

Sistem Pengisian Baterai Sepeda Listrik Berbasis Internet Of Things

Wildan Cahyo Budianto, Muladi*, I Made Wirawan

Departemen Teknik Elektro dan Informatika – Universitas Negeri Malang
Malang, Indonesia
*muladi@um.ac.id

Abstract— Electric bicycles are vehicles that do not use conventional fuels. However, there are still areas for improvement in electric bicycles in Indonesia, namely in charging the battery, which still needs improvement. In general, electric bicycle battery charging shows an LED indicator indicating the completion of charging the electric bicycle battery. There is no cut-off system when the battery is fully charged. Therefore, an electric bicycle battery charging system is needed which is equipped with monitoring and control features based on the Internet of Things with specifications such as monitoring power, voltage, current, and energy and is equipped with a prepaid system such as PLN, electric bicycle owners can charge the battery by doing payment or purchase of electricity loads as desired, where the relay will activate (trip) when the number of kWh is under prepaid conversions that have been determined. The internet of things-based electric bicycle battery charging system tool can work quite well. The test results for each sensor used worked well according to the desired value. The PZEM004t sensor obtained an error value at a voltage of 0.47% and an error value at a current of 0.22%, then at PZEM017 it was received the error value on the voltage is 0.8% and the error value on the current is 2.62%. The keypad also works according to its function, which can input the desired nominal amount of rupiah. Parameters for each sensor, such as voltage, current, power, and energy, can be monitored on the Blynk application and web according to the design.

Abstrak— Sepeda listrik merupakan sebuah kendaraan yang tidak menggunakan bahan bakar konvensional, Akan tetapi, saat ini masih terdapat kelemahan pada sepeda listrik di Indonesia, yakni pada pengisian daya baterai yang masih belum efektif. Umumnya pengisian baterai sepeda listrik hanya memperlihatkan indikator led yang menandakan selesainya pengisian baterai sepeda listrik dan tidak adanya sistem cutt-off ketika baterai sudah terisi penuh. Oleh karna itu dibutuhkan suatu sistem pengisian daya baterai sepeda listrik yang dilengkapi dengan fitur monitoring dan kontrol berbasis Internet Of Things dengan spesifikasi seperti memonitoring daya, tegangan, arus maupun energi dan dilengkapi dengan sistem prabayar seperti PLN, para pemilik sepeda listrik dapat mengisi baterai dengan melakukan pembayaran atau membeli beban listrik sesuai keinginan, dimana relay akan aktif (trip) ketika jumlah kWh sudah sesuai dengan konversi prabayar yang telah ditentukan. Alat sistem pengisian baterai sepeda listrik berbasis internet of things dapat bekerja dengan cukup baik. Hasil pengujian yang didapatkan pada tiap sensor yang digunakan bekerja dengan baik sesuai dengan nilai yang diinginkan, pada sensor PZEM004t didapatkan nilai error pada tegangan sebesar 0,47% dan nilai error pada arus sebesar 0,22%, lalu pada PZEM017 didapatkan nilai error pada tegangan sebesar 0,8% dan nilai error pada arus sebesar 2,62%. Keypad juga bekerja sesuai fungsinya yang dimana dapat menginput jumlah nominal rupiah yang diinginkan. Parameter tiap sensor seperti teganga, arus, daya, dan energi dapat di monitoring pada aplikasi dan web Blynk sesuai dengan rancangan.

Kata Kunci— Sepeda Listrik; Monitoring Sistem Pengisian Baterai; Sistem PLTS; Internet Of Things (IoT); Web Blynk.

I. PENDAHULUAN

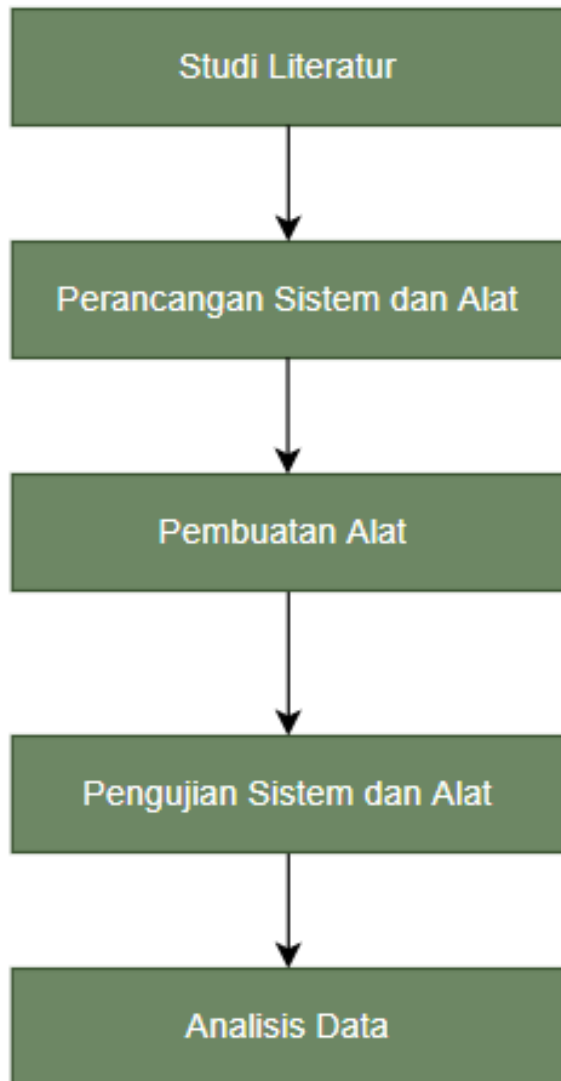
PERKEMBANGAN zaman menjadikan teknologi ikut berkembang, salah satunya dengan penggunaan sepeda listrik yang semakin meningkat membuat perusahaan kendaraan bersaing dengan mengedepankan aspek teknologi maupun aspek desain [1] hal ini digunakan sebagai kendaraan alternatif. Sepeda listrik adalah suatu kendaraan dari sepeda dengan menggunakan motor sebagai penggerak. Motor yang banyak digunakan ialah motor DC atau motor arus searah. Berdasarkan data Kementerian ESDM pada 2016, sektor transportasi tercatat menghasilkan emisi sebanyak 1,28

