

Sistem Pengisian Token Listrik Jarak Jauh Berbasis IoT pada Alat Ukur Listrik Rumah

IoT-Based Remote Electricity Token Charging System for Home Electricity Meters

Danny Kurnianto^{1*}, Aldi Wijaya², Muntaqo Alfin Amanaf³
^{1,2,3} Teknik Telekomunikasi Institut Teknologi Telkom Purwokerto
^{1,2,3} Jl. D.I Panjaitan No. 128 Purwokerto, Indonesia
dannykurnianto@ittelkom-pwt.ac.id^{1*}

Abstrak – Sistem pengisian token listrik pada meter listrik Prabayar sampai saat ini masih dilakukan secara manual, yaitu pengguna memasukkan nomor token secara langsung di perangkat meter listrik menggunakan keypad. Permasalahan terjadi saat pengguna sedang berada di luar rumah. Pengguna tidak dapat memasukkan token listrik pada meter listrik di rumah dari jarak jauh. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pengisian token listrik Prabayar secara jarak jauh menggunakan teknologi Internet of Things. Model sistem yang dirancang yaitu dengan memasukkan token pada aplikasi android yang akan dikirimkan ke sistem berbasis Arduino melalui server cloud (Firebase). Perangkat D1 mini board digunakan untuk akses ke jaringan internet melalui Wi-Fi. Sensor arus digunakan untuk mengukur besarnya energi listrik yang terpakai dan akan mengurangi jumlah token pulsa listrik deposit yang ada di sistem secara real time. Hasil pengujian sistem menunjukkan bahwa akurasi sensor arus sebesar 97,52%, laju penurunan tegangan pada modul catu daya cadangan sebesar 0,07 Volt/jam, serta kecepatan transfer data sebesar 21,7 kbps. Hal ini menunjukkan bahwa sistem yang dirancang dapat bekerja dengan baik untuk fungsi pengisian token listrik secara jarak jauh.

Kata Kunci: Meter listrik Prabayar, token listrik, internet of things, komunikasi Wi-Fi.

Abstract – The electricity token filling system for prepaid electricity meters is still done manually, where the user inputs the token number directly on the electricity meter device using the keypad. The problem occurs when the user is out of the house. The user cannot enter the electricity token on the electricity meter at home remotely. This study aims to design a prepaid electricity token charging system remotely using Internet of Things technology. The system model designed is by entering a token in the android application which will be sent to an Arduino-based system via a cloud server (Firebase). The D1 mini board device is used for access to the internet network via Wi-Fi. The current sensor is used to measure the amount of electrical energy used and will reduce the number of deposit tokens in the system in real time. The system test results show that the current sensor accuracy is 97.52%, the rate of voltage drop on the backup power supply module is 0.07 Volts/hour, and the data transfer rate is 21.7 kbps. This shows that the system designed can work well for the function of charging electricity tokens remotely.

Keywords: Prepaid electricity meter, electricity token, internet of things, Wi-Fi Communication.

1. Pendahuluan

Kebutuhan akan energi tidak akan terlepas dari kehidupan modern manusia abad ini. Sejak revolusi industri sampai sekarang, jumlah penggunaan energi makin besar, seperti energi minyak bumi, batu bara, gas alam dan listrik. Kenaikan penggunaan energi tiap tahunnya dipengaruhi oleh laju pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan ekonomi dunia. Pada tahun 2018 saja, total penggunaan energi sebesar 114 Megatonne (MTOE) yang terdistribusi pada sektor transportasi sebesar 40%, industri 36%, rumah tangga 16%, komersial 6% dan lain-lain 2%. Salah satu bentuk energi yang banyak digunakan oleh masyarakat adalah energi listrik. Penggunaan energi listrik pada konsumen rumah tangga sebesar 97,8 ribu GWh, industri 76,9 ribu GWh, komersial 59,5 ribu GWh dan transportasi sebesar 274 GWh [1].

