

BATERAI CHARGER VRLA DENGAN METODE CONSTANT CURRENT CONSTANT VOLTAGE BERBASIS KONTROL PI

Wasith Dany Mufty¹⁾, Dimas Okky Angriawan²⁾, Moh.Zaenal Efendi³⁾

¹ Teknik Elektro Industri, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Jl. Raya ITS,
Keputih Sukolilo, Surabaya, 60111

² Teknik Elektro Industri, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Jl. Raya ITS,
Keputih Sukolilo, Surabaya, 60111

³ Teknik Elektro Industri, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Jl. Raya ITS,
Keputih Sukolilo, Surabaya, 60111
E-mail: wdanymufty@gmail.com

Abstract

The development of renewable energy for growing energy needs and batteries have an important role in its development. The battery as a place to store energy is certainly the performance of the battery is of great concern. Because the energy stored in batteries has a limited amount, of course there are charge and discharge cycles. To maintain the performance of the battery, of course the selection of the charge method must be considered. One charge method that is often used is constant current constant voltage. In this method the current is kept constant at the beginning of charging and continued with a constant voltage during certain conditions. In this study aims to determine the process of the VRLA battery charger system with the method of constant current constant voltage which is expected to reduce overcharging on batteries. This battery charger uses a buck converter with PI control which can produce a constant current of 4.2 A and a constant voltage of 14 V.

Keywords: VRLA battery, converter buck, CC-CV, control PI, charge-discharge

Abstrak

Perkembangan energi terbarukan untuk kebutuhan energi semakin berkembang dan Baterai memiliki peran penting dalam perkembangannya. Baterai sebagai tempat menyimpan energi tentu peforma dari baterai sangat diperhatikan. Karena energi yang tersimpan dalam baterai memiliki jumlah terbatas, tentu ada siklus *charge* dan *discharge*. Untuk menjaga peforma baterai tentu pemilihan metode *charge* harus diperhatikan. Salah satu metode *charge* yang sering digunakan adalah *constant current constant voltage*. Dalam metode ini arus dijaga constant saat awal *charging* dan dilanjutkan dengan tegangan constant saat kondisi tertentu. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proses dari sistem charger baterai VRLA dengan metode *constant current constant voltage* yang diharapkan mampu mengurangi *overcharging* pada Baterai. Charger baterai ini menggunakan konverter *buck* dengan kontrol PI yang dapat menghasilkan arus konstant sebesar 4,2 A dan tegangan konstant sebesar 14 V.

Kata Kunci: baterai VRLA, konverter buck, CC-CV, Kontrol PI, charge-discharge

PENDAHULUAN

Febrianto, dkk (2019) Sumber energi listrik dari perkembangan energi terbarukan akan disimpan pada baterai. Sehingga pada baterai tersebut ada proses *charge* dan

