teknologi yang murah untuk keperluan-keperluan yang berbeda seperti dilakukan di [5-8]. Penggunaan board mikrokontroler Arduino, modul WiFi, modul LoRa, GSM, menunjukkan usaha-usaha tersebut. Penelitian-penelitian yang ada umumnya fokus pada pelanggan perumahan sebagaimana yang dilakukan di [5-8]. Sehingga, kurang sesuai dengan karakteristik sistem yang diperlukan di Politeknik Negeri Samarinda. Oleh karena itu, berbekal penelitian dengan beberapa luaran [9-14], dilakukan penelitian berkelanjutan tentang jaringan monitoring dan kontroling, di

mana yang menjadi target awalnya adalah sistem monitoring listrik di kampus Politeknik Negeri Samarinda.

Pada penelitian ini, komunikasi antara SN dan gateway dipilih menggunakan teknologi radio yang disebut LoRa [2] karena mampu mencapai jarak yang lebih jauh dibanding teknologi radio serupa seperti WiFi [3] dan Blue tooth [15]. Komunikasi LoRa mampu mencapai jarak dalam orde kilometre pada kondisi *line of sight*. Kemampuannya ini membuatnya menjadi salah satu kandidat kuat pengembangan teknologi IoT.

III. METODE PENELITIAN

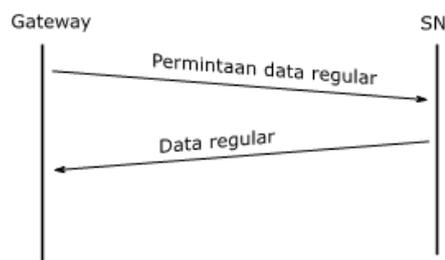
Fokus penelitian ini adalah restrukturisasi terhadap aliran data antara gateway dan sensor node (SN), mekanisme protocol pada gateway dan SN, susunan paket data yang digunakan, maka langkah-langkah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Studi pustaka
- Perancangan mekanisme aliran protokol untuk tiga jenis inisiator yang berbeda yaitu: server, gateway, dan SN.
- Perancangan mekanisme protokol pada gateway dalam merespon pesan dari tiga jenis inisiator.
- Perancangan mekanisme protokol pada SN dalam menanggapi pesan dari tiga jenis inisiator yang berbeda.
- Perancangan struktur paket data untuk pesan berupa perintah dan data.
- Pemrograman pada perangkat keras.
- Pengujian protokol hasil komunikasi.
- Analisa hasil pengujian dan penyusunan kesimpulan.

Indikator capaian dari penelitian ini adalah berhasilnya mekanisme protokol sesuai dengan yang direncanakan.

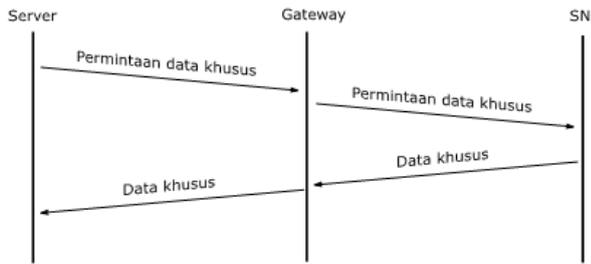
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam protokol komunikasi dua arah yang dikembangkan ini terdapat dua jenis komunikasi, yaitu antara server dengan gateway dan antara gateway dengan sensor node (SN). Inisiasi pertukaran data dapat dilakukan oleh server, gateway, atau SN. Karena gateway telah ditentukan sebagai host, maka sebagian besar komunikasi data yang terdapat dalam jaringan diinisiasi oleh gateway. Dalam hal ini, gateway meminta SN untuk mengirim data regular. Saat data diterima, gateway meneruskan data ke server. Bentuk alirannya ditunjukkan dalam Gambar 3.