juta ton CO_2 dengan rata-rata peningkatan 6.7% per tahun, solusi yang dirancang oleh pemerintah adalah untuk mengurangi emisi adalah dengan meningkatkan penggunaan kendaraan listrik [2, 3].

Roadmap untuk mempercepat penggunaan kendaraan listrik untuk kendaraan umum maupun kendaraan pribadi berbasis baterai. Kementerian Perhubungan merencanakan penggunaan kendaraan listrik pada tiga provinsi sebagai percontohan yaitu DKI Jakarta, Jawa Barat, dan Bali [4]. Menteri Riset dan Teknologi (Menristek) Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Bambang Brodjonegoro menyatakan bahwa arah pengembangan kendaraan listrik fokus pada sepeda motor listrik dan menargetkan indonesia pada tahun 2025 mampu memproduksi dua juta sepeda motor listrik [5]. Sampai saat ini upaya pengembangan

Naskah diterima 16 Februari 2023, revisi 19 Februari 2023, terbit online 23 Maret 2023. Emitor merupakan Jurnal Teknik Elektro – Universitas Muhammadiyah Surakarta yang terakreditasi dengan Sinta 3 beralamat di <https://journals2.ums.ac.id/index.php/emitor/index>.

kendaraan listrik sebagai antisipasi semakin menipisnya cadangan bahan bakar minyak yang telah banyak dilakukan, misalnya: Electric Motorcycle [6], Sepeda listrik Bie [7], mobil listrik Tunas 1, mobil listrik Tunas II [8], dan mobil listrik Tunas III [9–14]. Semakin tingginya jumlah sepeda motor, maka semakin tinggi pula konsumsi bahan bakar yang digunakan.



Gambar 1: Diagram alir tahapan penelitian

Bensin merupakan suatu sumber energi yang sudah tidak terbarukan yang berasal dari minyak bumi dimana proses pembentukannya memerlukan waktu jutaan Tahun [15–18], oleh karena itu pengembangan dan implementasi dengan bahan bakar alternatif untuk mengurangi emisi gas buang perlu mendapatkan perhatian serius dari pemerintah, industri maupun dari kampus [19]. Seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi kini, masalah pemanasan global dan kelangkaan BBM sehingga produsen berlomba-lomba menciptakan kendaraan hybrid yang salah satunya adalah

sepeda listrik. Pengembangan kendaraan listrik di Indonesia telah didukung oleh pemerintah melalui peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 55 Tahun 2019 tentang percepatan program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (Battery Electric Vehicle) [20], pengembangan kendaraan listrik untuk Provinsi Bali telah didukung oleh pemerintah daerah dengan diterbitkannya Peraturan Gubernur Bali No.48/2019 tentang Penggunaan Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai [21], ini di sebabkan sepeda listrik atau sejenisnya merupakan salah satu alternatif pada kendaraan masa depan yang menggunakan energi listrik sebagai penggeraknya [22].

Akan tetapi, saat ini masih terdapat kelemahan pada sepeda listrik di Indonesia [23], seperti belum dilengkapi dengan teknologi *internet of things* yang dapat memonitor proses pengisian baterai yang masih belum efektif [24]. Umumnya pengisian baterai sepeda listrik hanya memperlihatkan indikator led yang menandakan selesainya pengisian baterai sepeda listrik dan tidak adanya sistem cut-off ketika baterai sudah terisi penuh. Oleh karena itu dibutuhkan suatu sistem pengisian daya baterai sepeda listrik yang dilengkapi dengan fitur monitoring dan kontrol berbasis IoT [25] karena IoT mempunyai kemampuan saling berkomunikasi ini dengan spesifikasi seperti memonitoring daya, tegangan, arus maupun energi dan dilengkapi dengan sistem prabayar seperti PLN, para pemilik sepeda listrik dapat mengisi baterai dengan melakukan pembayaran atau membeli beban listrik sesuai keinginan, dimana relay akan aktif (trip) ketika jumlah kWh sama dengan konversi rupiah prabayar yang telah ditentukan.

