

## OPTIMALISASI WAKTU PENGISIAN DENGAN SMART DUAL CHARGER PLUG AND PLAY PADA KENDARAAN LISTRIK BERTENAGAKAN BATERAI SLA/VRLA

### OPTIMIZATION OF CHARGING TIME WITH SMART DUAL CHARGER PLUG AND PLAY ON ELECTRIC VEHICLES WITH SLA/VRLA BATTERIES

Raybian Nur<sup>1)</sup>, Akmal Barry<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Polteknik Negeri Banjarmasin, Banjarmasin, Indonesia  
email: raybianbyan@poliban.ac.id\*, akmal\_barry@poliban.ac.id

---

#### Abstract

Received:  
24 Juli 2024

Accepted:  
29 September  
2024

Published:  
30 September  
2024

*The aim of this research is to determine the comparison of the duration of checking using a standard charger with a plug and play smart dual charger; temperature when charging minimum 30 percent to maximum power; and comparison of SOC and SOH value levels. The data collection process includes: Observing the length of the checking duration from 30 percent to 100 percent; Taking battery temperature every 3 hours of checking time; and collecting data on SOC and SOH values before and after the test takes place. Result is that using a smart dual charger makes battery charging more efficient than a standard charger. This test shows that the battery can be optimized with proper charging, but there are some that still need to be replaced because the initial condition is too bad or does not improve enough after being charged. Battery condition can be greatly improved with proper charging, as seen with Battery 3 which initially had very low SOH but became fine after charging. The factor that influences the SOC value is the internal resistance value, because internal resistance shows the battery's ability to carry current.*

**Keywords:** Smart Charger, SLA, VRLA, Battery, Electrical Vehicle

#### Abstrak

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui perbandingan tingkat lama durasi pengecasan menggunakan charger standar dengan smart dual charger plug and play; temperatur saat pengecasan daya minimum 30 persen hingga maksimum; dan perbandingan tingkat nilai SOC dan SOH. Adapun proses pengambilan data diantaranya: Mengamati lama durasi pengecasan mulai 30 persen hingga 100 persen; Pengambilan temperatur baterai setiap 3 jam waktu pengecasan; dan pengambilan data nilai SOC dan SOH sebelum dan sesudah pengecasan berlangsung. Hasil yang didapatkan adalah dengan menggunakan smart dual charger membuat pengisian baterai lebih efisien dibandingkan charger standar, Pengujian ini menunjukkan bahwa baterai bisa dioptimalkan dengan pengisian yang tepat, namun ada beberapa yang tetap perlu diganti karena kondisi awal yang terlalu buruk atau tidak cukup membaik setelah diisi. Kondisi baterai bisa sangat membaik dengan pengisian yang tepat, seperti terlihat pada Baterai 3 yang awalnya memiliki SOH sangat rendah tetapi menjadi baik setelah diisi. Faktor yang mempengaruhi nilai SOC adalah nilai resistansi internal, karena resistansi internal menunjukkan kemampuan baterai dalam mengalirkan arus.

**Kata Kunci:** Smart Charger, SLA, VRLA, Baterai, Kendaraan Listrik

---

DOI: 10.20527/jtamrotary.v7i1.216

**How to cite:** Nur, R., Khalil, M., & Barry, A., "Optimalisasi Waktu Pengisian Dengan Smart Dual Charger Plug And Play Pada Kendaraan Listrik Bertenagakan Baterai SLA/VRLA". *JTAM ROTARY*, 6(2), 193-204, 2024.

---

## PENDAHULUAN

Hadirnya kendaraan listrik (*electric vehicle*) sebagai kendaraan alternatif pengganti kendaraan konvensional dalam upaya mengurangi penggunaan bahan bakar *fossil* disambut dengan baik oleh masyarakat Indonesia khususnya. Hal ini dibuktikan dengan data angka penggunaan kendaraan listrik yang naik secara signifikan sejak tahun 2020 hingga 2022 dengan jumlah motor listrik sebanyak 1.947 unit dan mobil listrik sebanyak 229 unit ditahun 2020, sedangkan ditahun 2022 jumlah motor listrik meningkat drastis sebanyak 25.782 unit dan mobil listrik 7.679 unit.

Peralihan atau transisi dari penggunaan mobil konvensional ke mobil listrik didorong oleh kesepakatan negara-negara di dunia untuk mencapai *Net Zero Emission* (NZE) pada tahun 2060. Begitupun di Indonesia, masa depan industri otomotif Indonesia tengah mengalami transisi menuju industri yang lebih ramah lingkungan. Hal ini terlihat dari pernyataan kesiapan Indonesia untuk memasuki era kendaraan listrik melalui Peraturan Presiden Nomor 55 Tahun 2019 tentang Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (*Battery Electric Vehicle* atau BEV).

