

Perancangan Sistem Charging Baterai Lithium-ion Menggunakan DC-DC Buck Converter Dengan Metode Constant Current – Constant Voltage

Muhamad Otong¹, Muhammad Khudari¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Banten.

Informasi Artikel

Naskah Diterima: 21 Juni 2021

Direvisi: 28 Juni 2021

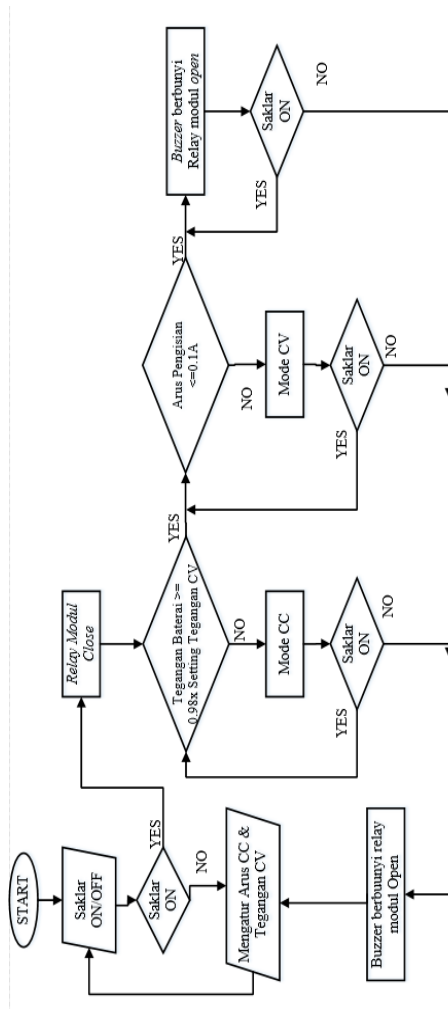
Disetujui: 29 Juni 2021

doi: 10.36055/setrum.v10i1.11916

*Korespondensi Penulis:

muhamad.otong@untirta.ac.id

Graphical abstract



Abstract

Batteries are electrochemical energy storage device that have become a necessity for humans. Rechargeable battery technology can help human needs. The process of charging the battery can be done by flowing current continuously until the battery voltage increases to a certain value, because overcharging can damage the battery. There fore we need a charging system that can avoid overcharging. One method of charging the battery is CC-CV (Constant Current – Constant Voltage). In this study the authors examined the design of battery charging system using DC-DC buck converter by combining constant current and constant voltage for lithium ion batteries. The charging system can be set to perform Constant Current (CC) with a value 0 – 5 A and Constant Voltage with a Value $0.15V_{DC}$.

Keywords: Charging system, DC – DC Buck Converter, Rechargeable Battery, Constant Current (CC), Constant CV (CV).

Abstrak

Baterai merupakan perangkat penyimpanan energi elektrokimia yang telah menjadi kebutuhan penunjang bagi manusia. Teknologi *rechargeable battery* atau baterai isi ulang pun dapat membantu memenuhi kebutuhan manusia. Proses pengisian baterai dapat dilakukan dengan mengalirkan arus terus menerus hingga tegangan baterai bertambah sampai nilai tertentu karena pengisian berlebihan dapat merusak baterai sehingga baterai tidak dapat bertahan lama. Oleh karena itu diperlukan system pengisian yang dapat menghindari pengisian berlebih. Salah satu metode pengisian baterai adalah CC-CV (*Constant Current – Constant Voltage*). Pada penelitian ini peneliti meneliti tentang perancangan sistem pengisian menggunakan DC-DC *buck converter* dengan mengkombinasikan metode *constant current* dan *constant voltage* untuk baterai *lithium ion*. Sistem pengisian dapat diatur untuk melakukan *Constant Current*(CC) dengan nilai 0 – 5 A dan *Constant Voltage*(CV) dengan nilai $0-15V_{DC}$.

Kata Kunci: Charging System, DC-DC Buck Converter, rechargeable battery, Constant Current(CC), Constant Voltage(CV).

© 2021 Penerbit Jurusan Teknik Elektro UNTIRTA Press. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Baterai merupakan perangkat penyimpanan energy elektrokimia. Energi kimia yang terkandung dalam baterai dapat diubah menjadi energy listrik DC. Pada baterai isi ulang proses tersebut dapat dibalik yaitu mengubah energi listrik DC menjadi energy kimia[1].