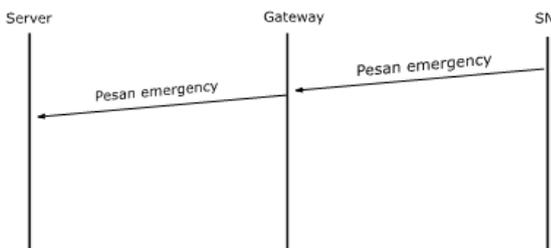
Gambar 3. Bentuk aliran data regular yang diinisiasi oleh gateway

Selain, inisiasi oleh *gateway*, *server* juga dapat melakukan inisiasi komunikasi data. Aktifitas ini dilakukan jika *server* menginginkan data tertentu yang tidak dikirimkan secara regular oleh SN melalui *gateway*. Bentuk aliran data yang diinisiasi oleh server ditunjukkan dalam Gambar 4.



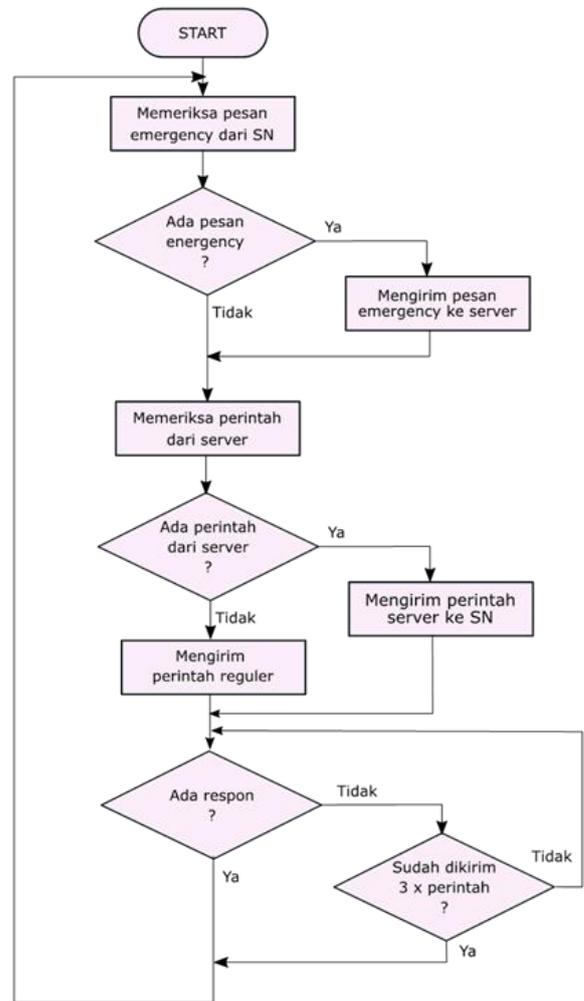
Gambar 4. Bentuk aliran data yang diinisiasi oleh server

Sementara itu, inisiasi pertukaran data yang dilakukan oleh SN hanya terjadi jika terdapat kondisi emergency, seperti hampir habisnya tegangan baterai (jika digunakan sebagai sumber tegangan satu-satunya) atau anomaly pada variabel tertentu. Pada kondisi ini, SN mengirim data ke gateway, dan gateway melanjutkannya server. Maka pengamat yang mendapatkan data dari server dapat menentukan keputusan tentang apa yang akan dilakukan untuk menyelesaikan masalah yang dilaporkan oleh SN. Bentuk aliran data yang diinisiasi oleh SN ditunjukkan dalam Gambar 5. Dari penjelasan di atas, prioritas inisiator komunikasi data, mulai dari tertinggi hingga terendah, secara berturut-turut adalah server, gateway, dan SN.



