

Sistem Monitoring Charger Baterai VRLA Menggunakan Switch Mode Power Supply Berbasis Internet Of Things

¹Widjonarko, ²Triwahju Hardianto, ³Muhammad Alfarizqi

¹²³ Teknik Elektro, Universitas Jember, Jember

¹widjonarko.teknik@unej.ac.id, ²Triwahju.teknik@unej.ac.id, ³muhammadalfarizqi13@gmail.com

Abstract - The VRLA battery charging process using a Switch Mode Power Supply (SMPS) in this test plays a very active role in maintaining battery reliability. In the SMPS there are CC and CV that regulate a stable current at 1.8 Amperes and a voltage at 14.1 volts. Charging is integrated with the IoT system by utilizing Arduino mega communication with esp32 which is connected to the application for monitoring and controlling the cut-off relay. The esp32 Rx is connected to the Arduino mega tx and the esp32 tx is connected to the Arduino rx which makes both communicate two-way. Charging an 18Ah battery takes place for 2 hours and 16 minutes with an initial voltage of 13.44 volts, a stable current of 1.787 amperes, and a duty cycle of 21.24% in CC mode, while CV mode starts at a voltage of 14.1 volts with a current slowly decreasing to 0.3 amperes and approaching the automatic or manual cut-off relay switching mode to continue charging the 2nd battery, namely 5Ah. The 5Ah battery charging process is faster due to its smaller capacity and higher initial voltage compared to 18Ah, so the charging time is only 45 minutes. In this study, the cut-off relay switching and monitoring system works very well with a small error of 0.55% and a fast switching time of 1.3 seconds.

Keywords — Switch Mode Power Supply, Internet Of Things, Constant Current, Constant Voltage, VRLA Battery

Abstrak— Proses pengisian baterai VRLA menggunakan Switch Mode Power Supply (SMPS) dalam pengujian ini sangat berperan aktif dalam menjaga keandalan baterai. Dalam SMPS terdapat CC dan CV yang mengatur arus stabil di 1,8 Ampere dan tegangan di 14,1 volt. Pengisian terintegrasi dengan sistem IoT dengan memanfaatkan komunikasi Arduino mega dengan esp32 yang terkoneksi dengan aplikasi untuk memonitoring dan kontrol relay *cut off*. Rx esp32 terhubung dengan tx Arduino mega dan tx esp32 terhubung dengan rx Arduino yang membuat keduanya berkomunikasi dua arah. Pengisian baterai 18Ah terjadi selama 2 jam 16 menit dengan tegangan awal 13,44 volt arus stabil 1,787 ampere dan dutycycle 21,24% mode CC, sedangkan mode CV dimulai pada tegangan 14,1 volt dengan arus perlahan turun hingga 0,3 ampere dan mendekati mode perpindahan relay *cut off* otomatis atau manual untuk melanjutkan ke pengisian baterai 2 yakni 5Ah. Proses pengisian baterai 5Ah lebih cepat dikarenakan kapasitas yang lebih sedikit dan tegangan awal yang lebih tinggi dibandingkan dengan 18Ah sehingga waktu yang pengisian hanya 45 menit. Dalam penelitian ini. Sistem perpindahan relay *cut off* dan monitoring bekerja sangat bagus dengan error kecil 0.55% dan waktu perpindahan yang cepat 1,3 detik.

Kata Kunci—Switch Mode Power Supply, Internet Of Thing, Constant Current, Constant Voltage, Baterai VRLA

I. PENDAHULUAN

Penyimpanan energi Listrik dalam era teknologi saat ini semakin di butuhkan, penyimpanan energi listrik ini dilakukan dengan menggunakan baterai sebagai Cadangan sistem energi Listrik ketika mengalami pemadaman dari sumber utamanya. Baterai yang digunakan pada penelitian ini berjenis Valve Regulated Lead Acid (VRLA), yang merupakan jenis baterai *free maintenance* dikarenakan ketika baterai mengalami pemakaian yang menyebabkan kapasitasnya menurun tidak perlu menambahkan larutan asam pada baterai melainkan hanya melakukan proses pengisian ulang [1]-[2]. Proses pengisian ini harus sesuai dengan standar yang ditentukan seperti halnya tegangan dan arus tidak boleh melebihi batas baterainya yang nantinya dapat menyebabkan baterai mengalami *over charge* dan berdampak pada umur pakai baterai tersebut.