II. METODE PENELITIAN

Metode pada penelitian ini dilakukan untuk Dalam penelitian ini akan dirancang sebuah sistem pengisian baterai sepeda listrik berbasis Internet Of Things, dimana untuk merealisasikan penelitian tersebut dibutuhkan sebuah metode penelitian yang berguna menjadi acuan dalam melakukan penelitian. Metode penelitian dibutuhkan untuk merealisasikan sebuah sistem yang mampu memantau performa pengisian atau pengecasan pada baterai sepeda listrik. Beberapa tahapan yang dilakukan dalam merancang sistem ini antara lain studi literatur, perancangan sistem dan alat, realisasi rancangan alat, pengujian sistem dan alat, dan yang terakhir adalah analisa data hasil pengujian. Gambar 1 menunjukkan alur penelitian terkait sistem pengisian daya pada sepeda listrik

1. Studi Literatur

Pada tahap ini akan diuraikan beberapa kebutuhan terkait referensi yang dibutuhkan untuk

merancang sistem pengisian daya baterai pada sepeda listrik berbasis IoT. Referensi yang dikumpulkan akan digunakan sebagai acuan pembuatan sistem sehingga sistem yang dirancang dapat terealisasi.

2. Perancangan Sistem dan Alat

Perancangan sistem dan alat dilakukan sebelum tahap implementasi dengan tujuan untuk memberikan ilustrasi tahapan yang dikerjakan. Pada tahap ini diilustrasikan rancangan alat sesuai kebutuhan pengguna, kemudian hasilnya akan diimplementasikan kedalam bentuk sebenarnya. Perancangan ini terdiri dari spesifikasi dan desain alat, diagram block sistem, rangkaian elektrik, perancangan algoritma perangkat keras, pembuatan alat, pengujian sistem dan alat, analisis data.

3. Perancangan Alat

Tahapan ketiga merupakan tahap pembuatan alat yang meliputi kegiatan assembly atau merangkai seluruh komponen yang disiapkan sesuai dengan skema rangkaian yang didesain sebelumnya.

4. Pengujian Sistem dan Alat

Pada tahap keempat merupakan tahap ujicoba yang meliputi pengujian perangkat keras dan perangkat lunak, diagram blok, diagram alir, dan rangkaian elektrik yang bertujuan untuk mengetahui apakah perangkat yang dirancang dapat bekerja.

5. Analisis Data

Tahap terakhir merupakan proses pengambilan keputusan berdasarkan analisa data dan berdasarkan data yang telah didapatkan dari pengujian yang telah dilakukan sebelumnya. Data yang didapatkan kemudian dianalisa dan dari hasil

matis pada baterai sepeda berbasis IoT.

2. Hal-hal mengenai sistem monitoring pengisian daya otomatis menggunakan aplikasi Blynk.
3. Karakteristik baterai pada sepeda listrik tipe SLA 36 Volt
4. Karakteristik terkait rangkaian sensor PZEM 004T-AC, sensor PZEM 017-DC, Keypad, serta mikrokontroler ESP32.
5. Karakteristik serta rangkaian pembagi tegangan, rangkaian catu daya, dan rangkaian actuator lain seperti OLED serta relay cut-off.

ii. Perancangan Sistem dan Alat

Pada tahap ini diilustrasikan rancangan alat sesuai kebutuhan pengguna, kemudian hasilnya akan diimplementasikan kedalam bentuk sebenarnya. Perancangan ini terdiri dari spesifikasi dan desain alat, diagram block sistem, rangkaian elektrik, perancangan algoritma perangkat keras, pembuatan alat, pengujian sistem dan alat, analisis data. Diwah ini adalah Spesifikasi dan Desain Alat:

1. Nama alat: Sistem Pengisian Baterai Sepeda Listrik Berbasis Internet Of Things (Iot)
2. Jenis alat: Sistem kontrol pengisian daya dan monitoring pengisian
3. Tegangan kerja: AC 220 Volt – DC 12 Volt
4. Antarmuka: Blynk app
5. Dimensi: 30cm x 20cm x 10cm
6. Sensor: PZEM 004T-AC, PZEM 017-DC
7. Pemroses: NodeMCU ESP32

Sistem dirangkai dalam sebuah box panel kontroler berbahan plastik dengan ukuran panjang 30cm, lebar 20cm, dan tinggi 10cm. dengan keypad dan LCD yang ada di depan box yang berguna untuk memasukkan data dan menampilkan data. Untuk desain dan penempatan komponen elektrik dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4 di bawah ini.

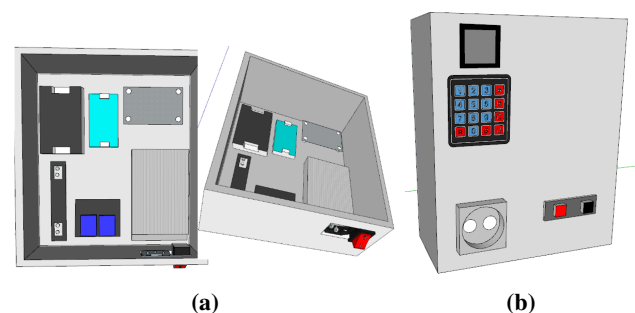
Perangkat yang dirancang dibuat dengan menggabungkan beberapa komponen elektronik yang dirangkai menjadi sebuah kesatuan sistem untuk mampu bekerja