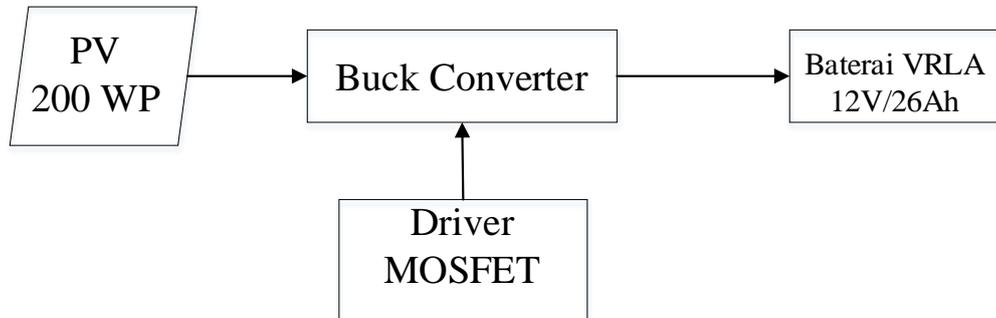
discharge ke beban. Metode charging pada baterai harus diperhatikan untuk menghindari baterai *over-charge* dan *over-discharge* yang berpengaruh pada *lifetime* baterai. Sutrisno, dkk (2019) Adapun jenis baterai yaitu sebagai berikut *Valve Regulated Lead Acid (VRLA)*, *Lead Acid*, *Ni-CD*, *Li-On*, dan *Li-Po*. Febrianto, dkk (2019) Baterai *Valve Regulated Lead Acid (VRLA)* merupakan salah satu baterai yang sering digunakan untuk menyimpan energy listrik dari energi terbarukan. Keunggulan dari baterai VRLA salah satunya yaitu tidak memerlukan perawatan yang rutin dan memiliki *lifetime* yang lebih lama sehingga dapat menghemat dari segi ekonomis. Sutrisno, dkk (2019) Ketika baterai digunakan tentunya energi dari baterai tersebut berkurang sehingga memerlukan proses *charge*, ada banyak metode untuk charging baterai salah satunya yaitu metode *constant current constant voltage*. Pemilihan metode *CC-CV* dipilih karena mampu mengurangi kondisi *overcharge* pada baterai sehingga dengan menggunakan metode *CC-CV* dapat menjaga *lifetime* baterai. Kai song, dkk (2018) Charging kondisi *constant current* digunakan untuk mengisi daya baterai diawal dan tegangan baterai akan meningkat. Ketika tegangan baterai mencapai *set point*, proses charge beralih pada kondisi *constant voltage* dan arus akan menurun.

Satiawan, dkk (2018) Dalam proses charging *constant current constant voltage* dapat menggunakan DC-DC konverter jenis *buck*. Keunggulan dari konverter *buck* karena memiliki efisiensi yang tinggi dalam perubahan daya input ke daya output, memiliki rangkaian yang sederhana, dan pada konverter *buck* memiliki Riak (ripple) pada tegangan dan arus keluaran yang rendah sehingga filter yang dibutuhkan relatif kecil. Husnaini, dkk (2017) Pada konverter DC-DC banyak menggunakan kendali dengan PI dan PID, karena kendali ini praktis dan lebih mudah dalam perancangan dan penerapan pada konverter. Namun dalam pemilihan nilai parameter pengendali yang tepat pada kontrol PI dan PID sulit didapat karena danya komponen pasif pada konverter DC-DC serta pada tegangan masukan dan keluaran dapat berubah setiap waktu.

Maka dari itu dilakukan penelitian tentang baterai charger menggunakan metode *constant current constant voltage* dengan konverter *buck* yang dikendalikan menggunakan kontrol PI sehingga aman dalam proses charging baterai *VRLA*.

METODE PENELITIAN

Perancangan penelitian tentang sistem charging ini didesain dengan menggunakan solar *cell*, Rangkaian converter arus searah tipe *buck converter*, rangkaian kontrol pembangkit, dan beban. Untuk mengetahui lebih jelasnya dapat dilihat block diagram yang ditunjukkan pada Gambar 1.

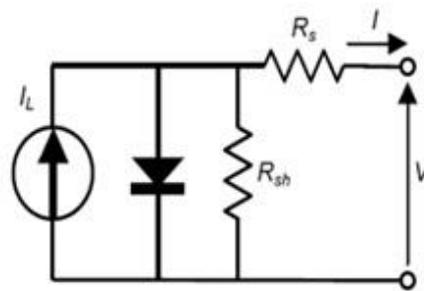


Gambar 1. Block Diagram Sistem

Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa pada sistem charging ini menggunakan sumber dari 2 buah *Photovoltaic* 100 WP yang disusun secara sehingga memiliki tegangan maksimum 35 V dan arus maksimum 5,71 A, dimana untuk tegangan dan arus output dari *Photovoltaic* akan diturunkan sesuai set point untuk proses charging menggunakan *Buck Converter* dengan mengatur *duty cycle* pada MOSFET yang diatur oleh rangkaian Driver MOSFET. Pada sistem charging metode *constant current constant voltage* ini untuk arus charge nya diatur konstan 4,2 A pada saat awal charging dan untuk tegangan charge nya diatur konstan sebesar 14 V pada saat akhir charging. Untuk mengendalikan sistem agar mampu menjaga arus dan tegangan agar konstan yaitu menggunakan Kontrol PI.