Saat ini yang dijual dipasar Indonesia kebanyakan adalah kendaraan listrik roda dua dengan baterai yang berjeniskan SLA (*Sealed Lead Acid*) atau VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*) dikarenakan harga yang lebih terjangkau dibandingkan penggunaan tenaga dari baterai Lithium (Ma et al., 2018). Akan tetapi, baterai dengan jenis SLA atau VRLA memiliki kelebihan dan kekurangan dibandingkan baterai lithium (Hariyadi et al., 2021). Untuk kelebihan yaitu harga yang terjangkau, mudah ditemukan dipasaran dengan berbagai ukuran, dan dapat menyesuaikan diri terhadap arus tinggi. Sedangkan untuk kekurangannya yaitu perlu perawatan lebih lanjut, pengecesan membutuhkan waktu lama, tegangan tidak stabil saat diberi beban, serta memiliki dimensi yang cukup besar dan berat (Suhendra, 2019).

Untuk mengurangi kelemahan dari penggunaan baterai jenis SLA atau VRLA salah satunya yaitu mengoptimalkan waktu pengecesan baterai dengan metode smart dual charger plug and play dengan prinsip kerja membagi jumlah pengecesan baterai menjadi beberapa bagian (Mufty et al., 2020). Analisa performa terhadap jenis baterai SLA atau VRLA akan diamati dengan cara kerja pengecesan dan pemakaian pada kendaraan listrik roda dua untuk menentukan nilai *state of charge* (SOC) terhadap *depth of discharge* (DOD) baterai (Iskandar et al., 2021) (Rahmawan, 2018).

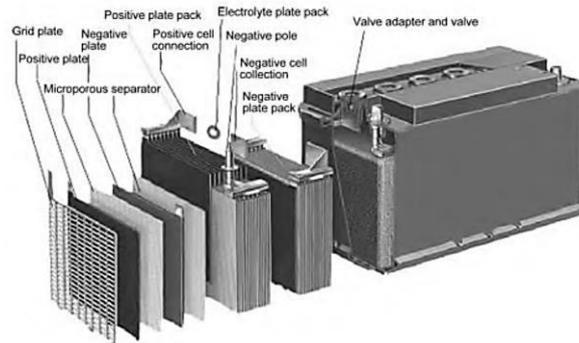
Proses pengecesan pada baterai harus diperhatikan terutama pada penggunaan baterai yang berjeniskan SLA atau VRLA, hal ini bertujuan untuk menghindari baterai *over-charge* dan *over-discharge* yang berpengaruh pada *lifetime* baterai. Ketika baterai digunakan tentunya energi dari baterai tersebut berkurang sehingga memerlukan proses pengisian ulang salah satunya yaitu dengan metode *constant current constant voltage* (CC-CV). Pemilihan metode CC-CV dipilih karena mampu mengurangi kondisi *overcharge* pada baterai sehingga dengan menggunakan metode CC-CV dapat menjaga *lifetime* baterai (Mutfy et al., 2020)

Oleh karena itu, dalam penelitian ini dengan menggunakan metode *smart dual charger plug and play* diharapkan dapat mengontrol kondisi pengecesan dalam memperhatikan CC-CV untuk menghindari *over-charge* dan *over-discharge* yang berpengaruh pada *lifetime* baterai.

### Baterai Lead Acid

Baterai *lead-acid* termasuk kategori baterai *rechargeable*. Meskipun baterai *lead-acid* mempunyai energi yang sangat rendah jika dibandingkan dengan berat dan volumenya, Tetapi baterai *lead-acid* mampu menghasilkan arus yang relatif lebih tinggi

jika dibandingkan dengan beratnya. Disamping harganya yang relatif murah baterai ini juga sangat cocok digunakan pada starter kendaraan bermotor karena dapat menghasilkan arus yang tinggi (May et al., 2018). Baterai *lead-acid* diklasifikasikan menjadi baterai *lead-acid* konvensional dan baterai *valve-regulated lead-acid* (VRLA) (Halıcı, 2010). Pada gambar 1 di bawah ini merupakan gambar konstruksi baterai VRLA.



Gambar 1. Konstruksi baterai SLA atau VRLA

### Charging

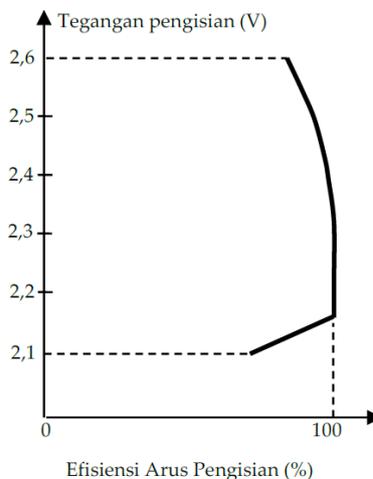
*Charging* merupakan proses pengisian daya dimana baterai akan dialiri oleh sumber listrik yang nilai tegangannya telah disesuaikan dengan spesifikasi pada baterai.

#### 1. Metode *Charging*

Ada beberapa metode standar pengisian baterai SLA yaitu Tegangan Konstan, Pengisian *Float* dan Arus Konstan.

##### a. Pengisian dengan tegangan konstan (*constant voltage charging*)

Metode ini juga disebut CV yang memungkinkan pengisian baterai SLA lebih cepat. Nilai efisiensi arus-pengisian adalah perbandingan nilai arus yang digunakan dalam proses konversi energi elektrokimia dengan nilai arus pengisian baterai. Gambar 2 menunjukkan grafik tegangan pengisian terhadap nilai efisiensi arus-pengisian untuk metode CV, yang menunjukkan bahwa pada rentang tegangan dari 2,2V hingga 2,4V, nilai efisiensi akan mendekati 100% (Setiaji, 2019).