III. HASIL PENELITIAN DAN DISKUSI

i. Studi Literatur

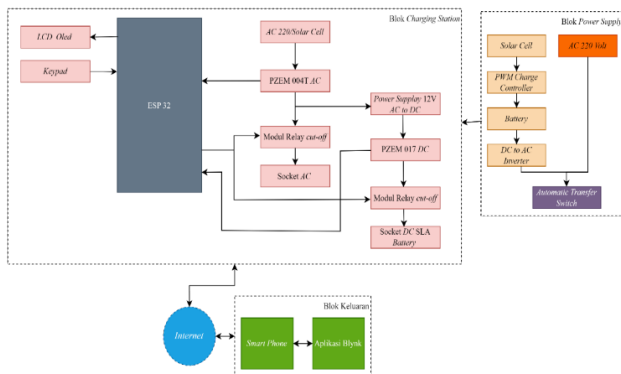
Pada tahap ini akan diuraikan beberapa kebutuhan terkait referensi yang dibutuhkan untuk merancang sistem pengisian daya baterai pada sepeda listrik berbasis IoT. Referensi yang dikumpulkan akan digunakan sebagai acuan pembuatan sistem sehingga sistem yang dirancang dapat terealisasi. Adapun referensi yang dibutuhkan meliputi sebuah alat yang memiliki sistem kerja yang mirip, modul elektronika yang dibutuhkan, serta rangkian dasar pendukung sistem seperti rangkaian RLC. Adapun sumber referensi yang digunakan mengandung informasi terkait hal sebagai berikut:

1. Hal-hal mengenai sistem pengisian daya oto-



Gambar 2: Desain 3D alat (a) Tampak dalam dan bawah (b) Tampak depan

sesuai dengan perancangan yaitu mampu mengisi daya pada baterai motor listrik serta mampu dipantau dari jarak jauh menggunakan teknologi IoT yang mana pada penelitian ini perangkat tersusun atas beberapa blok komponen yang digambarkan pada Gambar 5.



Gambar 3: Diagram blok sistem pengisian baterai

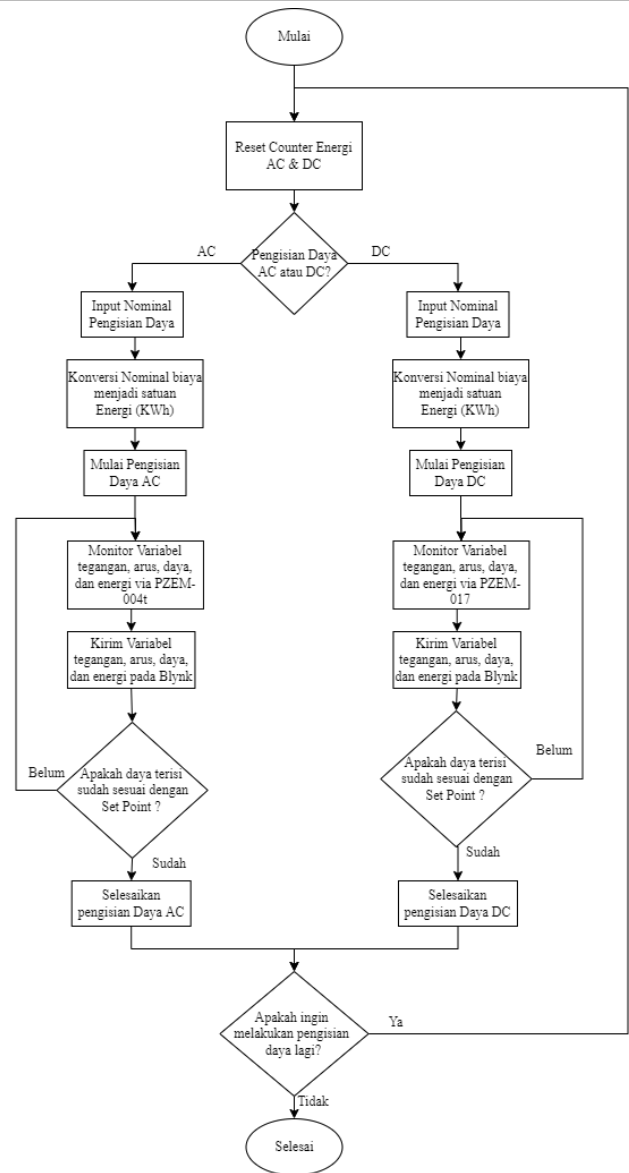
Perangkat ini terdiri dari dua buah sensor yaitu sensor PZEM 004T dan sensor PZEM 017, dimana nantinya sensor akan dihubungkan dengan mikrokontroler yang nantinya akan mengolah data tersebut berdasarkan program yang dirancang. Untuk algoritme program yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 4.