Sektor rumah tangga menduduki porsi penggunaan listrik paling besar di antara sektor-sektor lainnya. Oleh karena itu, pemerintah yang diwakili oleh PT PLN (Persero) memberikan fokus perhatian yang lebih bagi penggunaan listrik di sektor rumah tangga. Terobosan yang telah dilakukan oleh PT PLN (Persero) adalah mengubah meter listrik pasca bayar menjadi meter listrik Prabayar pada tahun 2008 dengan tujuan untuk penghematan listrik dan mendisiplinkan pelanggan dalam pembayaran listrik [2]. Pada meter listrik Prabayar, pelanggan membeli token listrik isi ulang di awal waktu di berbagai tempat yang telah disediakan seperti *teller bank*, *payment point*, *internet banking*, *kois*, *phone banking*, *EDC*, *sms banking* dan *ATM* [2-4]. Sistem meter listrik Prabayar yang digunakan saat ini masih menggunakan cara manual dalam proses input token listrik menggunakan *keypad* yang terpasang di perangkat meter listrik. Jumlah digit token listrik yang harus diinputkan sebanyak 20 angka dirasa kurang efektif dan merepotkan pengguna, hal ini dapat diatasi dengan menggunakan *smart card* berbasis RFID maupun NFC pada sistem meter listrik Prabayar [5]. *Top-up* token listrik ke *smart card* dilakukan di tempat-tempat pembelian token dan proses pengisian token ke perangkat meter listrik Prabayar dilakukan dengan hanya mendekatkan atau menempelkan *smart card* ke perangkat tersebut.

Tingkat mobilitas pengguna listrik rumah tangga saat ini dapat dikatakan tinggi karena banyak masyarakat yang bekerja di luar rumah setiap harinya. Masalah timbul saat pengguna sedang berada di luar rumah dan kondisi pulsa listrik di perangkat meter listrik Prabayar dalam keadaan rendah (akan habis). Kondisi ini akan sulit dimonitor oleh pengguna dengan perangkat meter listrik Prabayar saat ini. Oleh karena itu, *monitoring* dan atau pengisian pulsa dirancang untuk dapat dilakukan dari jarak jauh menggunakan teknologi yang dibenamkan (*embedded*) pada perangkat meter listrik Prabayar seperti penggunaan teknologi sms [6]–[8], *bluetooth* [9], [10] maupun Wi-Fi [11].

Dari beberapa teknologi yang dapat digunakan untuk memonitor dan mengisi pulsa listrik di perangkat meter listrik Prabayar, maka teknologi Wi-Fi menjadi pilihan yang lebih baik dari beberapa sisi, yaitu jarak jangkauan, kecepatan akses data, dan layanan infrastruktur yang mendukung saat ini. Oleh karena itu, pada penelitian ini diusulkan suatu sistem *monitoring* dan pengisian token listrik dari jarak jauh menggunakan akses data Wi-Fi. Informasi terkait jumlah energi listrik dan jumlah pulsa listrik dari perangkat meter listrik Prabayar dikirimkan dan disimpan di *server* Google Firebase, kemudian informasi ini dapat ditampilkan di *smartphone* android pengguna secara *realtime*. Proses pengisian token listrik dapat dilakukan melalui melalui 2 cara, yaitu pertama secara manual melalui *keypad* yang terpasang di perangkat dan kedua secara *remote* menggunakan *smartphone* dengan menginputkan nomor token di layar *smartphone*. Selain itu, pada sistem ini disematkan sebuah baterai (catu daya cadangan) yang digunakan secara otomatis pada saat aliran listrik PLN terputus. Baterai ini berfungsi sebagai catu daya cadangan sehingga sistem meter listrik Prabayar akan tetap hidup walaupun dalam kondisi aliran listrik PLN terputus.

Sistematika penulisan makalah ini terdiri dari Bab I yang menjelaskan pendahuluan penelitian, Bab II yang menjelaskan metode penelitian, Bab III yang menjelaskan hasil penelitian dan pembahasannya, dan Bab IV menjelaskan kesimpulan dari penelitian ini.