Baterai mampu menghasilkan energy listrik searah dengan cara mengkonversi energy kimia menjadi energy listrik. Proses pengisian pada baterai isi ulang dapat dilakukan dengan mengalirkan arus secara terus menerus hingga tegangan pada baterai bertambah sampai nilai tertentu tanpa berlebihan karena pengisian yang berlebihan dapat merusak baterai[2]. Oleh karena itu dibutuhkan system pengisian baterai agar baterai tidak berlebihan saat dilakukan pengisian.

Baru-baru ini, penelitian tentang baterai *lithium ion* adalah salah satu bidang penelitian yang menarik banyak perhatian karena menjadi solusi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Baterai *lithium ion* memiliki banyak keunggulan dalam hal kapasitas pengisian, volume dan beratnya dibandingkan jenis baterai isi ulang lainnya. Salah satu masalah pada bidang penelitian baterai *lithium ion* adalah pengisian baterai yang meliputi teknik pengisian yang dapat memaksimalkan kapasitas baterai[3].

Pengisian baterai akan berhasil jika terjadi dua kondisi pengisian, yaitu pengisian norma dan pengisian *cut-off*. Ada beberapa metode dalam pengisian normal baterai, salah satunya adalah CC-CV (*Constant Current – Constant Voltage*) yaitu dengan mengkombinasikan *Constant Current* (CC) dan *Constant Voltage* (CV) secara bergantian[4]. Oleh sebab itu, pada penelitian ini penulis meneliti Perancangan Sistem *Charging* Baterai *Lithium-ion* Menggunakan DC-DC *Buck Converter* Dengan Metode *Constant Current – Constant Voltage*.

Metode Pengisian *Constant Current – Constant Voltage* memiliki prinsip kerja pada awal pengisian baterai akan diberi arus konstan hingga mencapai batas tegangan pada baterai yang sudah ditentukan. Setelah mencapai batas tegangan yang sudah ditentukan maka akan diberi tegangan yang konstan yang mengakibatkan arus pada saat pengisian awal menjadi turun[5], saat arusnya kecil dan mendekati nol maka terjadi *cut-off* yang menandakan baterai penuh. Kedua metode tersebut dilakukan melalui penggunaan control berbasis mikrokontroler Arduino Nano Menggunakan IC TLP250 sebagai *MODFET driver* dan *optocoupler*.

2. METODE PENELITIAN

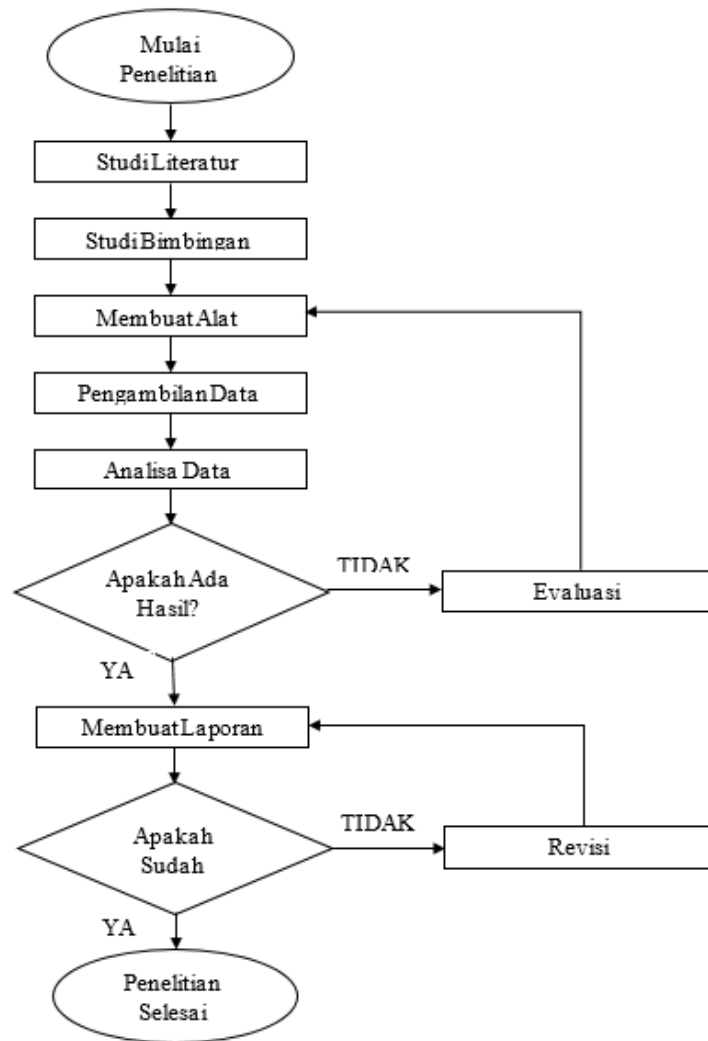
2.1 Metode Penelitian

Proses penelitian terbagi menjadi beberapa tahap yang dilakukan berdasarkan urutan dalam melakukan penelitian:

- a. Studi literatur dimaksudkan yaitu untuk mengumpulkan dan mempelajari berbagai sumber referensi dan teori yang berkaitan dengan penelitian skripsi yang lakukan.
- b. Perancangan alat dimaksudkan sebagai gambaran dalam membuat alat agar sesuai dengan tujuan penelitian.
- c. Pembuatan alat dimaksudkan untuk memperoleh alat yang dapat melakukan pengisian baterai *lithium-ion* dengan metode *Constant Current* (CC) dan *Constant Voltage* (CV)
- d. Pengujian Alat dilakukan dengan memberikan *supply* arus DC ke *Buck Converter* yang kemudian akan diatur arus dan tegangan pengisiannya
- e. Pengambilan data dilakukan dengan memonitoring waktu pengisian baterai *lithium* dengan metode *Constant Current* (CC), *Constant Voltage* (CV).

2.2 Diagram Alir Penelitian

Secara sederhana proses penelitian pengendalian motor induksi tiga fasa menggunakan *Fuzzy-PI* dapat dijelaskan melalui diagram alir pada Gambar 1.

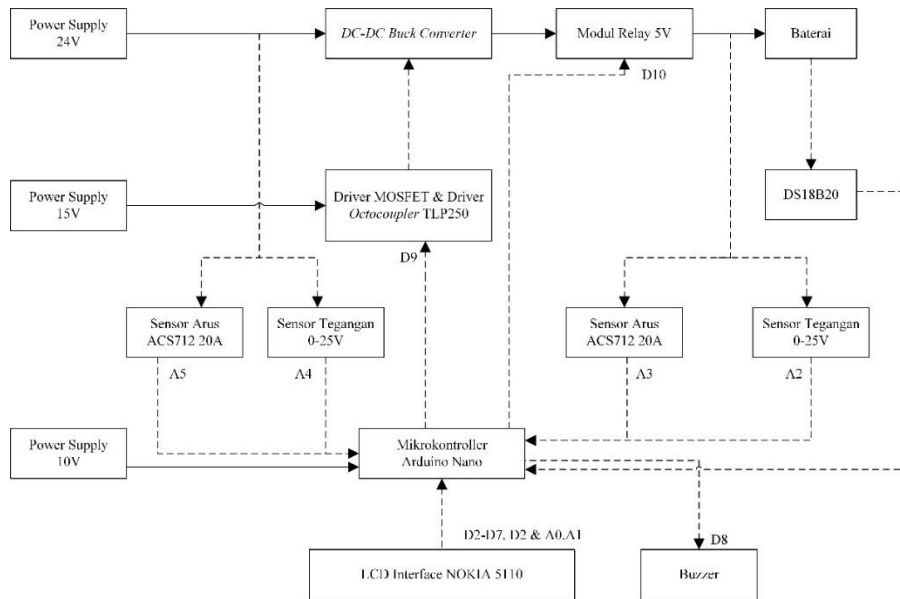


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

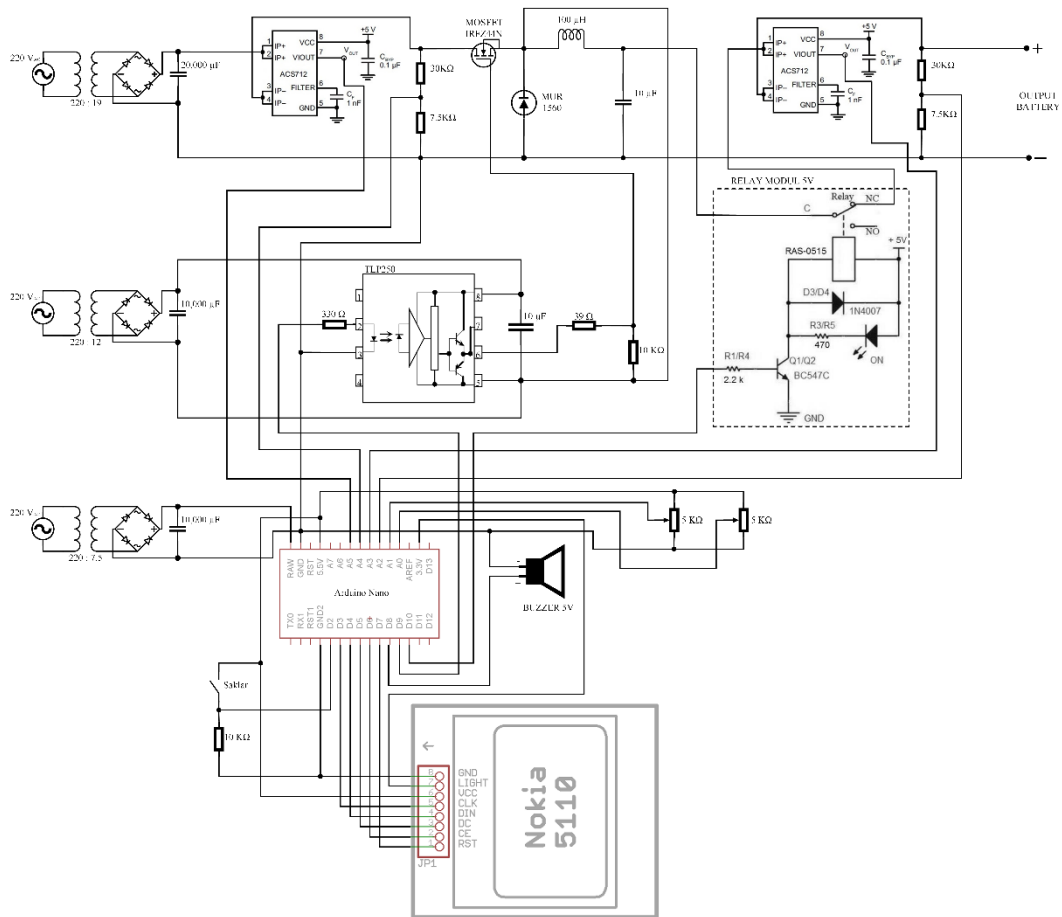
2.3 Perancangan Penelitian