Berdasarkan permasalahan tersebut pengisian baterai dapat dilakukan dengan beberapa jenis dan cara, salah satunya menggunakan alat berupa Switch Mode Power Supply (SMPS) yang berperan penting dalam pengontrolan arus maupun tegangan pada saat pengisian baterai [3]-[4]. Menurut penelitian yang dilakukan oleh [5] SMPS bisa mengatur nilai tegangan dan arus output dengan mengatur nilai tegangan Pulse Width Modulation (PWM) pada gate

mosfet sehingga tegangan output maupun arus output dapat di kontrol melalui persentase *dutycyle* yang mempengaruhi durasi mosfet dalam kondisi aktif atau non aktif. Perbandingan nilai *dutycycle* yang semakin tinggi menyebabkan PWM akan aktif lebih lama dibandingkan ketika off [6]. Pengaturan nilai *dutycyle* sangat berperan aktif dalam proses pengecasan baterai masuk dalam mode *Constant Current* atau *Constant Voltage*, mode CC berperan menjaga nilai arus output tetap stabil yang menyebabkan nilai tegangan baterai akan bertahap naik, dan jika sudah menyentuh batas tegangan maka masuk ke mode CV yang mana akan menyebabkan nilai arus yang stabil tadi perlahan turun hingga batas *cut off* [7]. Pembangkitan PWM dapat dilakukan dengan menggunakan mikrokontroller berupa Arduino dengan pin PWM yang tersedia[8].

Pada penelitian [9] pengecasan baterai dilakukan dengan menggunakan SMPS dengan menggunakan kontrol PWM dengan mikrokontroller berupa Arduino nano dan Arduino mega proses pengecasan baterai VRLA untuk nilai tegangan dan arus output maupun input serta nilai *dutycycle* yang digunakan masih di pantau melalui serial monitor pada aplikasi Arduino IDE dan juga melalui LCD i2c. Arduino membangkitkan PWM yang dikirimkan ke driver mosfet agar menaikkan nilai tegangannya supaya sesuai dengan spesifikasi batas tegangan gate mosfet [10].

Berdasarkan pada permasalahan yang dilakukan pada penelitian tersebut pengembangan *smart charger* yang mengontrol proses pemutusan pengecasan lebih dari 1 baterai yang digunakan, serta memonitoring parameter input dan output pada SMPS yang menuju pada baterai VRLA dengan berbasis *Internet Of Thing*. Pengecasan baterai dengan SMPS berbasis IoT berdampak lebih mudah dalam proses monitoring dan kontrol sistem pengecasan baterai dikarenakan adanya sistem data logger selama proses pengecasan yang berperan sebagai data pengguna untuk melihat histori pengecasan baterai, serta data realtime untuk melihat ketika proses pengecasan sedang berlangsung pada baterai.