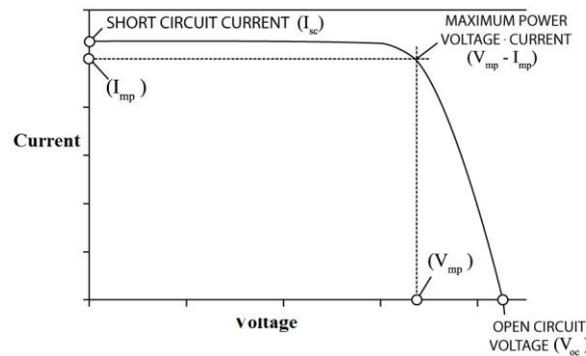
Karakteristik *Photovoltaics* (PV)

Teknologi *Photovoltaics* pada dasarnya yaitu mengkonversi energy matahari ke bentuk *energy* listrik menggunakan sel surya yang terdapat didalam suatu *Photovoltaics*. Pada umumnya *photovoltaics* memiliki rangkaian ekuivalen seperti ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Ekuivalen *Photovoltaics* (PV)

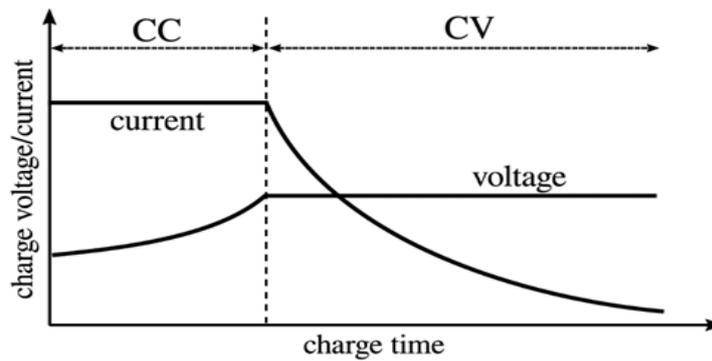
Sebuah plot daya (P), tegangan (V), dan arus (I) pada perangkat *photovoltaics* yang menunjukkan bahwa ada titik tertentu pada kurva I-V di mana pada sel surya akan menghasilkan suatu daya maksimum seperti terlihat pada gambar 3.



Gambar 3. Kurva Karakteristik *Photovoltaics*

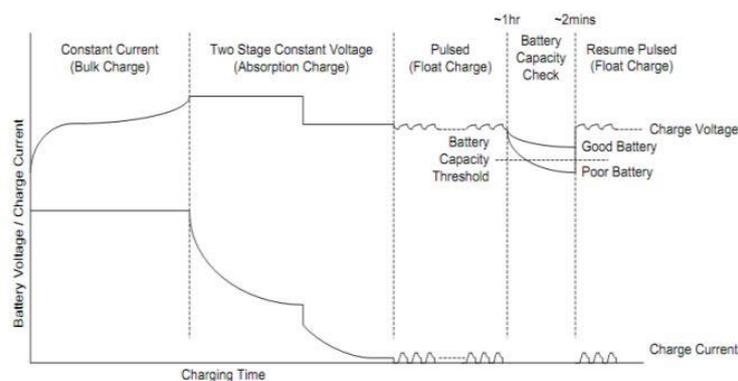
Metode Constant Current Constant Voltage