iii. *Pengujian Alat*

Pada pengujian alat memaparkan hasil dan analisis pada penelitian ini yang bertujuan untuk menguji setiap sensor yang digunakan dan keseluruhan sistem. Pengujian sensor yang akan di lakukan terdiri dari sensor Pzem-004T untuk tegangan AC dan sensor Pzem-017 untuk tegangan DC, pengujian sistem pra-bayar yang bertujuan untuk mengetahui waktu pengisian baterai sepeda listrik dengan memasukkan jumlah nominal yang nantinya akan di konversi menjadi nilai kwh. Kemudian pengujian keseluruhan sistem bertujuan untuk mengetahui bahwa sistem bekerja sesuai dengan perancangan. Lalu mulai dilakukan pengujian pengamatan untuk mengetahui perbandingan hasil pemantauan pembacaan sensor pada serial monitor dengan aplikasi dan web Blynk.

iv. *Pengujian Sensor PZEM-004T AC*

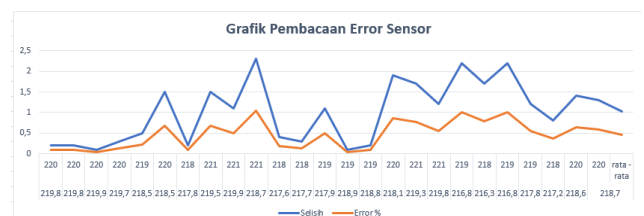
Pengujian sensor PZEM-004T dilakukan agar mengetahui tingkat akurasi sensor dengan cara membandingkan nilai hasil pembacaan sensor PZEM-004T dengan alat ukur (Avo Meter). Pada setiap sensor Hasil perbandingan yang sudah didapat bisa dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8 Untuk mengetahui nilai kesalahan (error) pada setiap sensor dengan menggunakan Persamaan (1)



Gambar 4: Diagram alir program pada perangkat keras

berikut.

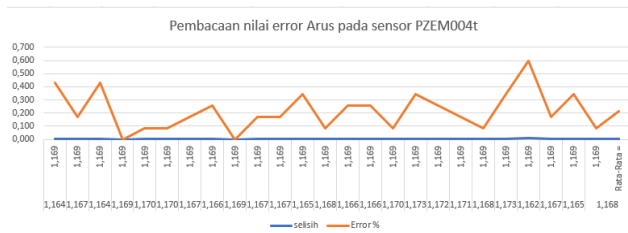
$$Error\% = \frac{\text{Selisih Pengukuran}}{\text{Pengukuran Alat Ukur}} \times 100\% \quad (1)$$



Gambar 5: Data pengujian pada tegangan sensor PZEM-004T

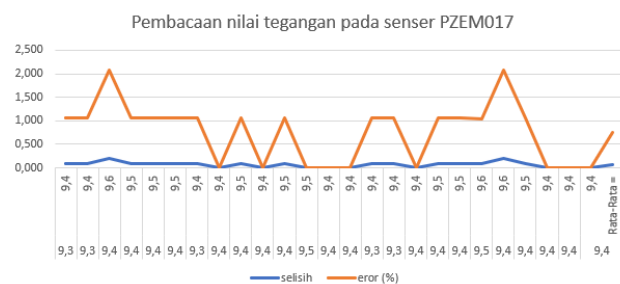
Berdasarkan data pada Gambar 5 dapat diketahui nilai error dari pembacaan nilai Avo meter dan nilai dari sensor PZEM-004T dengan menggunakan Persamaan (1) maka hasil error rata-rata didapatkan dengan nilai

0,47%. Maka dapat disimpulkan bahwa sensor PZEM-004T dapat membaca nilai tegangan pada arus listrik dan dapat bekerja dengan baik.

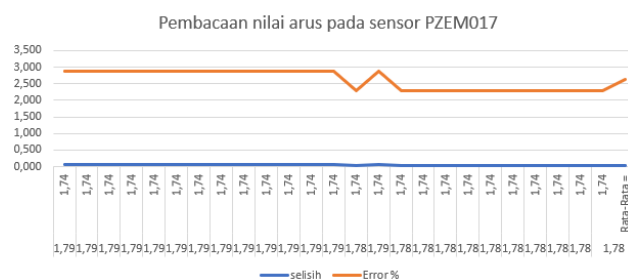


Gambar 6: Data pengujian error pada tegan PZEM-004T

Berdasarkan data pada Gambar 6 dapat diketahui nilai error dari pembacaan nilai Avo meter dan nilai dari sensor PZEM-004T dengan menggunakan Persamaan (1) maka hasil error rata-rata didapatkan dengan nilai 0,22%. Maka dapat disimpulkan bahwa sensor PZEM-004T dapat membaca nilai arus listrik dan dapat bekerja dengan baik



Gambar 7: Data pengujian error pada tegangan PZEM-017



Gambar 8: Data pengujian error pada arus PZEM-017

v. Pengujian Sensor PZEM-017 DC

Pengujian sensor PZEM-017 dilakukan agar mengetahui tingkat akurasi sensor dengan cara membandingkan nilai hasil pembacaan sensor PZEM-017 dengan alat ukur (Avo Meter). Pada setiap sensor Hasil perbandingan yang sudah didapat bisa dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10. Untuk mengetahui nilai kesalahan (error) pada setiap sensor dengan menggunakan Persamaan (1).

Berdasarkan data pada Gambar 7 dapat diketahui nilai error dari pembacaan nilai Avo meter dan nilai dari sensor PZEM-017 dengan menggunakan Persamaan (1) maka hasil error rata-rata didapatkan dengan nilai 0,8%. Maka dapat disimpulkan bahwa sensor PZEM-017 dapat membaca nilai tegangan pada arus listrik dan dapat bekerja dengan baik.