II. METODE PENELITIAN

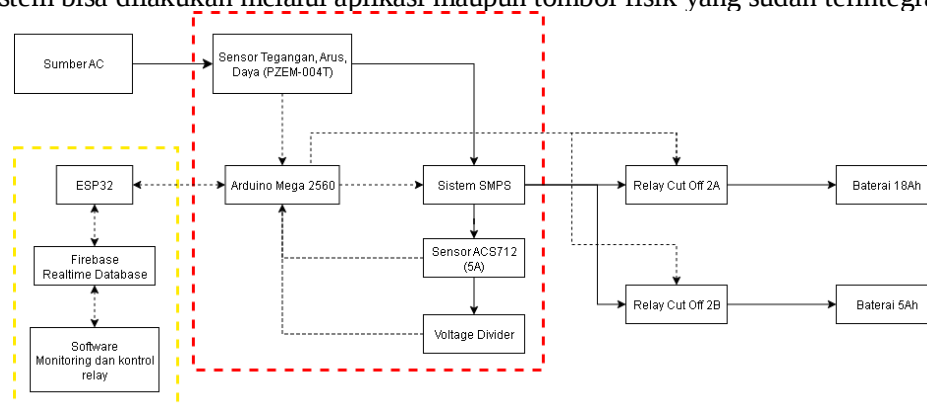
A. Metode

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Konversi dan Sistem Tenaga Listrik 2 sebagai pengujian alat dan penggunaan alat laboratorium seperti Power Supply dan solder. Penelitian ini dilakukan melalui dua tahapan, tahap awal merupakan pembuatan block diagram, flowchart kerja alat hingga proses pembuatan kode untuk Arduino mega dan esp32. Tahapan kedua melakukan pengujian sistem IoT pada SMPS, meliputi pemantauan nilai tegangan dan arus input output, efisiensi, grafik hingga pengontrolan relay *cut off*.

B. Alur Kerja Sistem

1.1 Blok Diagram Alat

Pada alat ini terdapat dua bagian utama, yakni sistem IoT dan sistem SMPSnya, dimana sistem IoT ini menggunakan Esp32 yang terhubung dengan *wifi* yang akan mengirimkan semua parameter dari Arduino menuju ke *database*. Komunikasi esp32 dengan Arduino berjalan dua arah sehingga ketika *database* menerima perubahan perintah kontrol dari aplikasi maka esp32 mengirimkan perintah tersebut kepada Arduino Mega agar melakukan proses pengaturan *cut off* berjalan sesuai dengan perintah dari aplikasi ataupun tombol fisik. Sehingga pengontrolan sistem bisa dilakukan melalui aplikasi maupun tombol fisik yang sudah terintegrasi.

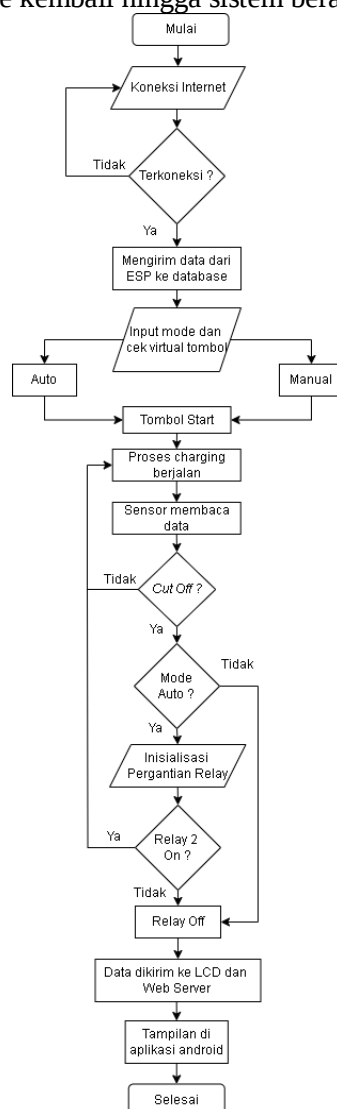


Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Pada gambar 1, Sistem SMPS disini diatur oleh Arduino mega yang memberikan PWM dengan mengacu pada hasil pembacaan sensor ACS712 untuk arus dan sensor *Voltage Divider* untuk tegangan yang disebut sebagai *flyback* untuk mengatur PWM agar masuk di mode CC atau CV saat proses pengecasan. Arduino mega juga berperan pada saat proses *cut off* jika diterima perintah otomatis maka perpindahan pengecasan dari Relay 2A menuju relay 2B terjadi secara otomatis, dan jika di terima perintah dari esp32 manual maka sistem ketika baterai penuh pada relay 2A maka akan tetap di relay 2A tanpa berpindah ke relay 2B,

1.2 Flowchart Alat

Sistem kerja alat pertama kali melakukan pengecekan koneksi internet, jika tidak terkoneksi akan terus berulang hingga sistem terkoneksi dengan internet. Proses koneksi internet berhasil maka masuk dalam proses pemilihan mode *cut off* pengecasan baterai, “Auto” merupakan peralihan secara otomatis dan “manual” peralihan secara manual pada baterai 1 ke baterai 2. Proses pemilihan ini juga bisa dilakukan melalui tombol fisik yang disediakan. Pengecasan berlangsung sistem akan terus mendeteksi apakah pengecasan sudah *cut off* atau tidak, jika *cut off* maka melakukan pembacaan mode kembali hingga sistem berakhir. Semua proses ini dilakukan secara IoT.