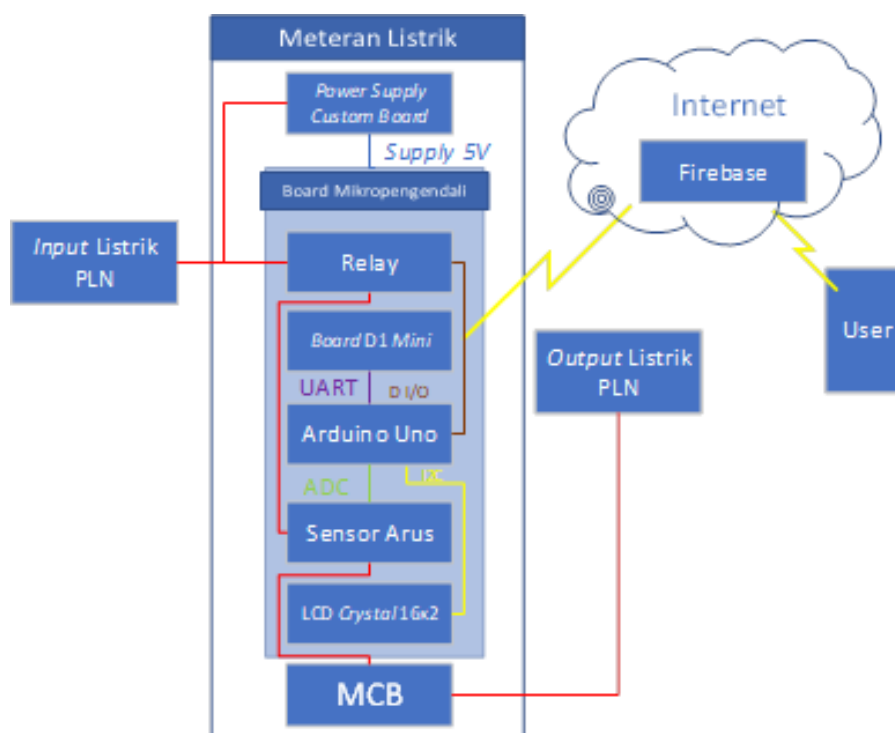
2. Metode Penelitian

Sistem *monitoring* dan pengisian token listrik yang dirancang menggunakan beberapa komponen elektronik seperti:

1. Arduino Uno dengan *clock* 16 MHz
2. *Board* D1 mini dengan mikroprosesor ESP8266
3. Sensor arus ACS712 5A
4. Modul Relai
5. LCD *Crystal* 16 x 2 (I2C)
6. *Keypad* 4x4
7. *Adaptor* HLK-5M05
8. *Charger module* TP4056
9. Baterai Li-Ion 18650
10. *Set up DC module* MT3068

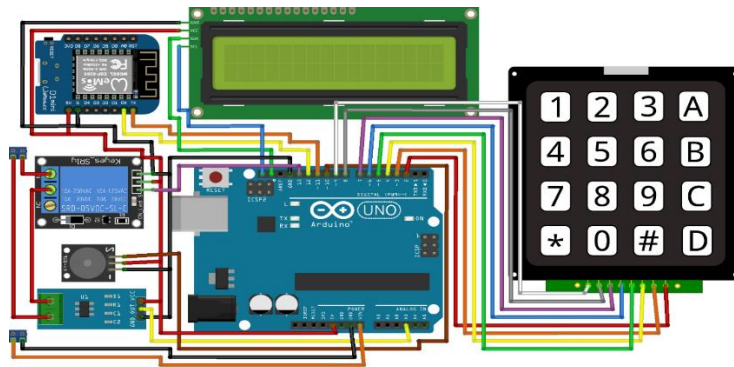
2.1. Model Sistem

Gambar 1 menunjukkan model sistem yang dirancang dalam bentuk diagram blok sistem.



Gambar 1. Model sistem.

Model sistem *monitoring* dan pengisian token listrik Prabayar yang dirancang menggunakan pengolah data utama berupa modul Arduino Uno dengan kecepatan *clock* sebesar 16 MHz. Komunikasi data antara modul Arduino Uno ke Firebase menggunakan modul ESP8266 yang berjalan di atas protokol komunikasi Wi-Fi. Besarnya daya listrik yang terukur dihasilkan dari sensor arus ACS712 yang dapat dialiri arus maksimum sebesar 5A. Di dalam sistem ini disematkan sebuah modul catu daya cadangan yang berfungsi agar perangkat *monitoring* dan pengisian token listrik tetap hidup walaupun aliran listrik PLN terputus. Terdapat dua macam cara dalam pengisian token listrik Prabayar, yaitu cara manual menggunakan *keypad* dan cara *remote* menggunakan aplikasi android di *smartphone*. Pada Gambar 2 ditunjukkan gambar skematik *micro board* dari sistem.



Gambar 2. Skematik *micro board* system.