Berdasarkan data pada Gambar 8 dapat diketahui nilai error dari pembacaan nilai Avo meter dan nilai dari sensor PZEM-017 dengan menggunakan Persamaan (1) maka hasil error rata-rata didapatkan dengan nilai 2,62%. Maka dapat disimpulkan bahwa sensor PZEM-017 dapat membaca nilai tegangan pada arus listrik dan dapat bekerja dengan baik.

Tabel 1: Data pengujian nominal pembayaran pengisian baterai DC dengan satuan waktu adalah menit:detik

No	Nominal Rp	Set Poin KWH	Waktu
1	1	0,00075	1:30
2	5	0,00377	9:42
3	10	0,00755	20:36
4	50	0,03773	117:04
5	100	0,07547	213:56

v.1 Pengujian Sistem Prabayar

Pada pengujian sistem prabayar ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui proses pengisian baterai sepeda listrik dan mengetahui waktu yang didapat saat proses pengisian baterai sepeda listrik dengan memasukan jumlah nominal pembayaran yang diinginkan lalu nantinya akan dikonversi menjadi satuan kwh. Pengujian ini meliputi pengisian baterai DC dan AC.

Tabel 2: Data pengujian nominal pembayaran pengisian baterai AC dengan satuan waktu menit:detik

No	Nominal Rp	Set Poin KWH	Waktu
1	1	0,00075	1:18
2	5	0,00377	14:43
3	10	0,00755	23:27
4	50	0,03773	118:44
5	100	0,07547	234:17

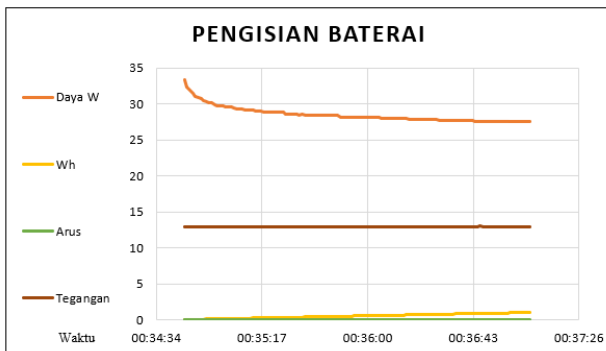
Berdasarkan data pada Tabel 1 dan Tabel 2 dapat diketahui waktu pengisian baterai yang didapat dari beberapa jumlah nominal rupiah yang sudah dikonversi menjadi kWh didapatkan waktu yang berbeda-beda sesuai dengan jumlah nominal pembayaran yang dimasukkan.

vi. Pengujian OLED

Pengujian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui bahwa OLED mampu menampilkan data seperti pada serial monitor, jika data yang ditampilkan sama dengan serial monitor maka OLED bekerja dengan baik sesuai dengan rancangan yang diinginkan, Gambar 11 OLED yang menampilkan data sesuai dengan tampilan pada serial monitor.



Gambar 9: Tampilan data parameter sensor OLED



Gambar 10: Grafik data serial monitor Arduino IDE

Berdasarkan pada Gambar 10 pengujian ini berhasil menampilkan data parameter sensor pada OLED yang sesuai pada penampilan data parameter sensor diserial monitor Arduino IDE dalam bentuk grafik bisa dilihat pada Gambar 9.

vii. Pengujian Pengamatan Aplikasi dan Web

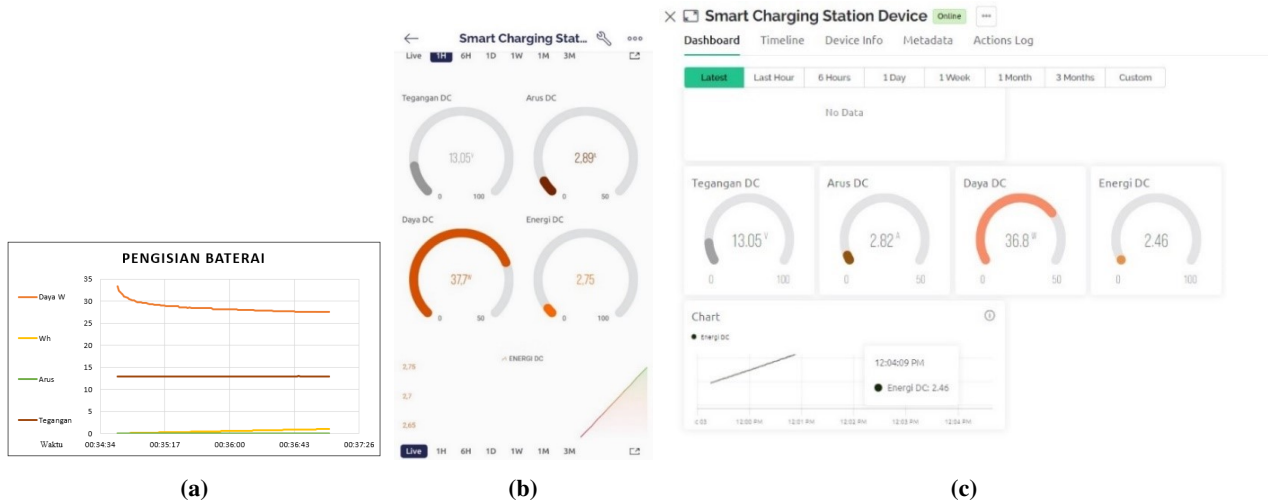
Pengujian pengamatan aplikasi dan web dilakukan dengan menampilkan nilai bacaan sensor PZEM-017 yang memiliki masing-masing parameter yaitu tegangan, arus, daya dan energi yang akan ditampilkan pada