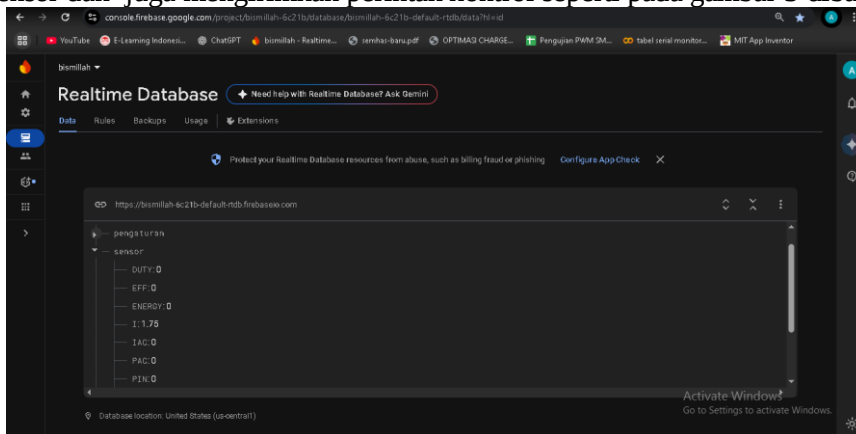


Gambar 2. Flowchart Sistem

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perancangan Sistem Monitoring dan Kontrol

Sistem ini dibuat dengan menggunakan arduino mega 2560 yang berkomunikasi secara dua arah dengan esp32 yang terhubung dengan rx dan tx, dimana rx esp32 terhubung dengan tx arduino. Hal ini bertujuan agar rs sebagai pin penerima dari kedua mikrokontroler dapat menerima dari pin pengirim (tx) dari keduanya, sehingga keduanya bisa berkomunikasi dua arah menerima dan mengirim. Arduino mengirim hasil pembacaan sensor dan nilai dutycycle yang sedang digunakan, sedangkan esp32 menerimanya serta mengirim hasil perintah kontrol dari aplikasi menuju ke arduino. Esp32 dapat membaca perintah dari aplikasi melalui penghubung yakni *database*, yang digunakan pada penelitian kali ini berupa *firebase*. Firebase berperan sebagai penghubung dari esp32 menuju ke aplikasi untuk membaca parameter sensor dan juga mengirimkan perintah kontrol seperti pada gambar 3 dibawah ini.

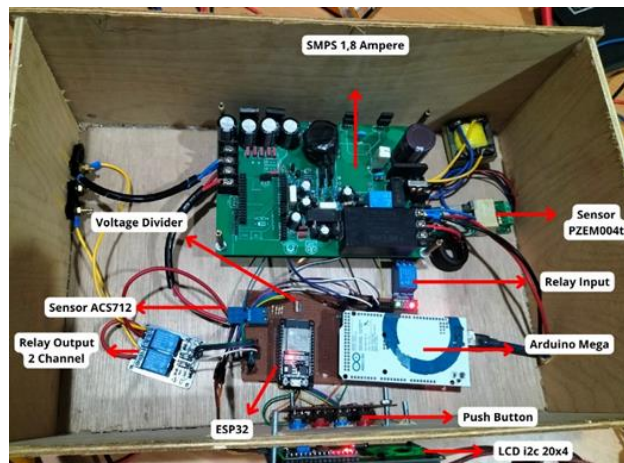


Gambar 3. Tampilan *Firestore*

Penampilan hasil pembacaan sensor dan dapat mengontrol data tersebut yang di *firebase* pada aplikasi yang telah dibuat melalui website MIT APP Inventor, dimana web tersebut berperan dalam pembuatan aplikasi *smart charger* yang menggunakan pemrograman jenis blok dan bisa langsung di install pada *handphone*. Hasil pembuatan aplikasi terdapat pada gambar 4