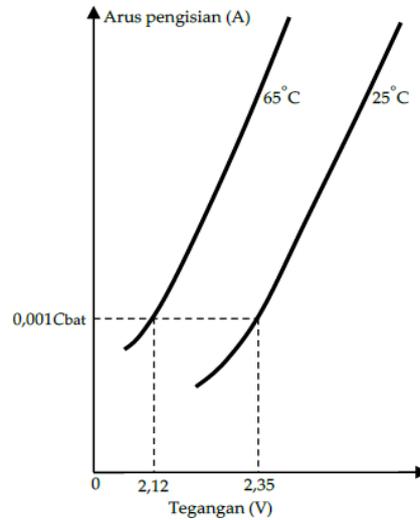


Gambar 2. Grafik Tegangan Pengisian Terhadap Nilai Efisiensi Arus Pengisian Pada Metode CV

##### b. Pengisian *float* (*float charging*)

Jika baterai SLA digunakan sebagai baterai cadangan atau *back-up* dalam sistem, maka *float charging* akan digunakan untuk mengisi baterai. Tegangan baterai harus berada

di antara 2,3 sampai 2,4V agar baterai bertahan lama. Pengisian baterai dengan tegangan di atas 2,4V akan menyebabkan korosi pada *grid* baterai. Perkiraan tegangan baterai saat mengalami *charging float* pada 25°C dan 65°C ditunjukkan pada Gambar 3 (Setiaji, 2019).

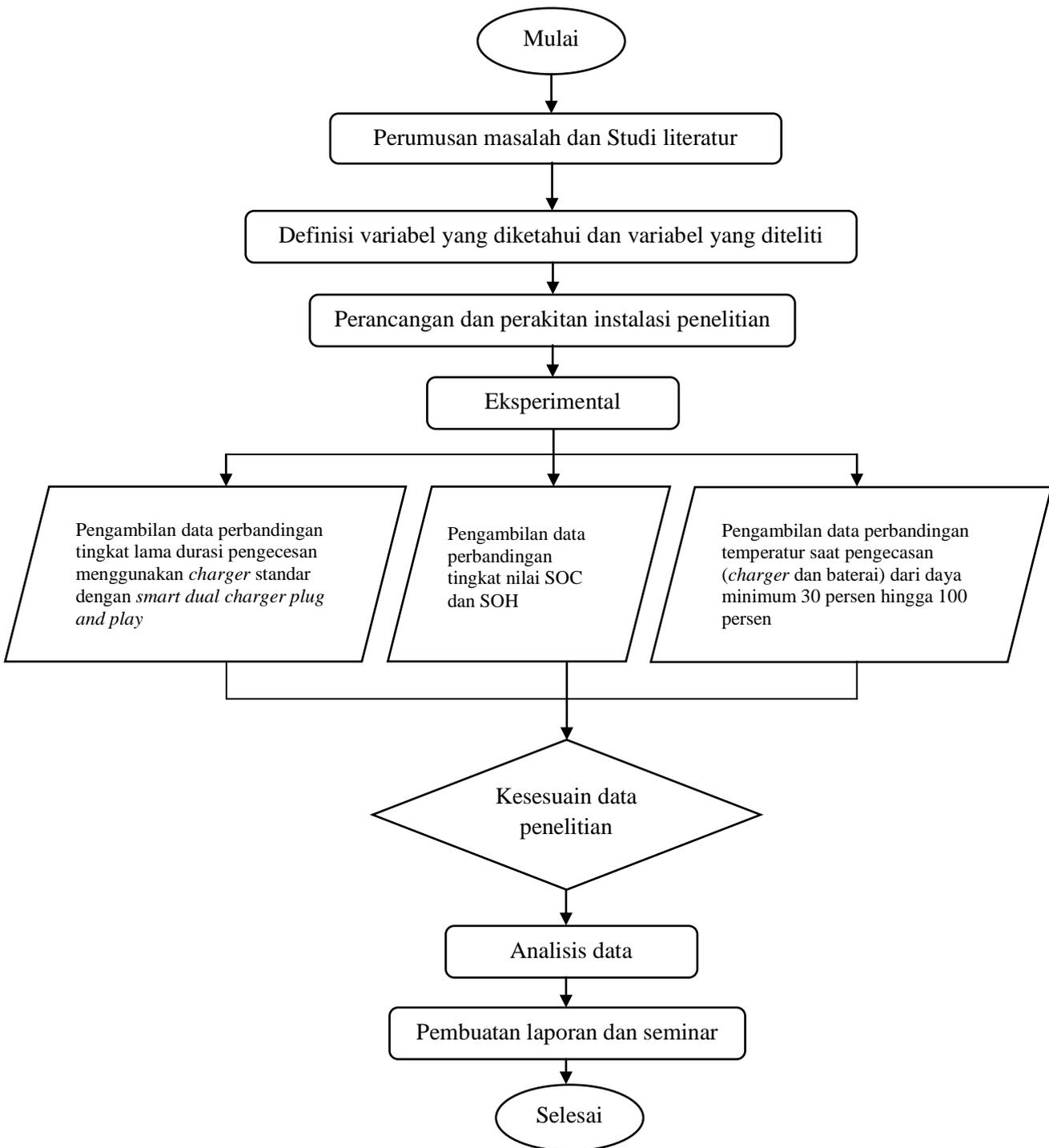


Gambar 3. Grafik Nilai Arus Pengisian Terhadap Tegangan Baterai Dengan Metode *Float Charging*