Perancangan penelitian pengisian baterai ini digunakan untuk menentukan kondisi pengisian baterai (*constant current* atau *constant voltage*) yang telah di-*upload* pada alat dalam Tugas Akhir berdasarkan tegangan baterai yang akan diisi. Besaran nilai tegangan dan arus yang mengalir ke baterai akan melewati sensor tegangan dan arus yang digunakan oleh mikrokontroler Arduino Nano untuk menentukan *dutycycle*.

Diagram blok dan skematik perancangan alat pengisian baterai dengan metode *constant current-constant voltage* dapat dilihat pada Gambar 2



Gambar 2 Diagram Blok Perancangan Alat



Gambar 3 Skematik Perancangan alat

2.3.1 Perancangan DC-DC Buck Converter

DC-DC buck converter memiliki karakteristik utama yang dapat menurunkan tegangan input yang lebih tinggi menjadi output yang lebih kecil nilainya. Parameter perancangan dc-dc buck converter pada tabel 1

Tabel 1 Parameter DC-DC Buck Converter

Parameter	Nilai Besaran
Tegangan input	24 V_{DC}
Tegangan output	0 – 15 V_{DC}
Arus output	0 – 5 A
Induktansi pada induktor	100 μ H 6A
Arus ripple pada induktor (ΔI_L)	10% x Arus output =0.5 A
Tegangan ripple pada kapasitor (ΔV_{cout})	0.1 V_{DC}
Frekuensi pemicuan MOSFET (f_{sw})	96 KHz
Kapasitor output (C_{out})	10 μ F
MOSFET	IRFZ44N*
Dioda	MUR1560

2.3.2 Parameter Kontrol Arduino

Parameter yang dibutuhkan dalam perancangan kontrol Arduino Nano dapat dilihat pada table 2 dibawah ini.