Gambar 4. Hasil Pembuatan Aplikasi



Gambar 5. Hasil Perancangan Alat

Pada gambar 5 digunakan sensor PZEM004t yang berperan sebagai pembaca data input dari tegangan AC yang kemudian masuk kepada SMPS, dan di bagian output sebelah kiri terdapat sensor *voltage divider* dan ACS712 yang berperan sebagai pembaca nilai tegangan dan arus DC keluaran dari SMPS. Relay di bagian input berperan sebagai pemutus tegangan AC SMPS supaya bisa di kontrol untuk menghidupkan atau mematikannya, sedangkan untuk Arduino, esp32, sensor dan relay menerima daya dari AC yang dirubah oleh adaptor menjadi DC 5 volt sebagai supply yang terhubung sebelum proses pemutusan relay input.

B. Pengujian Aplikasi Pada Pengecasan Baterai

Pengecasan dilakukan pada 2 baterai VRLA yang memiliki kapasitas berbeda yakni 18 Ah dan 5Ah. Proses pengujian aplikasi dilakukan dengan menggunakan dummy load untuk mengetahui karakteristik aplikasi dan pengecasan baterai. Beban dummyload yang digunakan 5 Ohm hingga 14 Ohm yang dianggap sebagai resistansi baterai ketika baterai mengalami kondisi tidak penuh dan penuh. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 1

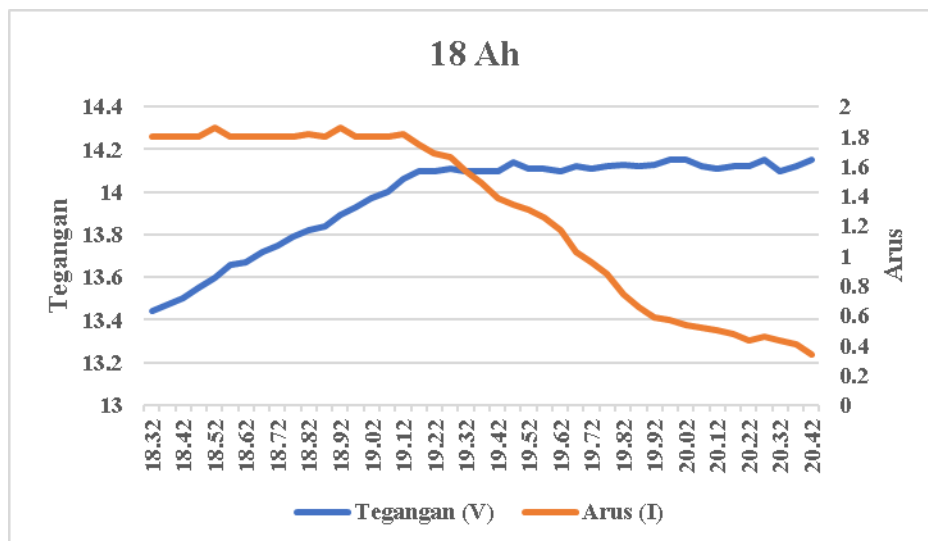
Tabel 1. Perbandingan Akurasi Pembacaan LCD dengan Aplikasi

No	Beban (Ω)	Vout LCD (V)	Vout App (V)	Error Vout (%)	Iout LCD (A)	Iout App (A)	Error Iout (%)
1	5	10.6	10.56	0.38	1.82	1.81	0.55
2	6.9	12.82	12.75	0.55	1.87	1.86	0.53
3	7.7	13.58	13.51	0.52	1.81	1.8	0.55
4	9	14.14	14.11	0.21	1.62	1.61	0.62
5	10.8	14.12	14.08	0.28	1.35	1.34	0.74
6	14	14.1	14.08	0.14	1.023	1.02	0.29

Hasil pengujian dapat diketahui bahwa akurasi pembacaan antara aplikasi dan lcd sebagai sistem monitoring sangat baik, dimana perbedaan sangat kecil antara nilai tegangan yang ditampilkan pada LCD dan aplikasi. *Error persentase* yang terukur berkisar dari 0.14% hingga 0.55%. Paling tinggi nilai kesalahan terdapat pada 0.55% yang menggunakan beban 6.9 Ohm, dan kesalahan terkecil saat menggunakan beban 14 Ohm sebesar 0.14%.