Gambar 3 menunjukkan bahwa pada suhu 25°C, baterai yang sudah penuh namun diisi terus dengan arus kecil (*trickle current*) 0,001C maka bertegangan 2,35V. Namun pada suhu 65°C, dengan arus yang sama, tegangannya hanya 2,12V yang berarti tidak memenuhi persyaratan (Setiaji, 2019).

#### METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini mencakup prosedur pengerjaan yang akan digunakan untuk menyelesaikan masalah penelitian. Dalam penelitian terapan ini, peneliti mempelajari proses perbandingan pengecesan pada kendaraan motor listrik menggunakan *charger* standar dan *smart charger plug and play*. Pada tahapan pertama peneliti mengumpulkan dasar teori dari buku, jurnal, dan website untuk mendukung dasar teori yang sudah ada. Setelah data dikumpulkan, maka diagram penelitian dibuat sebagai berikut:



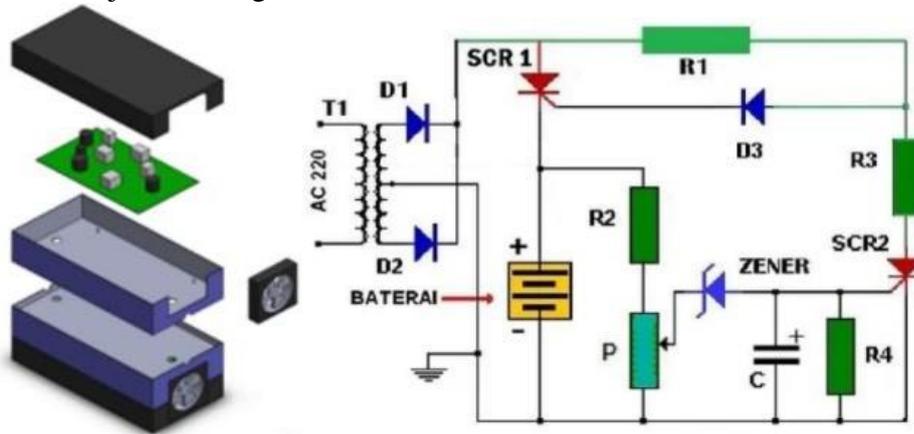
Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

Identifikasi permasalahan penelitian ini tertuju pada lama durasi pengecesan, nilai SOC dan SOH baterai setelah perlakuan pengecesan dan pembebanan, serta perbandingan temperatur saat pengecesan berlangsung antara penggunaan *charger* standar dan *smart dual charger plug and play*. Saat ini beberapa hal yang telah di amati selama hampir 1,5 tahun adalah pengecesan memerlukan durasi waktu 9 jam dengan jeda 30 menit disetiap 2 – 3 jam nya menggunakan alat *timer* tambahan dan dapat menempuh perjalanan di atas

kertas 60 km/jam atau setara dengan pemakaian 2 jam dengan pembebanan. Hal ini menjadi kekurangan besar untuk pengguna kendaraan listrik. Oleh karena itu dibuat sistem *charger* baru pada penggunaan baterai SLA/VRLA untuk mengefisienkan proses pengecesan pada kendaraan listrik.

### Desain Alat

*Charger smart dual plug and play* ini akan dirancang dengan spesifikasi *charger* 60V 10A dilengkapi MCB sebagai pemutus dan kabel pengecesan yang membagi rangkaian seri menjadi dua bagian



Gambar 5. Desain *Smart Dual Charger Plug And Play*



Gambar 6. Hasil Rangkaian *Smart Dual Charger Plug And Play*

### Alat dan Bahan

Dalam proses pengujian diperlukan alat dan bahan sebagai pendukung untuk memperoleh data yang relevan. Adapun alat dan bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah:

- a. Alat
  1. Baterai Tester Lancol micro-500
  2. Charger Standar 48V12A
  3. Subnova
  4. Termo Digital
  5. Multitester

6. Solder
  7. Obeng
  8. Tang kombinasi
- b. Bahan
1. Sepeda listrik U-Winfly D7
  2. Baterai 12V12A SLA/VRLA rangkaian 4S
  3. MCB
  4. Kabel
  5. Charger After Market
  6. Smart Plug Bardy
  7. Kipas DC 12 V
  8. Akrilik
  9. Bor Listrik
  10. Mata bor
  11. Isolasi bakar

### **Variabel Penelitian**

Adapun variabel pada penelitian ini adalah

1. Variabel bebas
  - a) Tegangan dan arus pengecesan baterai yaitu 12V 20Ah
  - b) Persentase baterai ketika di charger menunjukkan 30 persen yang tersisa di setiap awal pengisian baterai
2. Variabel terikat
  - a) Jumlah baterai yang di *charger* tiap separatonya dengan rangkaian seri
  - b) Temperatur baterai
  - c) Jumlah tegangan minimum baterai
  - d) Pengukuran tingkat nilai *state of charge* (SOC) dan *state of health* (SOH)
3. Variabel Terkontrol

Dalam penelitian ini variabel terkontrolnya adalah jeda waktu pengecesan yaitu 30 menit setiap 3 jam pengecesan berlangsung.