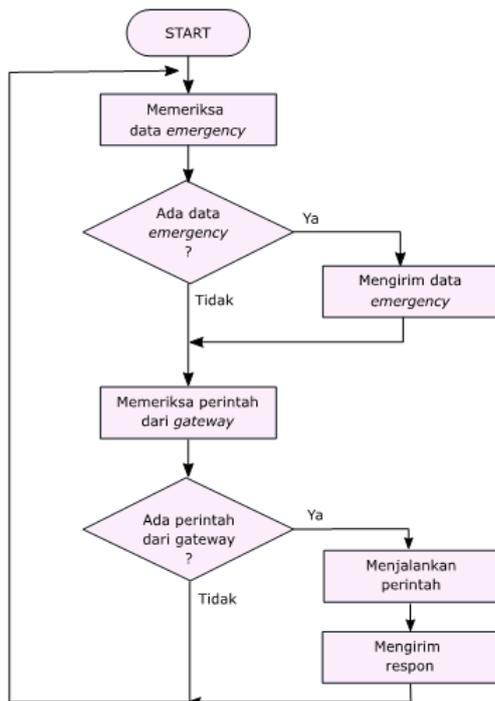
Gambar 5. Bentuk aliran data yang diinisiasi oleh SN

Dengan mekanisme aliran protokol yang telah dijelaskan di atas, maka flowchart protokol komunikasi yang terdapat pada gateway dapat ditunjukkan pada Gambar 6. Pada gambar tersebut tampak bahwa gateway pertama kali akan memeriksa apakah ada pesan emergency dari SN. Jika ada, maka gateway akan meneruskan pesan tersebut ke server. Selanjutnya, gateway akan memeriksa perintah dari server. Jika terdapat perintah, gateway akan mengirimkan perintah server ke SN. Sebagaimana telah dijelaskan di atas, perintah dari server umumnya adalah permintaan data non reguler/khusus atau perintah untuk mengaktifkan aktuator seperti saklar, valve, atau lainnya. Jika tidak menerima perintah dari server, gateway akan mengirim perintah reguler kepada SN. Baik setelah mengirim perintah dari server atau perintah reguler, gateway menunggu respon dari SN. Respon yang dikirim dapat berupa data yang diminta oleh gateway atau pernyataan bahwa perintah telah dikerjakan oleh SN. Jika tidak ada respon, gateway akan mengulanginya maksimal dua kali lagi. Jika tidak ada respon, gateway melanjutkan tugas lainnya.



Gambar 6. Flowchart protokol komunikasi di gateway

Berdasarkan penjelasan tentang protokol komunikasi antara gateway dan SN, maka flowchart protokol komunikasi di SN ditunjukkan dalam Gambar 7. Pada gambar tampak bahwa hal pertama yang dikerjakan oleh SN adalah memeriksa apakah ada data yang menunjukkan adanya situasi emergency atau tidak. Jika terdapat situasi emergency, maka pesan emergency dikirim ke gateway. Jika tidak terdapat situasi emergency, SN memeriksa apakah ada perintah dari gateway. Jika SN menerima perintah dari gateway, perintah tersebut akan dijalankan. Setelah itu, dikirimlah respon ke gateway.



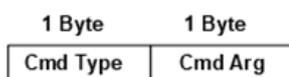
Gambar 7. Flowchart protokol komunikasi di SN

Secara umum, struktur paket data yang dikirim dari gateway ke SN atau sebaliknya ditunjukkan dalam Gambar 8. Pada gambar tampak bahwa 1 byte pertama digunakan menyatakan alamat perangkat yang dituju, sementara 1 byte kedua digunakan untuk menyatakan alamat sumber paket data. Selanjutnya disusun dengan 1 byte nomor paket dan 1 byte panjang bagian *payload*/isi paket. Panjang *payload* minimal adalah 2 byte. Perlu diketahui bahwa 1 byte berisi 8 bit data. Lebih jauh, *payload* dapat berisi perintah atau data.