C. Pengujian Pengecasan Baterai 18 Ah

Proses pengecasan baterai 18 Ah dimulai pada pukul 18.32 WIB hingga berakhir pada pukul 20.42 yang berjalan selama 2 jam 16 menit. Proses pengecasan baterai menggunakan mode CC sebesar 1,8 Ampere yang mengacu pada kapasitas baterai 18Ah. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 6 dibawah ini.

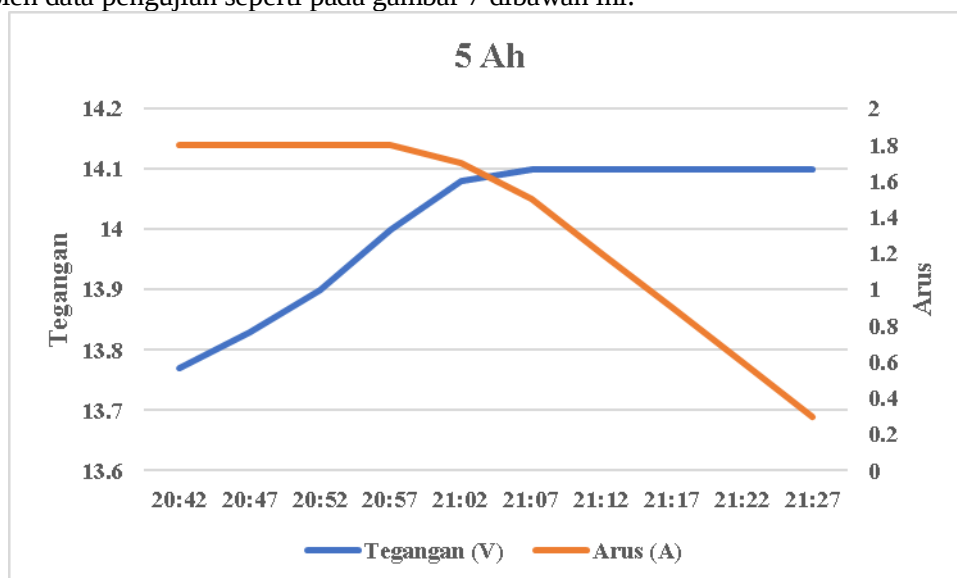


Gambar 6. Hasil Pengisian Baterai 18Ah

Pengisian baterai dimulai dengan tegangan 13,44 volt dan arus 1,797 ampere mode CC. Pada fase awal dutycycle yang digunakan sebesar 21,24% selama 1 jam pertama, dan membuat nilai tegangan semakin naik dari 13,44 volt menjadi 14,1 volt dan arus stabil di 1,8 ampere. Peningkatan ini juga dilakukan oleh *dutycycle* secara bertahap yang dimana berbanding lurus dengan kenaikan tegangan, hal ini bertujuan agar selisih tegangan tetap terjaga dan dapat mempertahankan arus pengisian tetap konstan di 1,8 ampere. Pada pukul 20.48 terjadi perpindahan mode dari CC menjadi CV yang mempertahankan nilai tegangan agar tetap constant di 14,1 volt dengan arus yang semakin turun. Penurunan ini diikuti dengan penurunan *dutycycle* yang menunjukkan bahwa beban pengisian berkurang, dari awalnya 1,49 ampere dengan *dutycycle* 21,55% turun terus hingga mencapai 0,34 ampere dengan *dutycycle* 0%. Proses penurunan *dutycycle* ini agar mengurangi durasi aktif pada PWM supaya daya yang disalurkan semakin berkurang hingga baterai penuh.

D. Pengujian Pengisian Baterai 5Ah

Pengujian pada baterai 5Ah dengan spesifikasi pengisian baterai yang sama dengan 18Ah yakni arus 1,8 Ampere mode CC. Diperoleh data pengujian seperti pada gambar 7 dibawah ini.