Ada banyak metode untuk pengisian baterai seperti Constant Trickle (CTC), Constant Current (CC), Constant Voltage (CV), dan Constant Current Constant Voltage (CC CV). Constant Trickle yaitu mengisi baterai pada rating discharge nya, sehingga akan mempertahankan baterai dalam kondisi penuh. Constant Current yaitu mengisi baterai dengan arus yang konstan sampai kapasitas baterai penuh. Constant Voltage yaitu mengisi baterai dengan tegangan konstan sampai kapasitas baterai penuh. Dan yang terakhir adalah Constant Current Constant Voltage yaitu mengisi baterai dengan menjaga arus konstan sampai SOC tertentu dan dilanjutkan dengan memberikan tegangan tetap sampai kapasitas baterai penuh. Metode yang terakhir ini aman karena tidak menimbulkan overcharging (pada saat peralihan dari cc ke cv arus akan turun). Untuk lebih jelasnya seperti pada gambar 4,



Gambar 4. Grafik proses pengisian CC-CV
Karakteristik Baterai Valve Regulated Lead Acid (VRLA)

Baterai VRLA sering disebut dengan *Sealed Lead Acid (SLA)* merupakan baterai yang secara fisik terlindung dan tertutup rapat, yang terlihat dari luar hanya terminal (+) positif dan (-) negatif. Baterai ini didesain seperti ini agar cairan elektrolit tidak berkurang karena bocor atau penguapan, baterai VRLA ini memiliki katup ventilasi yang hanya terbuka pada tekanan yang ekstrem untuk pembuangan gas hasil reaksi kimianya. Baterai VRLA ini sangat cocok untuk sistem solar cell, karena dapat discharge sejumlah arus listrik secara konstan dalam waktu yang lama. Untuk karakteristik charging baterai *Lead Acid* dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik Karakteristik charging baterai *Lead Acid*

Prinsip kerja Kontroller PI

Dalam menjaga arus dan tegangan yang konstan yaitu menggunakan Kontrol PI. Kontrol PI ini akan mengatur signal *error* antara set point arus atau tegangan dengan signal feedback dari arus atau tegangan yang keluar dari converter *Buck*. Kontroller P disini digunakan untuk mengurangi *error steady state* dan mengurangi *rise time*. Namun penggunaan Kontroller P saja tidak cukup untuk menghilangkan *error steady state*, oleh

karena itu dibutuhkan kontroller PI untuk menghilangkan *error steady state* dan mengurangi *rise time* dan *settling time*.

Tabel 1
Karakteristik Kontroller PI

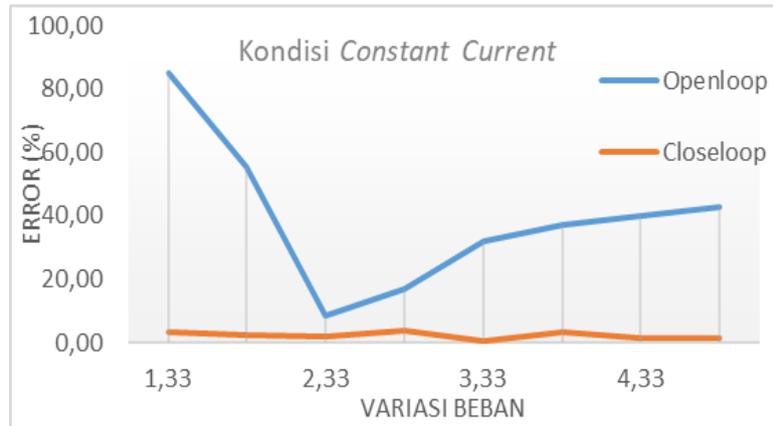
	<i>Rise Time</i>	<i>Settling Time</i>	<i>Error Steady State</i>	<i>Overshoot</i>
Kp	Mengurangi	Mengurangi	Mengurangi	Meningkatkan
Ki	Mengurangi	Mengurangi	Menghilangkan	Meningkatkan