Gambar 8. Struktur umum paket data

Gambar 9 menggambarkan rincian isi *payload* ketika paket yang dikirim merupakan perintah. Tampak bahwa *payload* hanya berisi 1 byte jenis/tipe perintah dan 1 byte argumen/penjelasan perintah. Daftar kode perintah dan argumennya tidak dapat ditunjukkan secara detail dalam laporan ini karena faktor kerahasiaan komunikasi dari sistem yang sudah dipasang. Namun perintah-perintah tersebut antara lain adalah perintah untuk mengirim daya listrik, energi listrik, tegangan, dan lain-lain. Jumlah area kode masih sedikit, sehingga masih dapat digunakan untuk membuat kode perintah-perintah lainnya.



Gambar 9. Susunan *payload* berisi perintah

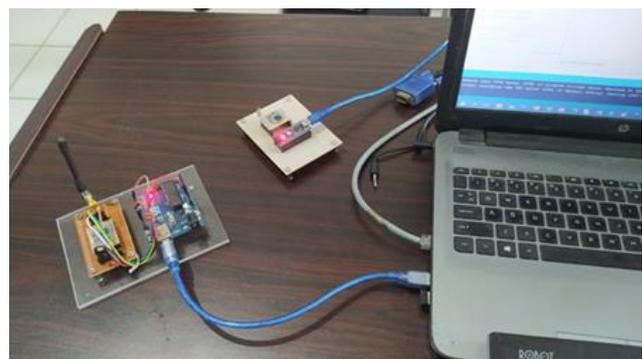
Rincian *payload* untuk data ditunjukkan pada Gambar 10. Tampak bahwa *payload* berisi deretan jenis/tipe data/parameter dan nilai parameter. Contoh tipe parameter adalah tegangan fasa R, tegangan fasa S, tegangan fasa T, arus fasa R, daya fasa

S, frekuensi fasa T, energi total, dan lain-lain. Sebagaimana pada perintah, kode untuk tiap tipe parameter tidak dapat dituliskan dalam laporan ini karena faktor kerahasiaan komunikasi.



Gambar 10. Susunan *payload* berisi data

Pengujian protokol dilakukan dengan menggunakan sebuah Arduino Uno sebagai *gateway* dan sebuah Arduino Nano yang berfungsi sebagai SN. Masing-masing Arduino dilengkapi dengan sebuah modul radio LoRa untuk komunikasi nirkabel antara keduanya. Sementara itu, sebuah *laptop* digunakan untuk mensimulasi *server*. Komunikasi antara *server* dengan *gateway* dilakukan melalui kabel USB. Seting peralatan untuk keperluan pengujian ditampilkan pada Gambar 11. Pada pengujian ini, SN tidak dihubungkan dengan sensor PZEM 004-T yang merupakan sensor parameter-parameter listrik karena pengujian lebih fokus pada mekanisme kerja protokol. Sebelum pengujian, program protokol untuk SN dan *gateway* telah diisikan ke dalam Arduino yang bersangkutan. Perintah yang diberikan oleh *server* kepada *gateway*, ditulis pada perangkat lunak *integrated development environment* (IDE) Arduino.



Gambar 11. Seting perangkat untuk pengujian protokol komunikasi pada *gateway* dan SN

Pengujian protokol dilakukan dalam tiga kondisi. Kondisi pertama adalah ketika komunikasi diinisiasi oleh *server*, kondisi kedua adalah saat komunikasi diinisiasi oleh *gateway* (pengiriman data reguler). Kondisi terakhir adalah komunikasi yang diinisiasi oleh SN, ketika terjadi situasi *emergency* yang ingin dilaporkan oleh SN. Pada pengujian ini, tiga jenis perintah masing-masing dikeluarkan oleh *server* dan *gateway*, sementara SN hanya mengeluarkan tiga jenis pesan *emergency*. Hasil pengujian ke dua belas komunikasi data tersebut ditunjukkan dalam Tabel 1. Latar belakang gelap pada kolom menunjukkan perangkat yang menginisiasi. Jika inisiator adalah *server* atau *gateway*, maka aliran proses pada baris pertama adalah ke kanan, kemudian pada baris berikutnya adalah ke kiri. Jika inisiator adalah SN, maka aliran proses adalah ke kiri.