Gambar 7. Hasil Pengisian Baterai 5Ah

Hasil data tersebut membuktikan bahwasannya proses pengecasan pada baterai 5Ah lebih cepat dibandingkan dengan baterai 18Ah, Hal ini dikarenakan kapasitas yang dimiliki berbeda dimana 5Ah memiliki kapasitas lebih kecil dibandingkan 18Ah. Proses pengecasan dilakukan pada pukul 20.42 yang mana pengujian dilakukan dengan kontrol relay *cut off* mode “auto” yang mana proses pengecasan dari baterai pertama atau relay *cut off* 2A akan langsung berpindah ke relay 2B jika relay pertama sudah penuh atau dutycycle masuk pada 0% yang mengindikasikan pengecasan *cut off*.

Pada pukul 20.42 WIB diperoleh nilai tegangan baterai 13,77 Volt dan arus pengecasan 1,8 Ampere dengan dutycycle 26,90%. Mode CC yang terjadi sangat sebentar dikarenakan nilai tegangan pengecasan awal dimulai dari 13,77 volt, sehingga menuju batas maksimum 14,1 volt sangat sedikit. Pada pukul 21.07 baterai sudah masuk ke mode CV yakni tegangan 14,1 volt dan arus perlahan turun menjadi 1,5 ampere dengan dutycycle 25,30%. Proses mode CV juga berjalan lebih cepat dibandingkan ketika menggunakan baterai 18Ah yakni sekitar 20 menit dari pukul 21.07 hingga 21.27 dimana total waktu pengecasan selama 45 menit.

E. Pengujian Kontrol Sistem

Pada Pengujian kontrol ini dilakukan dengan memilih mode “auto” atau “manual” . Pemilihan mode dilakukan dengan menekan tombol 1, 2, 3 pada aplikasi dan juga tombol fisik. Dimana tombol 1 berperan sebagai manual relay 2A, tombol 2 berperan sebagai manual relay 2B, dan tombol 3 berperan sebagai auto dari relay 2A menuju relay 2B seperti pengujian pengecasan baterai 18Ah dan 5Ah diatas. Pengujian dilakukan dengan diperoleh tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Pengujian *Cut Off Relay*

No.	Mode Charging	Tegangan Charger (V)	Arus Charger (A)	Status Relay	Waktu Respon (detik)	Keterangan
1	Mode 1 (2A)	13.80	1.85	ON	0.5	Sistem mulai charging
2	Mode 1 (2A)	14.1	0.340	OFF	1.2	Relay berhasil memutus
3	Mode 1 (2A)	14	0	OFF	0.5	Relay tetap OFF
4	Mode 2 (2B)	13.90	1.80	ON	0.5	Sistem mulai charging
5	Mode 2 (2B)	14.1	0.335	OFF	1.3	Relay berhasil memutus
6	Mode 1 (2B)	14	0	OFF	0.5	Relay tetap OFF
7	Mode 3 (2A)	14.1	0.05	OFF	1.2	Charging dihentikan relay 2A
8	Mode 3 (2B)	14.3	1.85	ON	0.5	Sistem mulai charging mode 2B
9	Mode 3 (2A)	14.1	0.05	OFF	1.2	Charging dihentikan mode 2B

Hasil pengujian membuktikan bahwasannya respond sistem pada saat perubahan perintah dari aplikasi kepada sistem SMPS sangat cepat, Proses perubahan dari pengecasan ke kondisi *cut off* terjadi sekitar 1 detik, Hal ini

merupakan respond yang sangat tinggi dan bisa membuat sistem tidak mengalami *over charger* pada baterai. Proses *cut off* dilakukan dengan 2 sistem, yakni mengatur *dutycycle* menjadi 0% ketika pembacaan sensor DC ACS712 sebesar 0,3 ampere dan mentrigger relay output untuk memutus jalur yang menuju baterai.