Table 2 Parameter Arduino Nano

Parameter	Nilai Besaran
Supply Voltage	9 ~12 V_{DC}
Output Voltage	5 V_{DC}
Mikrocontroler	ATmega328
Power Consumption	19 mA
PWM Output	6
Clock Speed	16 Mhz

2.3.3 Parameter Power Supply

Suplai daya yang dibutuhkan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Parameter power supply

Suplai	Kebutuhan Tegangan
DC-DC Buck Converter	24 V_{DC}
Driver MOSFET dan Optocoupler TLP250	12-15 V_{DC}
Arduino Nano	9-12 V_{DC}

2.4 Komponen yang dibutuhkan dalam penelitian

2.4.1 DC-DC buck converter

Komponen yang dibutuhkan saat perancangan DC-DC buck converter dapat dilihat pada tabel 4

Tabel 4 Komponen blok dc-dc *buck converter*

Komponen	Nilai Besaran
Induktansi pada induktor	100 μ H 10A
Kapasitor <i>output</i> (C_{out})	10 μ F
MOSFET	IRFZ44N
Dioda	MUR1560

2.4.2 Kontrol Arduino Nano

Komponen yang digunakan pada blok kontrol Arduino Nano dapat dilihat pada tabel 5

Tabel 5 Komponen Blok Kontrol Arduino

Komponen	Jumlah
Mikrokontroler Arduino Nano	1
Sensor Arus ACS712 20 A	2
Sensor Tegangan 0~25 V_{DC}	2
Relay Module 5 V_{DC}	1
Layar LCD Nokia 5110	1
Rocker Switch	1
Variable Resistor (Potensiometer)	2
Buzzer 5 V_{DC}	1
Resistor 10 $K\Omega$	1

2.4.3 Driver MOSFET dan *Optocoupler* TLP250

Komponen yang digunakan pada blok Driver MOSFET dan *Optocoupler* TLP250 dapat dilihat pada tabel 6

Tabel 6 Komponen Blok Driver MOSFET dan *Optocoupler* TLP250

Komponen	Jumlah
TLP250	1
Resistor 330 Ω	2
Kapasitor 10 μ F	2
Resistor 39 Ω	1
Resistor 10 $K\Omega$	1

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Rangkaian

Pengujian Rangkaian DC-DC *buck converter* dilakukan untuk mengetahui bahwa DC-DC *buck converter* dapat bekerja dengan baik dan didapatkan efisiensinya. Efisiensi DC-DC *buck converter* dapat dihitung dengan cara membandingkan dengan *output* dengan daya *input* dari DC-DC *buck converter* dengan beban pengujian sebesar 12 Ω 100 W dengan menggunakan persamaan 4.1

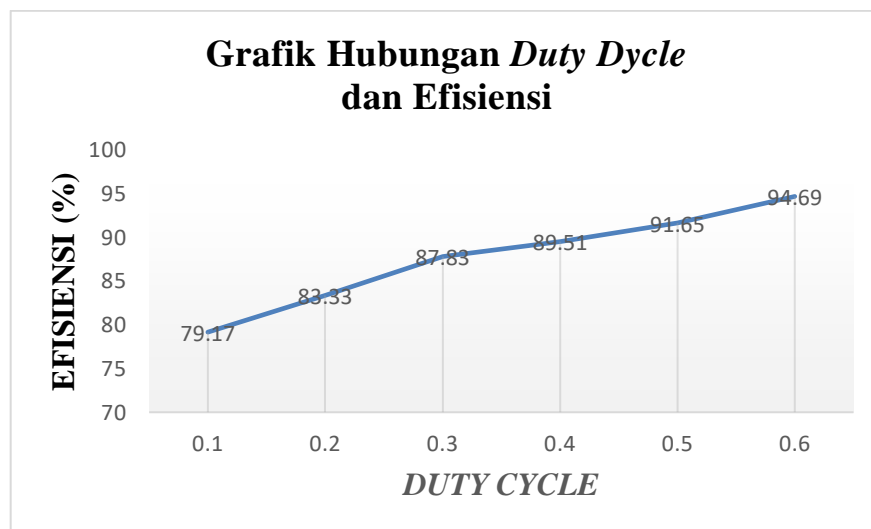
$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{V_{out} \cdot I_{out}}{V_{in} \cdot I_{in}}$$

Dengan memvariasikan *duty cycle* sinyal pemicuan PWM, maka didapatkan data pengujian DC-DC *buck converter* yang dapat dilihat pada table 4.1 dibawah ini.