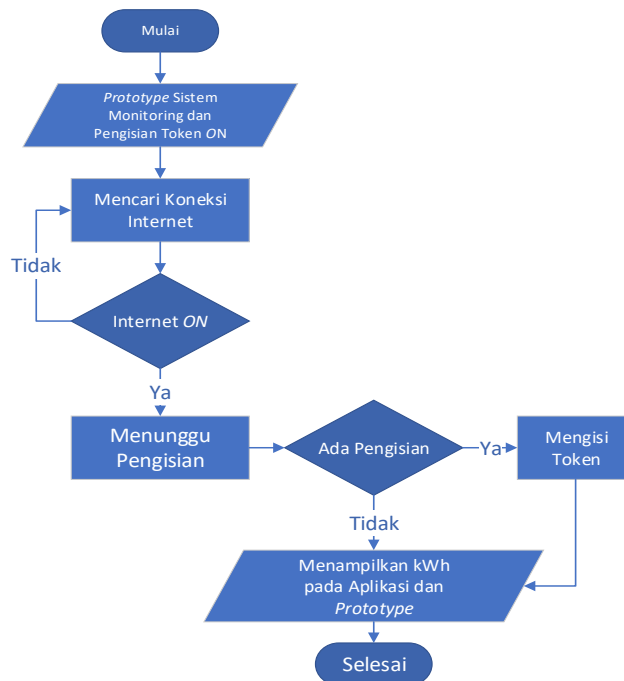
Gambar 3 menunjukkan skematik *power supply* cadangan yang digunakan di dalam sistem.



Gambar 3. Skematik *power supply* cadangan.

2.2. Diagram Alir Perangkat Lunak Pada Arduino Uno

Pada Gambar 4 ditunjukkan diagram alir program yang dijalankan oleh Arduino Uno.



Gambar 4. Diagram alir program pengisian token listrik pada Arduino Uno.

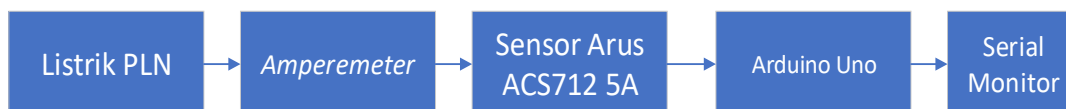
2.3. Skenario Pengujian

Tingkat akurasi pengukuran arus listrik menggunakan sensor arus ACS712 5A dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sensor arus ACS712 dengan hasil pengukuran multimeter. Pada pengujian ini digunakan beban listrik berupa 7 peralatan listrik dengan daya yang berbeda-beda. Pengukuran arus listrik pada setiap beban dilakukan sebanyak 30 kali pengukuran dan kemudian diambil nilai reratanya. Pada Tabel 1 ditunjukkan peralatan listrik yang digunakan dalam pengujian akurasi sensor arus.

Tabel 1. Beban peralatan listrik yang digunakan dalam pengujian akurasi sensor arus.

Peralatan Listrik	Daya (Watt)
Blower	580
Setrika	320
Bor	100
Solder	20-200
Lem tembak	20
Charger HP 130 mA	28,6
Lampu 50 mA	11

Diagram blok pengukuran akurasi arus listrik ditunjukkan pada Gambar 5.

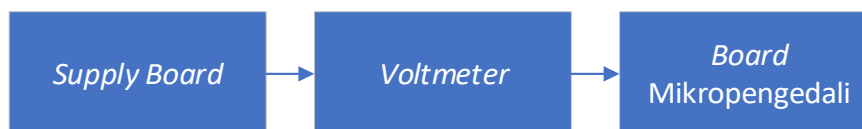


Gambar 5. Diagram blok pengukuran akurasi sensor arus listrik.

Pengujian *drop voltage* atau penurunan tegangan pada modul catu daya cadangan dilakukan untuk mengetahui daya tahan baterai selama aliran listrik PLN terputus. Proses pengujian penurunan tegangan dilakukan dengan mencatat nilai tegangan setiap kelipatan waktu 30 menit sebanyak 10 kelipatan pada kondisi sistem tidak dicatu oleh listrik PLN. Laju penurunan tegangan diambil dari selisih tegangan awal dan tegangan akhir dibagi dengan interval waktu dan dilakukan perhitungan rata-rata pengamatan turunnya tegangan secara keseluruhan. Pada (1) ditunjukkan formula untuk menghitung laju penurunan tegangan

$$\text{Laju Drop } V = \frac{V_1 - V_2}{\Delta t} \quad (1)$$

Gambar 6 menunjukkan diagram blok pengukuran penurunan tegangan modul catu daya.



Gambar 6. Diagram blok pengukuran penuruna tegangan modul catu daya.