aplikasi dan web Blynk. Tujuan dari pengujian ini untuk mengetahui perbandingan hasil nilai pembacaan sensor pada serial monitor dalam bentuk grafik dengan aplikasi dan web Blynk.

Pada hasil perbandingan dari pengujian ini dapat dilihat dari Gambar 11 Pada bagian (a) tampilan nilai data dari serial monitor Arduino IDE yang berbentuk grafik untuk mengetahui nilai bacaan sensor, lalu pada tampilan aplikasi Blynk dapat dilihat pada Gambar bagian (b) dan tampilan web Blynk bisa dilihat pada bagian (c). Pada aplikasi dan web Blynk memiliki widget grafik yang berfungsi untuk mengetahui nilai dari energi saat pengisian baterai berlangsung secara real time. Pada pengujian aplikasi dan web Blynk ini dapat diketahui memiliki kemampuan dalam memonitoring pembacaan nilai sensor secara real time dan bisa memonitoring dari jarak yang cukup jauh, akan tetapi tetap memiliki kekurangan yaitu pada kecepatan internet.

IV. KESIMPULAN

Dari perancangan, pengujian dan analisis yang sudah dilakukan dalam pembuatan “Sistem Pengisian Baterai Sepeda Listrik Berbasis Internet Of Things (IoT)” maka telah didapatkan kesimpulan sebagai berikut. Sistem pengisian baterai sepeda listrik berbasis internet of things dapat bekerja dan berfungsi dengan baik sesuai dengan yang direncanakan. Penelitian ini menggunakan dua sensor yang terdiri dari sensor PZEM 004T tegangan AC dan sensor PZEM 017 tegangan DC. Kedua sensor ini dihubungkan pada mikrokontroler sebagai pengendali proses pengambilan data. Alat ini juga dilengkapi dengan sebuah Oled untuk menampilkan data-data yang dibutuhkan. Semua sensor yang diuji dan digunakan mempunyai nilai error dibawah 5%, dapat disimpulkan bahwa nilai yang dibaca oleh sensor cukup akurat. Implementasi Internet of Things dalam proses pengisian baterai sepeda listrik berhasil dilakukan menggunakan media aplikasi dan web Blynk. Parameter yang merepresentasikan performa pengisian baterai sepeda listrik terdiri dari tegangan, arus, daya dan energi yang dapat ditampilkan secara realtime. Sistem transaksi prabayar untuk memulai proses pengisian baterai sepeda listrik pada penelitian ini dilakukan sebelum proses pengisian. Hal yang pertama dilakukan ialah memasukkan jumlah nominal sesuai dengan kebutuhan pengguna, kemudian pengguna melakukan pembayaran dan sistem akan melakukan pengisian pada sepeda listrik. Ketika memasukan nominal pembayaran, relay akan aktif dan alat mulai melakukan pengisian baterai hingga mencapai nilai kWh sesuai dengan nilai pembayaran yang dimasukan pengguna. Apabila sudah sesuai dengan nilai kWh, relay pada sistem akan cut off secara otomatis dan pengisian baterai sepeda listrik



Gambar 11: Hasil penampilan pada aplikasi Blynk sesuai dengan data pada serial monitor Arduino IDE (a) tampilan data pada serial monitor (b) tampilan data pada aplikasi (c) tampilan data pada web

dinyatakan selesai.