IV. KESIMPULAN

Proses pengecasan baterai dengan SMPS yang memiliki mode CC dan CV sangat berperan aktif dalam menjaga keandalan baterai agar tidak *over* sehingga mengurangi umur baterai itu sendiri. Monitoring pengecasan baterai dan kontrol dilakukan dengan presisi yang tinggi, dimana nilai error pada pembacaan sensor 0,55% dan pengontrolan terjadi 0,5 detik. Nilai tersebut sangat bagus dalam monitoring dan kontrol dengan tingkat kesalahan yang rendah, sehingga sistem IoT untuk penerapan pada pengecasan baterai VRLA dengan SMPS berhasil.

Dalam proses pengecasan baterai 18Ah terjadi selama 2 jam 16 menit dengan mode CC 1,8 Ampere dan mode CV 14,1 Volt. Sedangkan dengan karakteristik SMPS yang sama pada pengujian baterai 5Ah proses pengecasan terjadi selama 45 menit. Hal ini terjadi karena kapasitas yang dimiliki baterai berbeda dan nilai tegangan awal yang terdapat pada kedua baterai juga berbeda yakni pada 18Ah sebesar 13,44 volt sedangkan 5Ah sebesar 13,77 volt. Sehingga Sistem SMPS berhasil dibuat dengan aman.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. S. G. Gumilang, S. Djulihenanto, S. L. Hermawan, K. L. Andinia, and Y. I. Wardania, "Sistem Pengisian Baterai VRLA 200Ah 24V Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya 6x100 Wp di PPYD Al-Ikhlas, Singosari, Kabupaten Malang," *Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan*, vol. 11, no. 3, pp. 213–218, Oct. 2024.
- [2] H. S. Suyanto, R. A. Diantari, and T. J. Pramono, "Study of optimization of VRLA and lithium batteries for load consumption of linear and nonlinear," in *Proceedings of the International Conference on Green Technology and Design (ICGTD)*, vol. 2022, Apr. 2023, Art. no. 1314.
- [3] M. Kholil, D. O. Sulistiono, A. Adityo, A. W. Pratama, and W. T. Nugroho, "Rancang Bangun Switching Mode Power Supply dengan Variasi Lilitan Sekunder Transformator untuk Proses Elektroplating," *Jurnal Teknik Terapan*, vol. 3, no. 1, pp. 28-34, 2024.
- [4] M. Nizam, H. Maghfiroh, A. Ubaidilah, I. Inayati, and F. Adriyanto, "Constant current-fuzzy logic algorithm for lithium-ion battery charging," *International Journal of Power Electronics and Drive Systems (IJPEDS)*, vol. 13, no. 2, pp. 926–937, Jun. 2022.
- [5] T. Hardianto, Widjonarko and A. I. A. Akmal, "Switch mode power supply with flyback LED driver topology in public lighting systems energy supply," *International Journal of Power Electronics and Drive Systems (IJPEDS)*, vol. 14, no. 4, pp. 2328-2337, 2023.
- [6] Y. Mulia, H. Purnata, and S. Supriyono, "Perancangan Sistem Penurun Tegangan dengan Menggunakan DC–DC Buck Converter," in *Prosiding Seminar Nasional Wijayakusuma National Conference*, vol. 3, no. 1, 2022.
- [7] I. P. Kharisma, "Desain dan Simulasi Battery Charger Metode CC-CV (Constant Current-Constant Voltage) dengan Buck Converter Menggunakan Matlab Simulink," B.S. Thesis, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia, 2025.
- [8] Y. Wang, S. Y. Kim, Y. Chen, H. Zhang, and S. J. Park, "An SMPS-based lithium-ion battery test system for internal resistance measurement," *IEEE Transactions on Transportation Electrification*, vol. 9, no. 1, pp. 934-944, 2022.
- [9] R. D. Rachwanto, S. Saidah, and A. Amirullah, "Implementasi inverter berbasis square wave dan sinusoidal PWM menggunakan Arduino Uno," *Rekayasa*, vol. 15, no. 2, pp. 182–191, 2022.
- [10] S. Renaningsih, A. Lomi, and A. U. Krismanto, "Perancangan System Kendali Buck Boost Converter Berbasis Arduino Sebagai Kendali Charger Baterai Pada Plts Skala Kecil," *Magnetika: Jurnal Mahasiswa Teknik Elektro*, vol. 8, no. 1, pp. 395-401, 2024.