Pengujian komunikasi data antara perangkat *board D1 mini* (ESP8266) dengan Firebase dilakukan dengan mengukur nilai *throughput* saat terjadi komunikasi. Pengukuran dilakukan setiap interval waktu 1 menit sekali selama 30 menit. Data *throughput* diambil dari banyaknya data yang dapat dikirimkan dibagi dengan waktu pengiriman dan dilakukan perhitungan *throughput* di tiap pengujian, selanjutnya diambil nilai data rata-rata *throughput* secara keseluruhan. Formmula untuk menghitung nilai *throughput* seperti yang ditunjukkan pada (2)

$$\textit{Throughput} = \frac{\text{Jumlah paket data terkirim}}{\text{waktu pengiriman data}} \quad (2)$$

Pada Gambar 7 ditunjukkan diagram blok pengujian nilai *throughput* dengan menggunakan *software wireshark*.

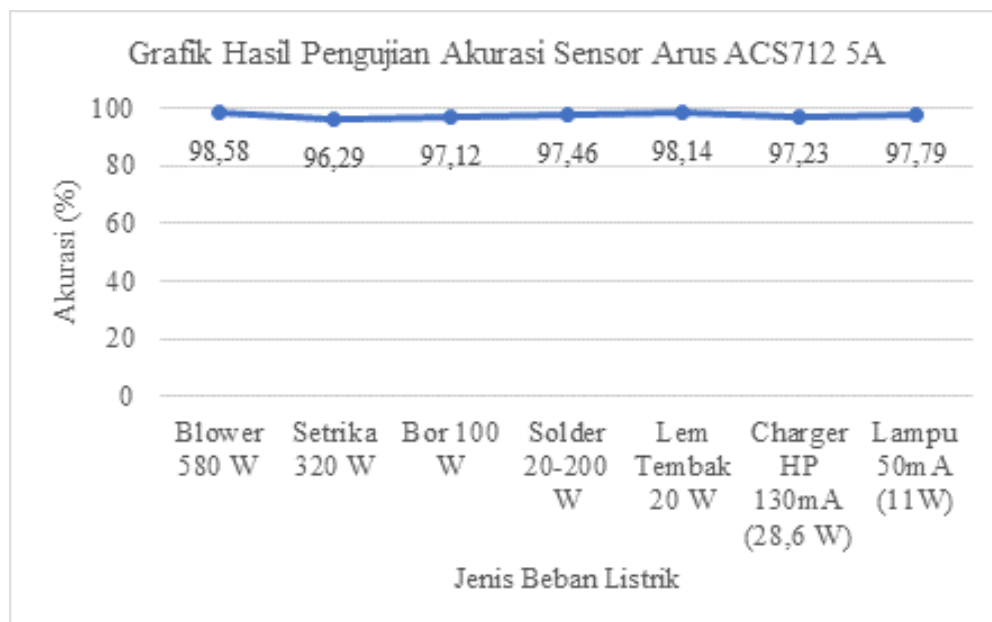


Gambar 7. Diagram blok pengujian nilai *throughput* menggunakan *wireshark*.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengujian Akurasi Sensor Arus ACS712 5A

Pengukuran akurasi sensor arus ACS712 5A dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor arus ACS712 5A dengan hasil pembacaan perangkat multimeter. Pada Gambar 8 ditunjukkan hasil pengukuran akurasi sensor arus ACS712 5A.