### **Proses Pengujian**

Proses pengujian dilakukan setelah semua instalasi terpasang sempurna sesuai gambar instalasi penelitian. Setelah semua instalasi terpasang dengan sempurna, maka akan diatur durasi pengecesan dengan alat pengatur waktu yang terpasang pada alat *smart dual charger plug and play* dan mengamati *subnova* persentase listrik yang terisi pada tiap baterai rangkaian seri, kemudian menghitung total waktu pengecesan hingga *full* dan mengamati tingkat nilai *state of charge* (SOC) dan *state of health* (SOH).



Gambar 7. Proses Pengambilan Data

### HASIL DAN PEMBAHASAN

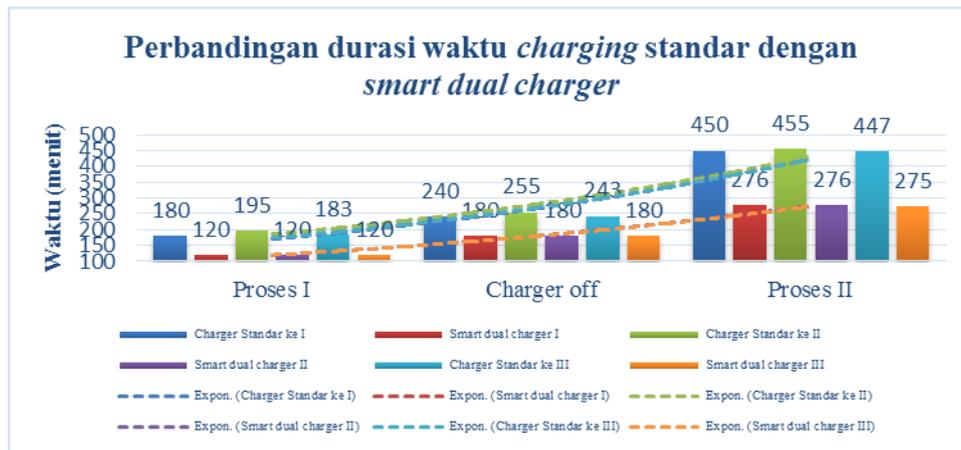
Dalam proses pengambilan data, hasil data yang didapatkan dari pengujian dimasukkan ke dalam tabel dan disajikan ke dalam sebuah grafik untuk mengetahui kecenderungan yang terjadi selama pengecesan baterai SLA/VRLA, ditunjukkan sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil pengujian *charger* standar

Pengujian <i>charger</i> standar											
Tahap pengujian	Kapasitas baterai awal (%)	Proses pengecesan		Charger off (menit)	Proses pengecesan		Jumlah waktu pengecesan 100% (menit)	Temperatur		Temperatur	
		Waktu (menit)	Kapasitas (%)		Waktu (menit)	Kapasitas (%)		Awal	Akhir	Awal	Akhir
I	30	180	64	60	210	100	450	29	34	31	31
								29	30	28	29
								30	26	27	27
								30	31	31	29
II	30	195	74	60	200	100	455	33	38	31	34
								30	32	30	30
								33	34	30	30
								33	34	31	31
III	30	183	69	60	204	100	447	30	32	30	30
								30	31	31	29
								33	34	31	31
								33	34	30	30

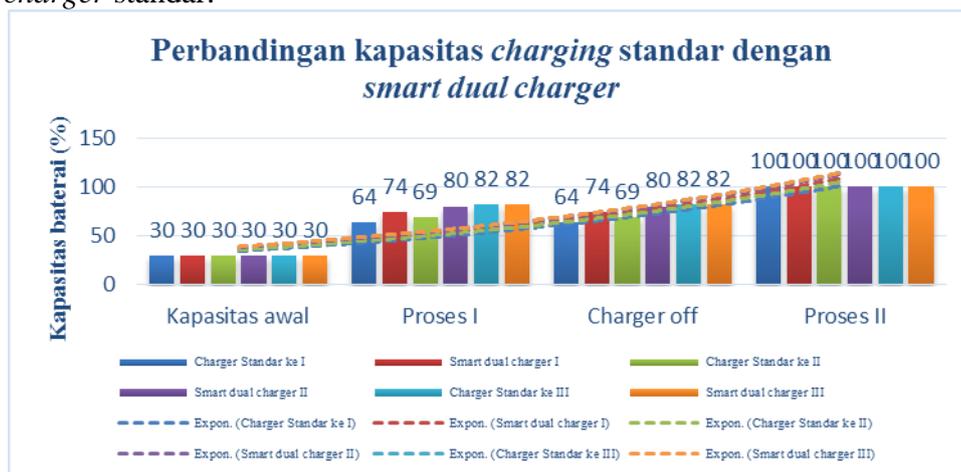
Tabel 2. Hasil pengujian *smart dual charger*