Tabel 7 Pengujian DC-DC Buck Converter

Duty Cycle	INPUT			OUTPUT			Efisiensi (%)
	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	
0.1	23,9	0,01	0,24	1,9	0,1	0,19	79,17
0.2	22,9	0,06	1,38	4,13	0,28	1,15	83,33
0.3	22,5	0,12	2,3	6,52	0,31	2,02	87,83
0.4	22,1	0,22	4,86	8,54	0,51	4,35	89,51
0.5	21,6	0,36	7,78	10,33	0,69	7,13	91,65
0.6	21,2	0,48	10,17	12,51	0,77	9,63	94,69

Dari Tabel 4.7 didapatkan nilai rata-rata efisiensi pengujian DC-DC buck converter sebesar 87,69%. Grafik perbandingan antara *duty cycle* dan efisiensi DC-DC buck converter dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Grafik Hubungan *Duty Cycle* dan Efisiensi

Berdasarkan grafik pada Gambar 4. dapat diketahui bahwa semakin besar nilai *duty cycle* berbanding lurus dengan nilai efisiensi DC-DC buck converter. Efisiensi yang rendah pada saat nilai *duty cycle* kecil dikarenakan siklus *off* pada sinyal PWM menyebabkan tegangan keluaran menjadi kecil dan terjadi rugi rugi yang disebabkan oleh komponen begitu juga sebaliknya efisiensi yang tinggi pada saat *duty cycle* tinggi.

3.2 Pengujian Pengisian Baterai Lithium-ion 14.4V_{DC}

Pengujian pengisian baterai dilakukan ketika kondisi baterai 2,7V untuk satu baterai yang berarti saat tegangan 10.8V untuk 4 baterai yang disusun seri. Kondisi penuh saat 3,6V untuk satu baterai dan saat 14.4V untuk 4 baterai yang disusun secara seri. Selama proses pengisian nilai tegangan dan arus diukur oleh sensor untuk diumpun balikkan ke Arduino Nano untuk

mengatur nilai *duty cycle* PWMnya. Pengujian menggunakan baterai Sony/Murata VTC6 3000mAh dengan *charge timenya* 1Cx2.5hr dengan menggunakan pengisian *constant current* (CC).

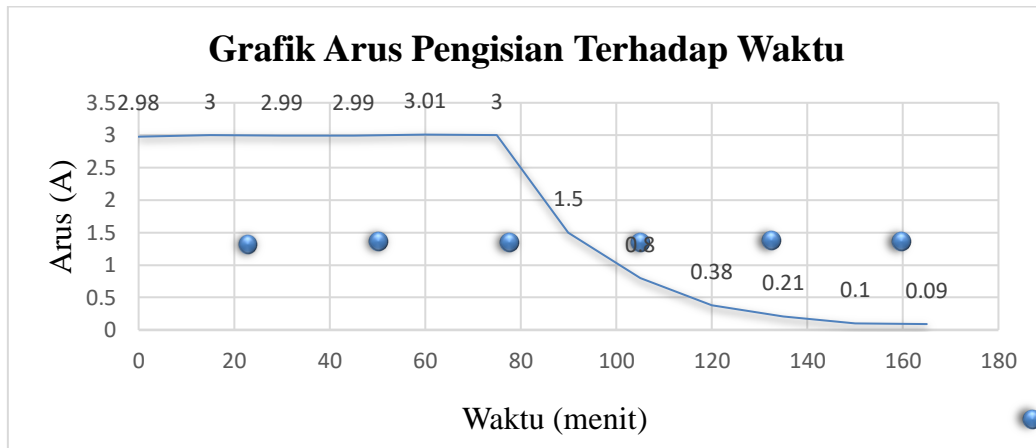
3.2.1 Pengisian dengan *Setting Constant* (CC) 3A dan *Constant Voltage* (CV) 14.4 V_{DC}

Pada pengujian ini awal baterai sebesar 10.8V_{DC}. Kemudian baterai akan dilakukan pengisian dengan metode CC-CV dimana pada awalnya baterai akan diisi dengan metode *Constant Current* (CC) sebesar 3A dan kemudian dilanjutkan dengan metode *Constant Voltage* (CV) sebesar 14.4V_{DC} karena tegangan nominal baterai 3.6V_{DC} disusun seri 4 baterai. Hasil pengujian pengisian baterai dapat dilihat pada tabel 8