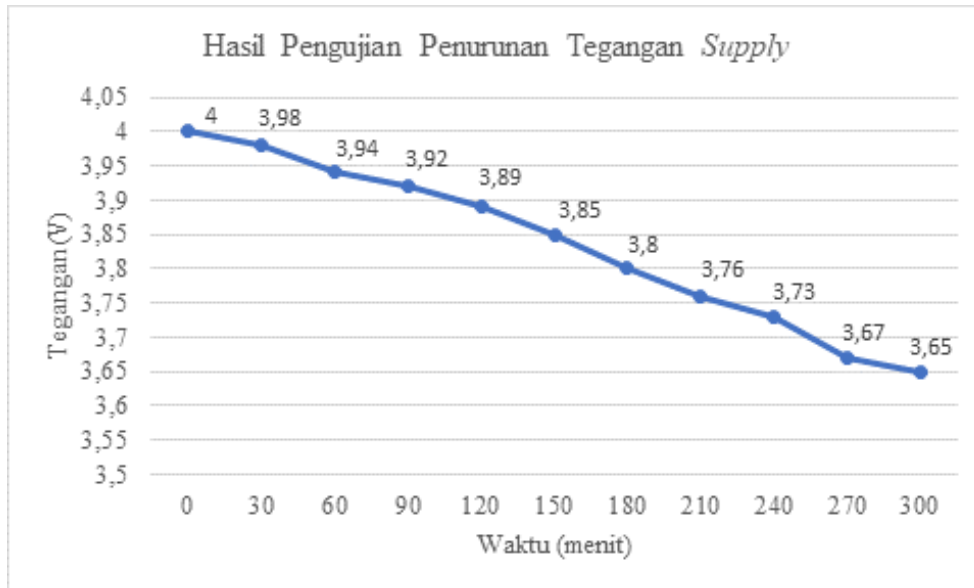


Gambar 8. Hasil pengukuran akurasi sensor arus ACS712 5A.

Hasil pengukuran akurasi sensor arus menunjukkan bahwa rerata akurasi sensor arus untuk ketujuh beban peralatan listrik tersebut sebesar 97,52%. Hal ini menunjukkan bahwa sensor arus ACS712 5A yang digunakan memiliki tingkat akurasi yang tinggi, yaitu sebesar 97,52% dengan tingkat eror sebesar 2,48%.

3.2. Pengukuran Penurunan Tegangan pada Modul Catu Daya Cadangan

Gambar 9 menunjukkan hasil pengukuran penurunan tegangan pada catu daya cadangan yang terpasang di sistem.



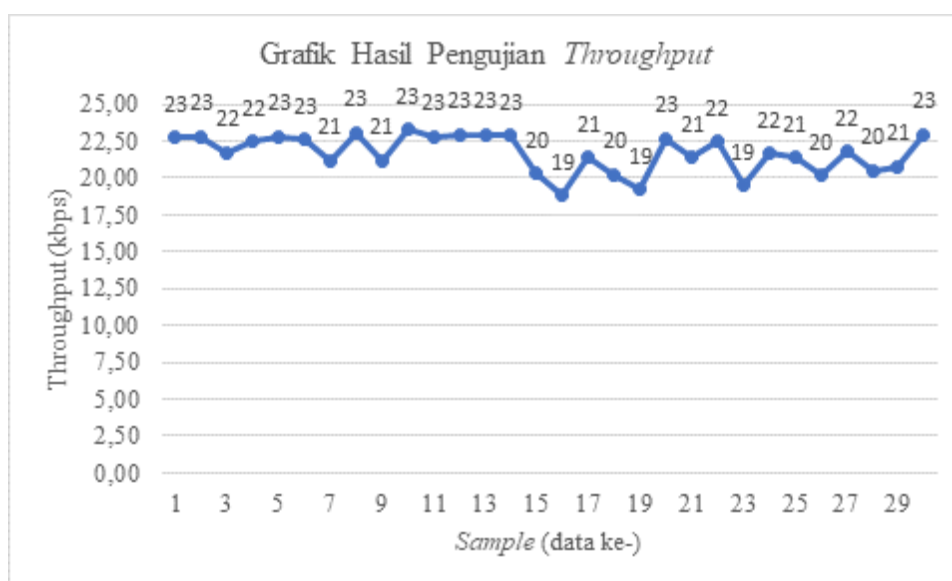
Gambar 9. Hasil pengukuran penurunan tegangan pada modul catu daya cadangan.

Dari grafik pada Gambar 9, laju penurunan tegangan dapat dihitung berdasarkan persamaan (1) dan didapatkan nilai rerata penurunan tegangan sebesar 0,07 V/jam. Dari nilai laju penurunan tegangan tersebut, maka dapat dihitung daya tahan catu daya cadangan (baterai) pada saat tidak ada aliran listrik dari PLN. Dengan mengambil asumsi bahwa tegangan minimal yang dibutuhkan untuk mencatu sistem adalah sebesar 3,272 Volt, maka waktu yang dibutuhkan baterai untuk dapat mencatu sistem saat kondisi tegangan baterai sebesar 4 Volt adalah selama 10,4 jam seperti yang ditunjukkan pada (3)

$$t = \frac{4 - 3,272}{0,07} = 10,4 \text{ jam.} \tag{3}$$

3.3. Pengukuran Throughput pada Board D1 Mini dengan Firebase

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa pengukuran nilai *throughput* bertujuan untuk mengetahui keandalan komunikasi data dari sisi kecepatan transfer data antara Board D1 Mini dengan Firebase. Pada Gambar 10 ditunjukkan hasil pengukuran nilai *throughput*.