Pengujian <i>smart dual charger</i>											
Tahap pengujian	Kapasitas baterai awal (%)	Proses pengecesan		Charger off (menit)	Proses pengecesan		Jumlah waktu pengecesan 100% (menit)	Temperatur		Temperatur	
		Waktu (menit)	Kapasitas (%)		Waktu (menit)	Kapasitas (%)		Awal	Akhir	Awal	Akhir
I	30	120	80	60	96	100	276	27	31	28	28
								26	28	28	29
								29	32	30	30
								26	31	29	28
II	30	120	82	60	96	100	276	29	32	30	30
								30	33	30	30
								29	32	30	30
								30	31	28	29
III	30	120	82	60	95	100	275	29	32	30	30
								29	32	30	30
								29	32	29	30
								28	31	30	30



Gambar 8. Perbandingan Durasi Waktu Charging Standar Dengan Smart Dual Charger

Berdasarkan hasil grafik di atas, maka dapat dianalisa bahwa durasi waktu pengisian *smart dual charger* cenderung 2,9 jam lebih cepat dibandingkan dengan *charger* standar dari kapasitas 30 % hingga 100 % dengan rata-rata durasi waktu 275,67 menit atau 4,59 jam. Sedangkan rata-rata durasi waktu pengecekan dengan menggunakan *charger* standar didapatkan 450,67 menit atau 7,51 jam. Dalam beberapa proses pengujian, *smart dual charger* menunjukkan konsistensi dalam waktu pengisian, sementara *charger* standar menunjukkan variasi waktu yang lebih besar. Hal ini ditandai dengan tidak terdapatnya fitur *timer* yang mengontrol waktu *charging* dan jeda dalam proses pengisian dari *charger* standar. Sehingga hasil analisis di atas menunjukkan bahwa *smart dual charger* memberikan efisiensi waktu yang lebih baik dalam proses pengisian daya dibandingkan dengan *charger* standar.



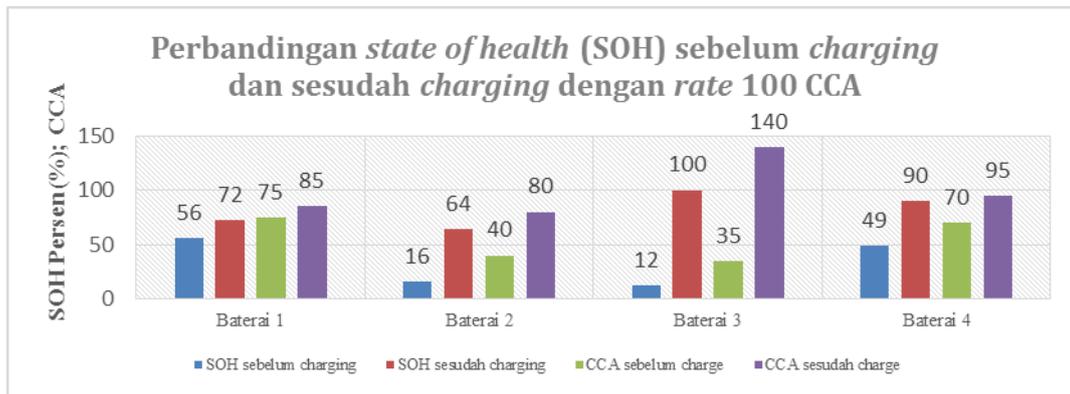
Gambar 9. Perbandingan Kapasitas Charging Standar Dengan Smart Dual Charger

Berdasarkan hasil grafik di atas, maka dapat dianalisa bahwa kapasitas pada rata-rata proses pengisian cenderung 1,1 jam lebih cepat penuh dengan menggunakan *smart dual charger* yaitu 78,67 % dalam kurun waktu rata-rata 120 menit atau 2 jam dibandingkan *charger* standar yaitu dengan kapasitas 71,67 % dalam kurun waktu rata-rata 186 menit atau 3,1 jam. Hal ini menunjukkan bahwa dengan proses pemecahan rangkaian seri yang dilakukan pada baterai jenis SLA/VRLA memiliki dampak yang signifikan dikarenakan beban *charger* untuk melakukan pengisian terbagi menjadi 2 bagian dan secara otomatis daya *charger* menjadi lebih besar dengan tidak meninggalkan sisi keamanan dari baterai. Dalam baterai yang dirangkai secara seri, tegangan total yang diperoleh merupakan