Tabel 1. Hasil pengujian protokol komunikasi data

No	Server	Gateway	SN	Hasil
----	--------	---------	----	-------

1	Mengirim perintah baca tegangan fasa R	Menerima perintah, mengirim ke SN	Menerima perintah	Sesuai mekanisme
	Menerima data tegangan fasa R	Menerima data, mengirim ke server	Mengirim data tegangan fasa R	
2	Mengirim perintah baca arus fasa S	Menerima perintah, mengirim ke SN	Menerima perintah	Sesuai mekanisme
	Menerima data arus fasa S	Menerima data, mengirim ke server	Mengirim data arus fasa S	
3	Mengirim perintah baca daya fasa T	Menerima perintah, mengirim ke server	Menerima perintah	Sesuai mekanisme
	Menerima data daya fasa T	Menerima data, mengirim ke server	Mengirim data daya fasa T	
4		Mengirim perintah baca daya fasa R	Menerima perintah	Sesuai mekanisme
	Menerima data daya fasa R	Menerima data, mengirim ke server.	Mengirim data daya fasa R	
5		Mengirim perintah baca daya fasa S	Menerima perintah	Sesuai mekanisme
	Menerima data daya fasa S	Menerima data, mengirim ke server	Mengirim data daya fasa S	
6		Mengirim perintah baca energi total	Menerima perintah	Sesuai mekanisme
	Menerima data energi total	Menerima data, mengirim ke server	Mengirim data energi total	
7	Menerima pesan tegangan fasa R di bawah 190 V	Menerima pesan mengirim ke server	Mengirim pesan tegangan fasa R dibawah 190 V	Sesuai mekanisme
8	Menerima pesan tegangan fasa S di bawah 190 V	Menerima pesan, mengirim ke server	Mengirim pesan tegangan fasa S di bawah 190 V	Sesuai mekanisme
9	Menerima pesan arus fasa T = 0 A	Menerima pesan, mengirim ke server	Mengirim arus fasa T = 0 A	Sesuai mekanisme

Dari hasil pengujian tampak bahwa pengujian 1,2, dan 3 permintaan data oleh *server*, diteruskan ke SN oleh *gateway*, yang selanjutnya ditanggapi oleh SN dengan mengirim data dimaksud. Data ini diterima oleh *gateway* untuk diteruskan ke *server*. Sementara itu, pada pengujian 4, 5, dan 6, walaupun *gateway* merupakan inisiator, data yang dikirim oleh SN dan diterima oleh *gateway*, segera dikirim ke *server*, karena data tersebut perlu disimpan di *server*. Selanjutnya, pada percobaan 7, 8, dan 9, tampak bahwa setiap pesan *emergency* yang dikirim oleh SN, diterima oleh *gateway* dan segera dikirim ke *server*. Seluruh pengujian dalam Tabel 1 menunjukkan bahwa protokol di *gateway* dan SN telah bekerja sesuai dengan yang direncanakan.

Dari Tabel 1 juga tampak bahwa tidak terdapat kesalahan data yang diterima pada *server*, *gateway*, dan SN, atau pengulangan transmisi pada *gateway*. Hal ini cukup jelas karena jarak komunikasi antara *gateway* dengan SN hanya sekitar 1 meter, jauh di bawah batas maksimal jarak yang dapat dicapai oleh komunikasi radio LoRa.