Gambar 10. Hasil pengukuran nilai *Throughput*.

Berdasarkan grafik pada Gambar 10, didapatkan nilai rerata *Throughput* adalah sebesar 21,7 kbps. Angka ini menunjukkan bahwa sistem mampu mengirimkan paket data sebanyak 21,7 kilo bit setiap detiknya.

3.4. Komparasi Sistem

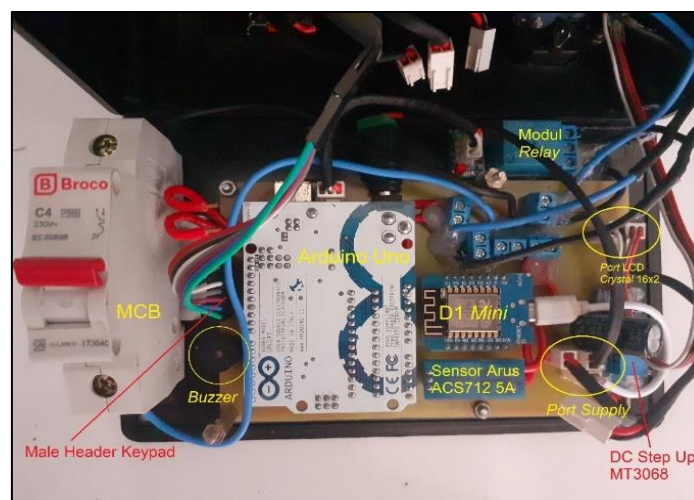
Sistem *monitoring* dan pengisian token listrik Prabayar yang dirancang memiliki spesifikasi yang berbeda dengan sistem-sistem serupa yang telah dikembangkan terlebih dahulu. Tabel 2 menunjukkan perbandingan antara sistem yang dirancang dengan sistem lainnya. Kelebihan sistem yang dirancang dibandingkan sistem sejenis adalah sistem ini memiliki modul cadangan daya yang bekerja saat *supply* aliran listrik dari PLN terputus. Selain itu, metode pengisian token dapat menggunakan *keypad* maupun *remote* dari *smartphone* dan sistem telah menggunakan teknologi IoT dengan media komunikasi berupa protokol Wi-Fi. Adapun *database server* yang digunakan adalah Google Firebase.

Tabel 2. Komparasi antara sistem yang dirancang dengan sistem lain.

No Referensi	Perbandingan Sistem	Fungsi monitoring	Fungsi pengisian pulsa	Media komunikasi	IoT	Catu daya cadangan
11	Vera Firmansyah, dkk	√	-	Wi-Fi	√	-
6	Firmansyah Jeneldi, dkk	√	-	SMS (GSM)	-	-
8	Raden Ajeng Gusti Ramadhianti, dkk	√	-	SMS (GSM)	-	-
10	Ridho, dkk	√	√	Bluetooth	-	-
9	Agung Budi Muljono, dkk	√	√	Bluetooth	-	-
5	Riki Ruli A. Siregar, dkk	√	√	-	-	-
7	Asep Mulyana, dkk	√	√	SMS (GSM)	-	-
	Sistem yang dirancang	√	√	Wi-Fi	√	√

3.5. Gambar Perangkat Sistem

Sistem yang dirancang dikemas dalam bentuk kotak yang efisien dan *portable* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9 sampai 11.



Gambar 9. Micro board.

Pada Gambar 9 ditunjukkan penampang bagian dalam dari *Micro board* yang terdiri dari Arduino Uno, D1 Mini, *relay*, sensor arus ACS712 5A, *Buzzer*, DC *step up* (MT3068), 8 buah

male header untuk keypad, MCB 4A, beberapa port untuk supply daya dan port untuk LCD Crystal 16x2.



Gambar 10. Power supply board.

Pada Gambar 11 ditunjukkan penampang bagian dalam dari *Power Supply Board* yang terdiri dari adaptor HLK-5M05 5 Watt, modul charger TP4056 dengan *auto cut off* ketika 2 buah baterai tipe 18650 sudah penuh, 2 buah port supply, dan 2 buah port saklar.



Gambar 11. Packaging sistem.