penjumlahan dari tegangan masing-masing sel atau unit baterai. Ketika rangkaian ini dipecah, setiap bagian akan bekerja secara mandiri dalam menerima muatan pengisian dari charger. Hal ini berarti charger akan membagi beban pengisian ke dua bagian yang terpisah, sehingga tiap bagian baterai dapat diisi secara lebih efisien dan dengan daya yang lebih besar (Linden, D., & Reddy, T. B., 2001). Saat rangkaian seri dipecah, daya yang disalurkan oleh charger terbagi di antara dua bagian baterai yang terpisah. Ini bisa menghasilkan waktu pengisian yang lebih cepat karena setiap bagian mendapatkan perhatian tersendiri dari charger. Selain itu, dengan memisahkan rangkaian, hambatan (resistansi) internal baterai yang ada pada rangkaian seri dapat dikurangi, sehingga meningkatkan efisiensi pengisian. Salah satu alasan utama penggunaan baterai SLA/VRLA adalah untuk alasan keamanan (Rand et al., 2004). Baterai jenis ini dirancang untuk menghindari kebocoran elektrolit dan memiliki katup pengaman untuk mengontrol tekanan internal. Pemecahan rangkaian seri tidak akan mengabaikan aspek keamanan ini, karena sistem pengisian tetap memperhatikan batas keamanan dari masing-masing baterai. Jika daya yang digunakan lebih besar, maka sistem pengisian harus dikontrol dengan tepat agar tidak melebihi batas daya maksimum yang direkomendasikan, yang bisa berisiko menyebabkan overcharging atau kerusakan pada baterai (Dell, R. M., & Rand, D. A. J., 2001).

Tabel 3. Hasil pengujian SOC dan SOH

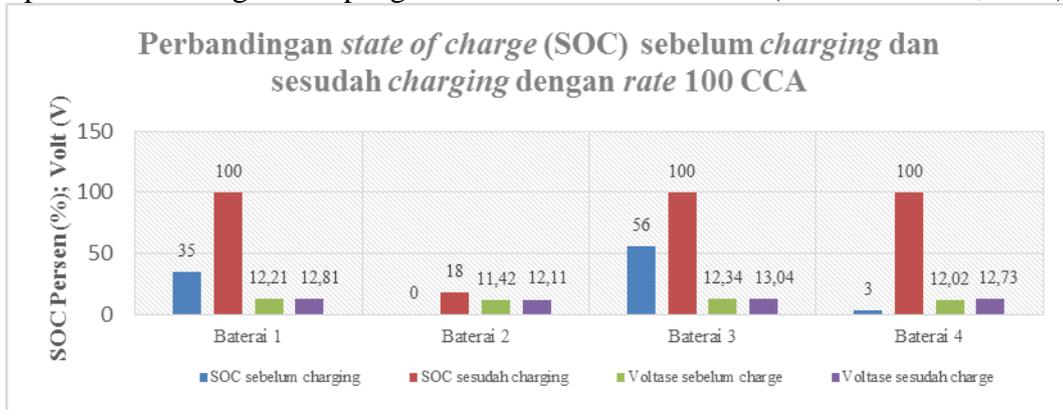
Jenis	Pengujian SOC dan SOH									
	Sebelum charging					Sesudah charging				
	SOH	SOC	Internal R (mΩ)	Rated (CCA)	Status	SOH	SOC	Internal R (mΩ)	Rated (CCA)	Status
Baterai ke 1	56 % 75 CCA	35 % 12,21 V	31,89	100	Good Recharged	72 % 85 CCA	100 % 12,81 V	28,40	100	Good Battery
Baterai ke 2	16 % 40 CCA	0 % 11,42 V	56,81	100	Charge Retest	64 % 80 CCA	18 % 12,11 V	29,80	100	Replace
Baterai ke 3	12 % 35 CCA	56 % 12,34 V	67,34	100	Replace	100 % 140 CCA	100 % 13,04 V	17,48	100	Good Battery
Baterai ke 4	49 % 70 CCA	3 % 12,02 V	34,30	100	Good Recharged	90 % 95 CCA	100 % 12,73	25,97	100	Good Battery



Gambar 10. Perbandingan State Of Health (SOH) Sebelum Charging Dan Sesudah Charging Dengan Rate 100 CCA

Dari grafik di atas menunjukkan bahwa pada setiap baterai memiliki nilai SOH yang berbeda-beda, dimana kesehatan baterai akan terlihat jelas pada nilai kapasitas mencapai 100 %. Nilai SOH paling tinggi sebelum charging ditunjukkan pada baterai 1 dengan nilai 56 % di CCA 75 dengan status *good recharged* dengan berarti baterai tersebut masih dalam kondisi bagus dan dapat di charge. Sedangkan yang paling terendah sebelum charging ditunjukkan pada baterai 3 dengan nilai 12 % di CCA 35 dengan status *replace*,

yang berarti baterai harus diganti. Akan tetapi status tersebut tidak dapat menjadi acuan, karena ketika dilakukan *charging* hingga 100 % status tersebut berubah menjadi *good battery*. Hal ini menunjukkan bahwa dalam penentuan nilai *state of health* harus menggunakan metode pengukuran sebelum dan sesudah *charging*. Disini kita dapat melihat kecenderungan terjadi dimana baterai ke 3 yang dimana sebelum *charging* memiliki data terendah ke 2 untuk SOH yaitu 16 % di CCA 40. Setelah di amati bahwa CCA pada baterai sangat mempengaruhi dari kesehatan baterai (Muslimin et al., 2024).



