

Buck Converter Sebagai Regulator Aliran Daya Pada Pengereman Regeneratif

Ali Basrah Pulungan¹⁾, Sukardi²⁾, Taslim Ramadhani³⁾

Abstrak— Makalah ini memaparkan perancangan dan pengujian *Buck Converter* Sebagai Regulator Aliran Daya yang digunakan pada pengereman regeneratif. *Buck converter* digunakan untuk menurunkan tegangan yang diperoleh dari input yang berubah-ubah yang dihasilkan saat pengereman regeneratif, regulator ini menggunakan Atmega 8 sebagai mikrokontrollernya. Hasil pengujian menunjukkan kinerja buck converter yang baik dengan tegangan output antara nilai 14,32-14,63 volt atau rata-rata 14,4 volt rentangan kerja dutycycle dari 14,90% hingga 68,29%, sehingga mampu bekerja saat tegangan input berubah-ubah. Nilai tegangan ini dapat digunakan untuk mengisi baterai mobil listrik jenis GP SERIES-VRLA 65 Ah.

Kata Kunci— Regulator Aliran daya, Buck converter, Pengereman regeneratif.

I. PENDAHULUAN

Pengereman regeneratif telah banyak dikembangkan khususnya pada mobil listrik. Hal ini disebabkan bahwa sistem pengereman ini disamping berfungsi untuk memperlambat putaran motor, juga dapat menghasilkan daya listrik. Daya listrik yang dihasilkan dapat digunakan untuk pengisian baterai sebagai media penyimpan energi. Pada mobil listrik pengoperasian Motor Arus Searah Tanpa Sikat (BLDC) sebagai generator akan menyebabkan terjadinya pengereman regeneratif, dengan sistem ini akan menjadikan mobil listrik efisien dibandingkan dengan sistem pengereman mekanik.

Perancangan pengereman regeneratif dapat dilakukan dengan memanfaatkan beberapa rangkaian elektronika sebagai regulator aliran daya untuk *me-recovery* energi sisa putaran motor BLDC saat terjadi pengereman. Regulator aliran daya bertujuan untuk mendapatkan nilai tegangan yang konstan pada saat pengisian baterai. Nilai tegangan yang konstan dapat diperoleh dengan menggunakan *chopper* jenis *boost* converter sebagai regulator[1]. Penggunaan *chopper* jenis *boost* converter

ini memiliki rentangan tegangan kerja yang kecil sedangkan saat motor BLDC dioperasikan sebagai generator memiliki rentangan tegangan hingga 48 volt. Untuk mengatasi hal tersebut dapat digunakan *chopper* jenis *buck* converter sebagai regulator aliran daya.

Buck converter digunakan untuk mengatur tegangan motor BLDC saat terjadi pengereman agar sesuai dengan tegangan kerja baterai. Untuk kendali tegangan keluaran konstan sesuai dengan tegangan kerja beban digunakan mikrokontroler ATmega 8. Buck converter memiliki perancangan yang sangat sederhana dan ekonomis[2]. Sehingga diharapkan dengan penelitian diperoleh rangkaian buck converter sebagai regulator aliran daya pengereman regeneratif.

II. STUDI PUSTAKA

A. Pengereman Regeneratif

Perkembangan mobil listrik yang kian pesat menghasilkan berbagai inovasi dalam penciptaan mobil listrik. Saat ini mobil listrik populer dengan penggerak motor BLDC karena dalam segi mekanik tidak memiliki *brush* (*brushless*) sehingga motor akan berputar dengan lebih cepat dan memiliki ketahanan yang lebih lama karena tidak cepat panas. Secara umum BLDC terdiri dari dua bagian, yakni rotor, bagian yang bergerak, yang terbuat dari permanen magnet dan stator, bagian yang tidak bergerak, yang terbuat dari kumparan 3 fasa. Walaupun merupakan motor listrik *synchronous* AC 3 fasa, motor ini tetap disebut dengan BLDC karena pada implementasinya BLDC menggunakan sumber DC sebagai sumber energi utama yang kemudian diubah menjadi tegangan AC dengan menggunakan inverter 3 fasa.