V. KESIMPULAN

Dari hasil modifikasi protokol dari satu arah (*simplex*) menjadi dua arah (*half duplex*), diperoleh beberapa kesimpulan bahwa struktur paket data yang direncanakan dapat bekerja pada radio LoRa. Kemudian, pengujian dengan sembilan jenis

perintah dan pesan, serta tiga jenis inisiator menunjukkan bahwa protokol komunikasi dapat bekerja sesuai dengan yang direncanakan, di mana pada akhirnya seluruh jenis data bermuara pada server. Selain itu diperoleh bahwa tidak terdapat kesalahan penerimaan data, juga pengulangan transmisi pada *gateway* karena jarak komunikasi yang cukup dekat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada P3M Politeknik Negeri Samarinda yang telah memberikan dana untuk penelitian ini..

REFERENSI

- [1] Alfian, P. Murdiyat, L. H. Gunanto, "Rancang bangun sensor node untuk sistem monitoring energi listrik nirkabel pada gedung dalam kampus Politeknik Negeri Samarinda," *Poligrad* vol 2 no 1 p 1, 2021
- [2] LoRa Alliance *LoRaWAN, What Is It? A Technical Overview of LoRa® and LoRaWAN™*, Whitepaper, LoRa Alliance, San Ramon California, 2015
- [3] Digi Int., *An Introduction to WiFi*, Digi International Inc. p 12., 2008
- [4] S. Palaniappan, R. Asokan, S. Bharathwaj, dan N. Sujadeen, "Automated meter reading system – A study," *International Journal of Computer Application*, vol 116 no. 18, April 2015.
- [5] P. Kanakaraja, U. Sourabh, S. K. Kotamraju, G. V. S. Suneela, R. Neelesh, "Design and implementation of smart energy meter using LoRaWAN and IoT applications", *Journal of Physics: Conference Series* 1804, 2021.
- [6] V. Mithya, M. Kosalya, P. M. Madhumathi, G. Manimegalai, P. Ramya "Intelligent energy meter using GSM modem with Arduino," *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering* vol. 8 issued 6S, 2019
- [7] Pasurono, S. Handoko, I. Setyawan, "Perancangan kWh meter digital menggunakan kWh meter konvensional," *Transient* vol 2 no 1 p 113, 2013
- [8] U. A. Rajput, K. Rafique, A. S.Saand, M. Shaikh, M. Tarique, "Modelling of Arduino-based prepaid energy meter using GSM Technology," *International Journal of Advanced Computer Science and Application* vol. 9 no. 5, 2018.
- [9] P. Murdiyat, K. S. Chung, dan K. S. Chan, "Predicting the network throughput of wide area WSN in rural areas," *Prosiding The 20 th Asia Pacific Communication Conference (APCC 2014)*, 1 – 3 Oktober 2014, Pattaya, Thailand.
- [10] P. Murdiyat, K. S. Chung, dan K. S. Chan, "A multichannel MAC for multi-hop wireless sensor networks minimizing hidden node collision," *Prosiding The 22 th Asia Pacific Communication Conference (APCC 2016)*, 25-27 Agustus 2016, Yogyakarta, Indonesia.
- [11] P. Murdiyat, K. S. Chung, dan K. S. Chan, "Estimating the network throughput of two channels MAC for multihop wireless networks," *Prosiding The 2016 IEEE Region 10 Conference (TENCON 2016)*, 22-25 November 2016, Marina Bay Sands, Singapore.
- [12] P. Murdiyat, *A Multichannel Medium Access Control and Its Performance Estimation for Multihop Wireless Sensor Network*. Dissertation, Curtin University, 2018
- [13] P. Murdiyat, A. H. Kurniawan, dan S. Pradana, "Kelayakan LoRa untuk jaringan komunikasi sistem pengelolaan air di Politeknik Negeri Samarinda," *Jurnal Teknik Elektro Uniba*, vol 6 no 1, 2021
- [14] A. R. Batong, P. Murdiyat, A. H. Kurniawan, "Analisis kelayakan LoRa untuk jaringan komunikasi sistem monitoring listrik di Politeknik Negeri Samarinda," *Poligrad* vol 1 no 2 p 55, 2021.
- [15] *Specifications and Tests*, <https://www.bluetooth.com/specifications/specs>.