Pada Gambar 11 diperlihatkan *packaging* sistem yang tampak dari luar, yaitu IEC-C13 plug sebagai catu daya sekaligus jalur listrik PLN untuk digunakan oleh pengguna, *contra jack plug* type F digunakan untuk *output* listrik PLN, saklar 4 kaki, indikator baterai, keypad 4x4, dan LCD Crystal 16x2.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dalam merancang sistem *monitoring* dan pengisian token listrik Prabayar ini dapat disimpulkan bahwa akurasi sensor arus ACS712 5A sebesar 97,52% dengan eror sebesar 2,48%. Laju penurunan tegangan dari modul catu daya cadangan sebesar 0,07 Volt/jam, artinya bahwa catu daya cadangan ini mampu memberikan *supply* tegangan selama 10,4 jam jika dalam kondisi *full voltage*. Nilai transfer data atau *throughput* rata-ratanya adalah sebesar 21,7 kbps diukur dari modul D1 mini ke *server* Firebase.

Sistem ini dapat bekerja dengan baik sesuai perancangan untuk fungsi monitoring dan pengisian token listrik.

Referensi

- [1] S. Mujiyanto, "Outlook Energi Indonesia 2019," Jakarta, 2019. [Online]. Available: www.den.go.id.
- [2] Kompas, "PLN Luncurkan Listrik Prabayar," 2008. <https://regional.kompas.com/read/2008/01/17/14361123/pln.luncurkan.listrik.prabayar> (accessed Aug. 21, 2020).
- [3] B. Dwiyanto, "Listrik Prabayar Didukung Oleh 30 Ribu Uni ATM se-Indonesia," 2011. <http://web.pln.co.id/media/siaran-pers/2011/01/listrik-prabayar-didukung-oleh-30-ribu-uni-atm-se-indonesia> (accessed Aug. 21, 2020).
- [4] B. Dwiyanto, "Pelanggan Listrik Prabayar Capai Lima Juta , PLN Tercatat Sebagai Perusahaan Listrik dengan Jumlah Pelanggan Prabayar Terbesar di Dunia," 2012. <http://web.pln.co.id/media/siaran-pers/2012/05/pelanggan-listrik-prabayar-capai-lima-juta-pln-tercatat-sebagai-perusahaan-listrik-dengan-jumlah-pelanggan-prabayar-terbesar-di-dunia> (accessed Aug. 21, 2020).
- [5] R. R. A. Siregar, H. Sikumbang, and R. J. Pasaribu, "Model Pengisian Pulsa Listrik KWH Meter dengan Smart Card," *Jetri: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 16, no. 1, pp. 39–54, 2018.
- [6] F. Jeneldi, H. Tanudjaja, and S. Suraidi, "Perancangan dan Realisasi Sistem Monitoring Pulsa Minimum dan Pemberitahuan Kerusakan Pada KWh Meter Prabayar," *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 20, no. 1, pp. 27–37, 2018.
- [7] A. Mulyana, T. A. Riza, D. N. Ramadan, and M. D. Falih, "Sistem Pengisian Pulsa pada KWH Meter Prabayar Menggunakan Ponsel," *JETT*, vol. 4, no. 2, pp. 560–569, 2017.
- [8] R. A. G. Ramadhianti, C. gede I. Partha, and I. G. A. P. R. Agung, "Rancang Bangun Monitoring Energi Listrik Menggunakan SMS Berbasis Mikrokontroler ATMega328," *SPEKTRUM*, vol. 5, no. 1, pp. 130–138, 2018.
- [9] A. B. Muljono, I. M. A. Nrratha, I. M. Ginarsa, and Sultan, "Rancang Bangun Smart Energi Meter Digital Prabayar dengan Dukungan Teknologi Bluetooth," *Conference Prociding on Information Technology and Electrical Engineering (CITEE)*, pp. 38–43, 2018.
- [10] R. Ridho, Devi, and S. Lestari, "Rancang Bangun Alat Pengisi Pulsa Otomatis Pada KWh Meter Digital Prabayar Satu Fasa Menggunakan Android Berbassis Mikrokontroler," *Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan (SNITP)*, vol. 2 no. 1, pp. 1–4, 2018.
- [11] V. Firmansyah, V. Nadhira, L. Silvi, and T. A. Dewi, "IoT Sistem Monitoring Meter Kwh Digital Menggunakan Sensor Ldr Dan Codeigniter Api Service," *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, vol. 09, no. 01, pp. 18–25, 2019.