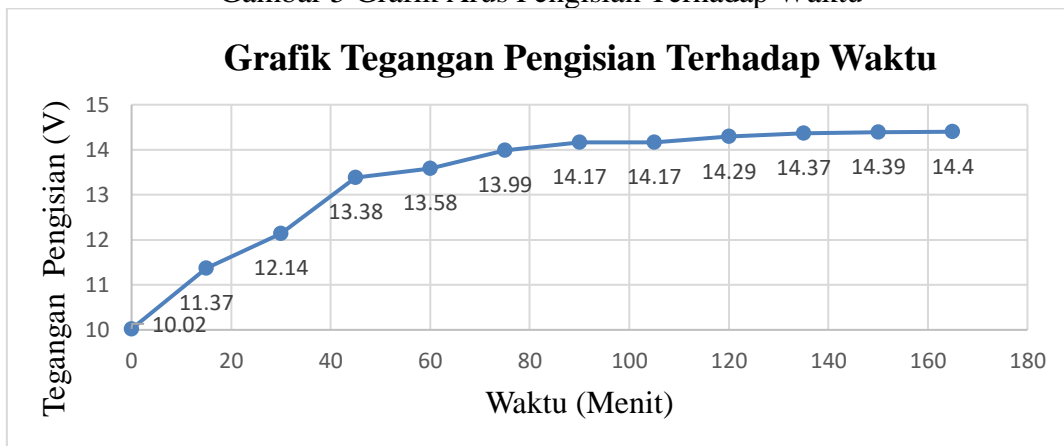
Tabel 8 Hasil Pengujian pengisian baterai *lithium* 14,4V_{DC}

Waktu (Menit)	Arus (A)	Teg. Pengisian (V _{DC})	Teg. Baterai (V _{DC})
0	2,98	10,02	10,8
15	3	11,37	11,3
30	2,99	12,14	11,81
45	2,99	13,38	12,92
60	3,01	13,58	12,28
75	3	13,99	13,52
90	1,5	14,17	14,17
105	0,8	14,17	14,17
120	0,38	14,29	14,29
135	0,21	14,37	14,37
150	0,1	14,39	14,39
165	0,09	14,4	14,4

Berdasarkan data pengujian pada Tabel 4.3, terlihat bahwa nilai arus yang digunakan saat pengisian dengan metode *Constant Current* (CC) sangat mendekati nilai 3 A. saat pengisian berubah ke *Constant Voltage* (CV) nilai tegangan dijaga tetap dengan nilai tidak jauh 14,4 V_{DC} dan pengisian penuh terjadi saat arus menyentuh 0,09 A. Pengujian dilakukan selama 165 menit dimana perubahan metode *Constant Current* (CC) ke *Constant Voltage* (CV) terjadi pada sekitar menit ke 90. Grafik perubahan arus pengisian terhadap waktu dapat dilihat pada Gambar 5 sedangkan grafik perubahan tegangan baterai terhadap waktu dapat dilihat pada Gambar 6



Gambar 5 Grafik Arus Pengisian Terhadap Waktu



Gambar 6 Grafik Tegangan Pengisian Terhadap Waktu

Berdasarkan Gambar 5, pengisian baterai menggunakan metode *Constant Current* (CC) dapat diketahui bahwa pengisian baterai pada rentang waktu 0 sampai dengan 75 menit nilai arus pengisian dijaga konstan 3A. Pengisian kemudian berubah dari *Constant Current* (CC) ke *Constant Voltage* (CV) dengan nilai tegangan dijaga constant pada nilai 14,4V_{DC} sehingga arus pengisian terus menurun mendekati nilai 0 A. Pengisian kemudian terjadi *cut-off* atau baterai kondisi penuh pada menit ke 165 saat arus pengisian menyentuh 0,09A

Waktu pengisian yang dibutuhkan untuk pengisian baterai CC-CV adalah 2jam 45menit. Seharusnya saat pengisian 1C (3A) adalah 2jam 30 menit menggunakan pengisian *Constant Current* (CC) saja seperti pada spesifikasi baterai yang tercantum pada *datasheet*. Karena pada pengujian ini menggunakan CC-CV dan waktu pengisian yang dibutuhkan 2jam 45menit sudah mendekati dengan spesifikasi pengisian.

Dari Penjelasan diatas, dapat disimpulkan bahwa charger baterai dengan metode *Constant Current* (CC) dan *Constant Voltage* (CV) menggunakan DC-DC *buck converter* dapat berjalan dengan baik dan sesuai dengan nilai *setting* CC dan CV yang *input* pada mode *setting*.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan perancangan, pengujian, dan analisa yangtelah dilakukan maka dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut:

- a Sistem *charging* baterai *lithium-ion* menggunakan DC-DC *buck converter* dengan metode *Constant Current* (CC) dan *Constant Voltage* (CV) telah berhasil melakukan pengisian baterai *lithium-ion* SONY/MURATA VTTC6 3000mAh dengan *setting* arus *Constant Current* (CC) 3A dan *setting* tegangan *Constant Voltage* (CV) $14,4V_{DC}$.
- b Performa waktu pengisian yang diperoleh dengan arus pengisian 3A dan tegangan pengisian $14,4V_{DC}$ adalah 2j am 45 menit.
- c Nilai rata-rata efisiensi DC-DC *buck converter* 87,69% dengan nilai efisiensi terendah terjadi pada *duty cycle* 0.1 dengan efisiensi sebesar 79,17% dan nilai efisiensi tertinggi pada *duty cycle* 0.6 dengan efisiensi sebesar 94,69%.