Pengereman regeneratif dapat dilakukan dengan cara mengoperasikan mesin listrik sebagai generator. Mesin arus searah tanpa sikat (BLDC) juga biasa disebut mesin sinkron magnet permanen, maka dari itu keluarannya-pun saat dioperasikan sebagai generator akan mirip dengan keluaran generator sinkron 3 fasa. Pengereman regeneratif adalah metode pengereman untuk menggunakan energi mekanik dari motor dan mengubah energi kinetik menjadi energi listrik serta mengembalikan kembali pada baterai[3].

B. Penyearah Tiga Fasa Tak Terkendali

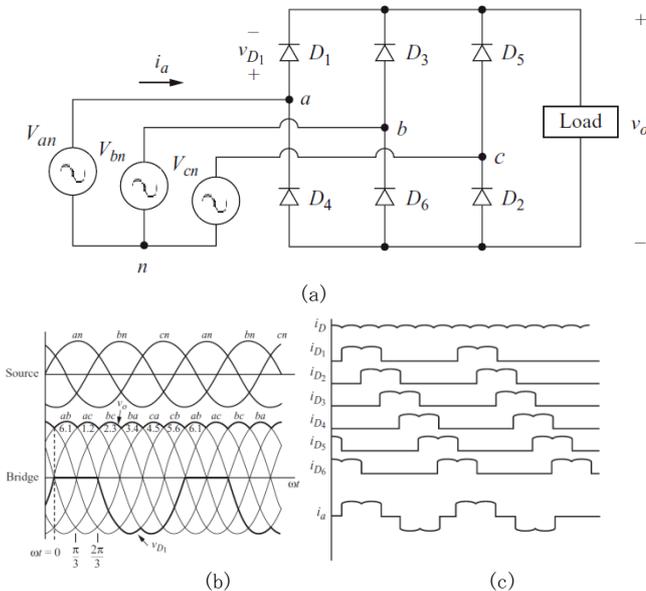
Rangkaian penyearah adalah suatu rangkaian yang mengubah tegangan bolak-balik (ac) menjadi tegangan searah (dc). Penyearah tiga fasa umumnya digunakan dalam industri untuk menghasilkan tegangan dc dan arus untuk beban besar. Sumber tiga fasa memiliki

¹⁾ Ali Basrah Pulungan adalah dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang; Padang, Indonesia; email alibp@ft.unp.ac.id.

²⁾ Sukardi adalah dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang; Padang, Indonesia; email sukardiunp@gmail.com.

³⁾ Taslim Ramadhani berafiliasi pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang; Padang, Indonesia;

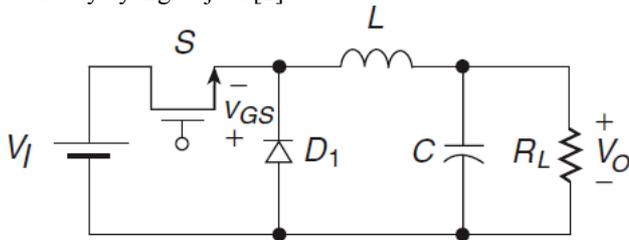
keseimbangan daya karena dipasok oleh tiga fasa a, b dan c. Sumber dan dioda diasumsikan ideal dalam analisis awal dari rangkaian



Gambar 1. (a) Penyearah Tiga Fasa, (b) Tegangan Input dan Output, (c) Arus pada Beban Resistif.

C. Buck Converter

Buck converter adalah dc-dc converter jenis penurun tegangan atau step down. Buck converter mampu menghasilkan nilai tegangan output sama atau lebih rendah dari tegangan input-nya[4]. Buck converter ini tersusun dari mosfet (saklar aktif) dan dioda (saklar pasif). Saklar pasif dapat diganti dengan aktif pada saat tegangan kerja yang rendah, sehingga dapat mengurangi susut daya yang terjadi [2].