PERSANTUNAN

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Universitas Negeri Malang yang telah membiayai publikasi penelitian ini melalui Dana Internal UM Tahun Anggaran 2023 melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] O. Ahmad Mukhlis, "Kajian teknologi pada sepeda motor bertenaga listrik," *Jurnal Inosains*, vol. 12, pp. 41–49, 2017.
- [2] C. R. Amelia, B. P. Samadikun, dan H. S. Huboyo, "Analisis shifting penggunaan moda kendaraan bermotor ke kereta api terhadap penurunan emisi gas rumah kaca (co₂, ch₄, dan n₂o) studi kasus: Daerah operasional viii surabaya," Ph.D. dissertation, Diponegoro University, 2017.
- [3] N. Wijaya, I. Kumara, C. Partha, dan Y. Divayana, "Perkembangan baterai dan charger untuk mendukung pemasyarakatan sepeda listrik di indonesia," *Jurnal SPEKTRUM Vol.*, vol. 8, no. 1, 2021.
- [4] I. Utami, D. Yoegiantoro, dan N. A. Sasongko, "Implementasi kebijakan kendaraan listrik indonesia untuk mendukung ketahanan energi nasional," *Ketahanan Energi*, vol. 8, no. 1, 2022.
- [5] V. T. P. Sidabutar, "Kajian pengembangan kendaraan listrik di indonesia: prospek dan hambatannya," *Jurnal Paradigma Ekonomika*, vol. 15, no. 1, pp. 21–38, 2020.
- [6] A. Habibie dan W. Sutopo, "A literature review: commercialization study of electric motorcycle conversion in indonesia," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 943, no. 1. IOP Publishing, 2020, p. 012048.
- [7] F. Sodik, "Desain sepeda listrik untuk ibu rumah tangga sebagai sarana transportasi sehari-hari yang dapat diproduksi ukm lokal," *Jurnal Sains dan Seni ITS*, vol. 4, no. 2, 2016.
- [8] N. I. Suendri, S. Hani, dan S. Priyambodo, "Analisis performa brushless motor dc pada mobil listrik molista," *Jurnal Elektrikal*, vol. 5, no. 1, pp. 18–25, 2018.
- [9] N. Nurhadi, "Pengembangan sepeda motor listrik sebagai sarana transportasi ramah lingkungan," *Prosiding SENIATI*, vol. 4, no. 2, pp. 249–255, 2018.
- [10] T. Eccarius dan C.-C. Lu, "Powered two-wheelers for sustainable mobility: A review of consumer adoption of electric motorcycles," *International journal of sustainable transportation*, vol. 14, no. 3, pp. 215–231, 2020.
- [11] S. K. Huang, L. Kuo, dan K.-L. Chou, "The impacts of government policies on green utilization diffusion and social benefits—a case study of electric motorcycles in taiwan," *Energy Policy*, vol. 119, pp. 473–486, 2018.
- [12] K. Kazemzadeh dan E. Ronchi, "From bike to electric bike level-of-service," *Transport reviews*, vol. 42, no. 1, pp. 6–31, 2022.
- [13] M. Nematchoua, C. Deuse, M. Cools, dan S. Reiter, "Evaluation of the potential of classic and electric bicycle commuting as an impetus for the transition towards environmentally sustainable cities: A case study of the university campuses in liege, belgium," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 119, p. 109544, 2020.
- [14] W. Sařabun, K. Palczewski, dan J. Watróbski, "Multicriteria approach to sustainable transport evaluation under incomplete knowledge: Electric bikes case study," *Sustainability*, vol. 11, no. 12, p. 3314, 2019.
- [15] S. Allifah, Y. Syaukat, dan P. Wijayanti, "Dampak tenaga air dan bahan bakar fosil terhadap implementasi ekonomi hijau di indonesia," *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, vol. 9, no. 3, pp. 102–112, 2022.
- [16] A. Subhan dan B. Prihandoko, "Studi sifat elektrokimia sel baterai sekunder pouchcell lithium ion lifepo₄/graphite aplikasi daya tinggi," *Spektra: Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, vol. 2, no. 3, pp. 173–178, 2017.
- [17] M. H. Fadhilah, E. Kurniawan, dan U. Sunarya, "Perancangan dan implementasi mppt charge controller pada panel surya menggunakan mikrokontroler untuk pengisian baterai sepeda listrik," *eProceedings of Engineering*, vol. 4, no. 3, 2017.
- [18] Y. A. Santoso, D. K. Setiawan, dan B. S. Kaloko, "Rancang bangun sistem pengisi baterai lead acid berbasis mikrokontroler atmega328 dengan sumber stand-alone pv system," *Jurnal Arus Elektro Indonesia*, vol. 2, no. 1, 2016.

- [19] A. Arman, M. J. Dullah, dan A. K. Muhammad, "Perancangan sepeda listrik menggunakan motor bldc dengan penggerak depan untuk area perumahan," in *Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M)*, vol. 5, no. 1, 2020, pp. 90–96.
- [20] R. Sobri, "Politik dan kebijakan: Pendidikan agama dan keagamaan di indonesia (analisis kebijakan pp no 55 tahun 2007)," *Edukasi Islami: Jurnal Pendidikan Islam*, vol. 8, no. 01, pp. 109–124, 2019.
- [21] A. K. Suidiana dan I. W. A. S. Mudiana, "Penegakan hukum pelanggaran tidak memakai masker di kota denpasar (perspektif penerapan peraturan gubernur bali nomor 46 tahun 2020)," *Jurnal Yusthima*, vol. 2, no. 1, pp. 29–36, 2022.
- [22] N. Wijaya, I. Kumara, C. Partha, dan Y. Divayana, "Perkembangan baterai dan charger untuk mendukung pemasyarakatan sepeda listrik di indonesia," *Jurnal SPEKTRUM Vol*, vol. 8, no. 1, 2021.
- [23] N. Nurhadi, "Pengembangan sepeda motor listrik sebagai sarana transportasi ramah lingkungan," *Prosiding SENIATI*, vol. 4, no. 2, pp. 249–255, 2018.
- [24] J. V. Hutagaol, D. Setiawan, dan H. Eteruddin, "Perancangan sistem monitoring kendaraan listrik," *Jurnal Teknik*, vol. 16, no. 1, pp. 96–102, 2022.
- [25] E. E. Prasetyo, "Aplikasi internet of things (iot) untuk pemantauan dan pengendalian beban listrik di ruangan," *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, vol. 4, no. 2, pp. 28–39, 2017.