4.2 Saran

- a Dalam penelitian ini masih banyak sekali kekurangan dan ketidaksempurnaan. Untuk itu, perlu dilakukan pengembangan agar ke depannya menjadi lebih baik lagi sehingga memiliki beberapa saran, diantaranya:
- b Menggunakan metode pengisian lain untuk dilakukan perbandingan dengan pengisian CC-CV
- c Menggunakan DC-DC *synchronous buck converter* agar mendapatkan efisiensi yang lebih tinggi.

REFERENSI

- [1] R. K. Sidiq, "Rancang Bangun Sistem Pengisi Baterai Mobil Listrik Berbasis Mikrokontroler Atmega16," 2015.
- [2] B. Wisnu, A. Mahardika, T. Andromeda, and P. R. Driver, "PERANCANGAN SISTEM CHARGING BATERAI MENGGUNAKAN DC- DC BUCK CONVERTER METODE CONSTANT CURRENT (CC) DAN CONSTANT VOLTAGE (CV)," no. Cc-cv, 2020.
- [3] N. Majid, S. Hafiz, R. Y. Y. Yuono, E. T. Astuti, and B. Prihandoko, "Analysis of effective pulse current charging method for lithium ion battery," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 755, no. 1, 2016, doi: 10.1088/1742-6596/755/1/011001.
- [4] T. Mikitaka, "Rechargeable Battery Charging Method," no. 19, 1995.
- [5] T. Ikeya *et al.*, "Multi-step constant-current charging method for electric vehicle, valve-regulated, lead/acid batteries during night time for load-levelling," *J. Power Sources*, vol. 75, no. 1, pp. 101–107, 1998, doi: 10.1016/S0378-7753(98)00102-5.
- [6] H. . Kiehne, *Battery Technology Handbook, Second Edition, H.A. KIEHNE, eBook - Amazon.com*. 2007.
- [7] D. F. Arfianto, D. Fahmi, and D. A. Asfani, "Pemantauan, Proteksi, dan Ekualisasi Baterai Lithium-Ion Tersusun Seri Menggunakan Konverter Buck-Boost dan LC Seri dengan Kontrol Synchronous Phase SHift," *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, 2016, doi: 10.12962/j23373539.v5i2.16053.
- [8] W. Hart Danial, *Power Electronics*. Valparaiso University, Indiana: McGraw-Hill, 2011.
- [9] W. T. Ave, *Filtering Paper*. Lincolnwood: Illois Capcitor, INC, 2020.
- [10] Eka Maulana, "Teori Dasar MOSFET," <Http://Maulana.Lecture.Ub.Ac.Id/>, pp. 1–34,

- 2014, [Online]. Available: <http://maulana.lecture.ub.ac.id>.
- [11] M. H. Rasyid, *Power Electronics: Circuit, Devices, and Applications*. New Jersey: Pentice-Hall Internasional Inc, 1993.
- [12] Arduino, “Arduino Nano Datasheet,” 2019. <http://www.farnell.com/datasheets/1682238.pdf>.
- [13] I. Microchip Technology, “ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P datasheet,” 2018. <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/ATmega48A-PA-88A-PA-168A-PA-328-P-DS-DS40002061A.pdf>.
- [14] “Analog To Digital Conversion.” <https://learn.sparkfun.com/tutorials/analog-to-digital-conversion/all> (accessed Oct. 12, 2020).
- [15] S. G. Technology, “Voltage Sensor Module Datasheet,” *Shenzen Global Technology*, 2015. http://www.mantech.co.za/datasheets/products/Voltage_Sensor-170640_SGT.pdf.
- [16] Allegro®, “ACS712 [Datasheet],” *Allegro MicroSystems, Inc*, pp. 1–14, 2007, [Online]. Available: www.allegromicro.com.
- [17] J. Ejury, “Buck Converter Design,” *Buck Convert. Des.*, no. January, pp. 1–17, 2013, [Online]. Available: <https://www.mouser.de/pdfdocs/BuckConverterDesignNote.pdf>.