HASIL DAN PEMBAHASAN

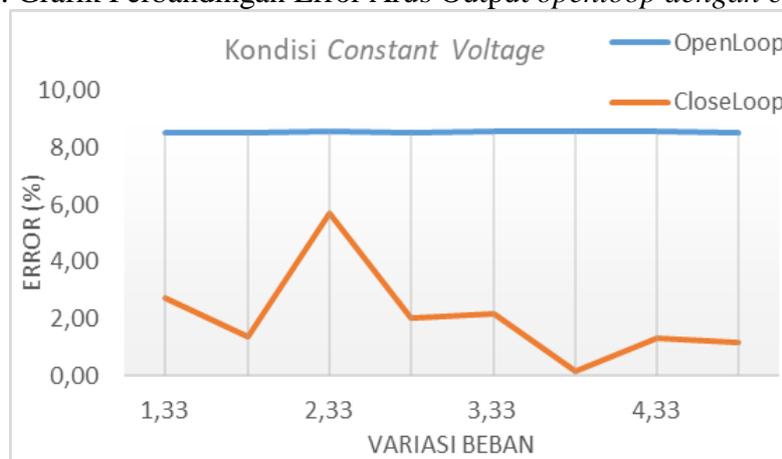
Pengujian Kontrol PI constant current constant voltage

Pengujian Kontrol PI constant current constant voltage pada saat charging dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah sistem dapat menjaga arus yang konstan dan tegangan konstan sesuai dengan desain dan membandingkan sistem saat tanpa kontrol dan saat diberi kontrol. Nilai Kp dan Ki yang digunakan saat pengujian *constant current* adalah Kp= 4,94 dan Ki=5,71, penentuan nilai tersebut didapatkan dengan metode analitik. Sedangkan saat pengujian *constant voltage* menggunakan nilai Kp=4.945 dan Ki=5,205 , sama seperti saat kondisi *constant current*, penentuan untuk mendapatkan nilainya menggunakan metode analitik. Simulasi Pengujian Kontrol PI constant current constant voltage dilakukan dengan dua kondisi yaitu *constant current* dan *constant voltage*.

Pada bagian ini akan dibandingkan dua kondisi untuk mengetahui pengaruh dari adanya kontrol PI pada sistem, yaitu ketika kondisi *open-loop* dan *close-loop*. Dari hasil pengujian kontrol PI, yang dilakukan dengan melakukan variasi beban untuk mengetahui bagaimana respon dari Kontrol PI. Dari pengujian tersebut membuktikan bahwa penggunaan Kontrol PI pada sistem mampu mempertahankan arus output saat kondisi *constant current* dan mempertahankan tegangan output saat kondisi *constant voltage*. Perbandingan error antara hasil pengujian *openloop* dan *closeloop* akan disajikan dalam bentuk Grafik yang terlihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.



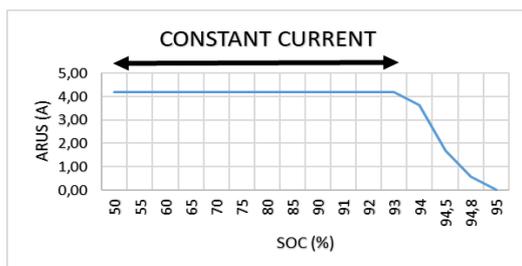
Gambar 6. Grafik Perbandingan Error Arus Output *openloop* dengan *closeloop*



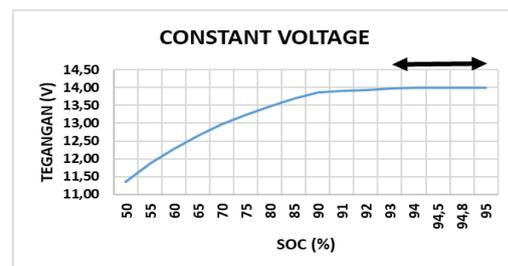
Gambar 7. Grafik Perbandingan Error Tegangan Output *openloop* dengan *closeloop*

Pengujian Charging Baterai

Pengujian sistem dengan beban baterai dilakukan dengan tujuan agar mengetahui pada SOC berapa sistem charging pindah dari constant current ke constant voltage. Dalam simulasi charging ini menggunakan baterai 12V 26 Ah sesuai desain. Ketika proses simulasi pengujian charging yang harus diperhatikan yaitu SOC awal baterai, dan pada pengujian ini digunakan SOC awal pada saat charging yaitu 11.35 V (50%). Baterai yang digunakan adalah Valve Regulated Lead Acid (VRLA) dengan kapasitas 26Ah.