Gambar 11. Perbandingan *State Of Charge* (SOC) Sebelum *Charging* Dan Sesudah *Charging* Dengan Rate 100 CCA

Pada grafik di atas menunjukkan bahwa nilai SOC tertinggi sebelum *charging* terlihat pada baterai ke 3 dengan nilai 56 % di tegangan 12,34 V sedangkan terendah ditunjukkan pada baterai ke 2 dengan nilai 0 % di tegangan 11,42. Meskipun ada kaitannya dengan peningkatan SOH (dari 16% menjadi 64%), SOC masih sangat rendah (18%) dan tegangan tidak cukup meningkat signifikan. Statusnya berubah menjadi "*Replace*" karena kondisi keseluruhan baterai tidak cukup baik. Faktor penyebab baterai ke 2 mengalami kenaikan yang lama dibandingkan baterai 1 dan 4, dikarenakan nilai internal R pada baterai 2 memiliki salah satu nilai tertinggi ke dua selain baterai ke 3 dengan nilai 56,81. Nilai R merupakan tegangan hambatan pada sesuatu bidang, sehingga arus listrik yang masuk ke dalam baterai terhambat. Ketika nilai resistansi internalnya rendah, baterai mampu mengalirkan arus dalam jumlah besar. Sebaliknya, baterai dengan resistansi internal yang tinggi hanya dapat mengalirkan arus dalam jumlah kecil (Fauzan et al., 2024).

## KESIMPULAN

Adapun Kesimpulan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menggunakan smart dual charger membuat pengisian baterai menjadi lebih efisien dibandingkan dengan charger standar
2. Kondisi baterai dapat sangat membaik dengan *charging* yang tepat, seperti terlihat pada Baterai 3 yang awalnya memiliki SOH sangat rendah tetapi menjadi baik setelah *charging*.
3. Pengujian ini menunjukkan bahwa baterai dapat dioptimalkan dengan proses *charging* yang tepat, namun ada beberapa yang tetap perlu diganti karena kondisi awal yang terlalu buruk atau tidak cukup membaik setelah *charging*.
4. Faktor yang mempengaruhi terhadap nilai SOC yaitu nilai *internal R*, hal ini dikarenakan Resistansi internal merupakan salah satu parameter yang menunjukkan kemampuan baterai dalam mengalirkan arus.

## REFERENSI

- Dell, R. M., & Rand, D. A. J. (2001). *Understanding Batteries*. Royal Society of Chemistry.
- Fauzan, T. A., Arifuddin, R., & Sari, R. D. J. K. (2024). Sistem Manajemen Baterai Pada Peralatan Catu Daya Di Equipment Room Stasiun Manggarai Dengan Aplikasi Blynk Berbasis Esp8266. *Uranus: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, Sains dan Informatika*, 2(3), 174-195.
- Halıcı, Ş. (2010). *Development of lead alloys for valve-regulated lead-acid (VRLA) batteries* (Master's thesis, Middle East Technical University).
- Hariyadi, A., Nugroho, A., & Suwarno, S. (2021). The Origin Of Cycle Life Degradation Of A Lead-Acid Battery Under Constant Voltage Charging. *International Journal of Power Electronics and Drive Systems*, 12(2), 986.
- Iskandar, H. R., Elysees, C. B., Ridwanulloh, R., Charisma, A., & Yuliana, H. (2021). Analisis Performa Baterai Jenis Valve Regulated Lead Acid pada PLTS Off-grid 1 kWp. *Jurnal Teknologi*, 13(2), 129-140.
- Linden, D., & Reddy, T. B. (2001). *Handbook of Batteries* (3rd ed.). McGraw-Hill.
- Ma, S., Jiang, M., Tao, P., Song, C., Wu, J., Wang, J., ... & Shang, W. (2018). Temperature effect and thermal impact in lithium-ion batteries: A review. *Progress in Natural Science: Materials International*, 28(6), 653-666.
- May, G. J., Davidson, A., & Monahov, B. (2018). Lead Batteries For Utility Energy Storage: A review. *Journal of energy storage*, 15, 145-157.
- Mufty, W. D., Anggriawan, D. O., & Efendi, M. Z. (2020). Baterai Charger VRLA Dengan Metode Constant Current Constant Voltage Berbasis Kontrol Pi. In *Prosiding Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV)* (Vol. 6, No. 1, pp. 235-243).
- Muslimin, S., Nawawi, Z., Suprpto, B. Y., & Dewi, T. (2024). Smart Charging Process Development Based On Ant Colony Optimization Machine Learning For Controlling Leadacid Battery Charging Capacity. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, (5).
- Rahmawan, Z. (2018). *Estimasi State of Charge (SOC) pada Baterai Lead-Acid dengan Menggunakan Metode Coulomb Counting pada PV Hybrid* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Rand, D. A. J., Moseley, P. T., Garche, J., & Parker, C. D. (2004). *Valve-Regulated Lead-Acid Batteries*. Elsevier.
- Setiaji, F. D. (2019). Analisis dan Pengukuran Rangkaian Pengisi Baterai pada Beberapa Produk Lampu Baca. *Techné: Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, 18(1), 65-79.
- Suhendra, I., Rudinar, A., & Murti, M. A. (2019). Perancangan Dan Impelementasi Sistem Pengisian Baterai Otomatis Pada Mobil Listrik Berbasis IOT. *eProceedings of Engineering*, 6(2).