Gambar 8. Kondisi Constant Current



Gambar 9. Kondisi Constant Voltage

Dari simulasi pengujian charging baterai terdapat dua kondisi yaitu saat awal awal charging arusnya konstan yang menandakan kondisi charging yaitu constant current dengan nilai arus charging 4.2 A, dan saat SOC baterai mendekati penuh yaitu saat SOC 94% maka kondisi charging switch ke constant voltage dengan nilai tegangan charging 14 V. Kerja dari kontrol PI yaitu ketika Tegangan charging belum mencapai set point untuk switch ke kondisi constant voltage yang sebesar 14 V maka duty cycle akan terus tracking agar arus charging mencapai / mendekati setting point yang diharapkan. Selanjutnya ketika kondisi charging constant voltage maka kontrol PI untuk kondisi constant current akan berhenti dan yang berganti bekerja yaitu Kontrol PI untuk kondisi charging constant voltage.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian sistem baterai charger VRLA dengan metode *constant current constant voltage* berbasis kontrol PI dapat ditarik kesimpulan antara lain penggunaan konverter jenis buck dengan menggunakan controller PI dapat menghasilkan arus konstan dan tegangan konstan sehingga menghasilkan error yang sangat kecil antara set point dengan keluaran arus atau tegangan pada kondisi *close loop*. Penerapan konverter *Buck* sebagai charger baterai VRLA dengan metode *Constant Current Constant Voltage* telah sesuai dengan parameter arus dan tegangan yang diinginkan yaitu parameter arus 4,2 A dan parameter tegangan 14 V.

Sedangkan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya yaitu dalam pemilihan komponen penyusun rangkaian agar lebih teliti dan memperhatikan perancangan sistem agar kinerja sistem menjadi lebih sempurna.

DAFTAR PUSTAKA

- Sutrisno, D.S., Suryoatmojo, H., Soedibyo. (2019). Desain dan Implementasi Baterai Charger Li-Po menggunakan Konverter Buck dengan Metode Constant Current Constant Voltage. *Jurnal POMITS Vol 1 No 1*, 1-8.
- Febrianto, A., Sunanda, W., Gusa, R.F. (2019). Research Article: Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya: Studi kasus di Kota Pangkalpinang. *Jurnal Presipitasi Vol 16 No 2*, 33-39.
- Satiawan, I N.W., Supriono, Citarsa, I.B.F. (2018). Desain Buck Converter Untuk Charging Batere pada Beban Bervariasi. *Dielektrika Vol 5 No 1*, 30-35.
- Husnaini, I., & Krismadinata. (2017). Komparasi Pengendali PI dan PID untuk Tegangan Keluaran Konverter Buck. *Jurnal Nasional Teknik Elektro Vol 6 No 3*, 143-151.

- Song, K., Li, Z., Jiang, J., Zhu, C. (2018). Constant Current/Voltage Charging Operation for Series-Series and Series)Parallel Compensated Wireless Power Transfer Systems Employing Primary-Side Controller. *IEEE Transactions on power electronics Vol 33 No 9*, 8065-8080.
- Farizy, A.F., Asfani, D.A., Soedibjo. (2016). Desain Sistem Monitoring *State of Charge* Baterai pada Charging Station Mobil Listrik Berbasis Fuzzy Logic dengan Mempertimbangkan Temperature, *Jurnal Teknik ITS Vol 5 No 2*, 278-282.
- Sadewo, R.A., Kurniawan, E., Adam, K.B. (2017). Perancangan dan Implementasi Pengisian Baterai Lead Acid Menggunakan Solar Cell dengan Menggunakan Metode Three Steps Chaging, *e-Proceeding of Engineering Vol 4 No 1*, 26-35.