Gambar 2. Rangkaian Buck Converter

Pada dasarnya prinsip kerja buck converter menggunakan switch yang bekerja dengan dua mode yaitu switch ON dan switch OFF [5]. Adapun dikenal dengan istilah Pulse Width Modulation atau disingkat PWM. Pada PWM terdapat duty cycle yang bekerja mengendalikan kecepatan (frekuensi) kerja switch.

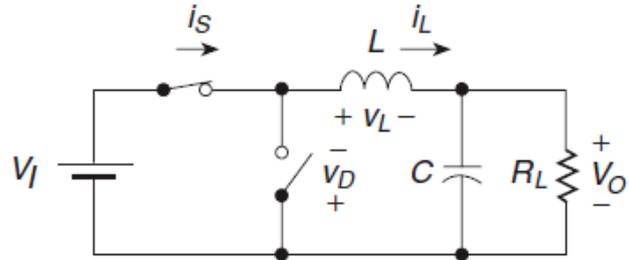
PWM merupakan suatu proses membangkitkan sinyal keluaran pada periode berulang antara high dan low, dimana pengaturan durasi dapat diatur sesuai yang dibutuhkan. Sedangkan duty cycle adalah representasi ketika kondisi high dalam periode sinyal yang dinyatakan dalam persen (%) dengan range 0-100% [6].

Kontrol switching mosfet dengan prinsip PWM untuk mode on dan off dengan frekuensi switching $f_s=1/T$ dengan dutycycle sebagai berikut:

$$D = \frac{T_{ON}}{T} = \frac{T_{ON}}{T_{ON}+T_{OFF}} = f_s T_{ON} \tag{1}$$

• Mode switch on

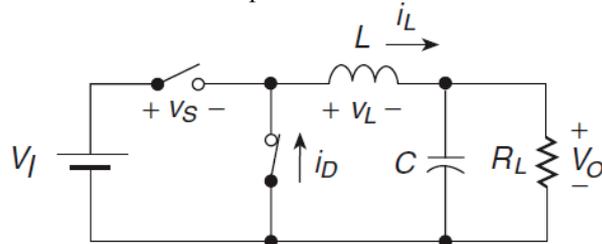
Ketika MOSFET on (tertutup) dan dioda off, arus mengalir dari sumber menuju ke induktor (pengisian induktor), disaring dengan kapasitor, lalu ke beban, kembali lagi ke sumber.



Gambar 3. Rangkaian Ekvivalen Buck dengan Mosfet ON diode off

• Mode switch off

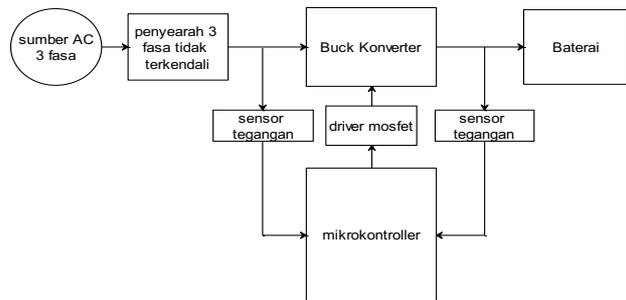
Ketika mosfetoff(terbuka) dan diode on arus akan mengalir melalui L, C, beban, dan diode maksimum. Arus induktor akan turun sampai transistor di on-kan kembali pada siklus berikutnya. Energi yang tersimpan pada induktor L dipindahkan ke beban.



Gambar 4. Rangkaian ekvivalen buck dengan mosfet OFF doioide ON

III. METODE PENELITIAN

Perancangan dilakukan dengan membuat blok diagram, sebagaimana gambar berikut ini;



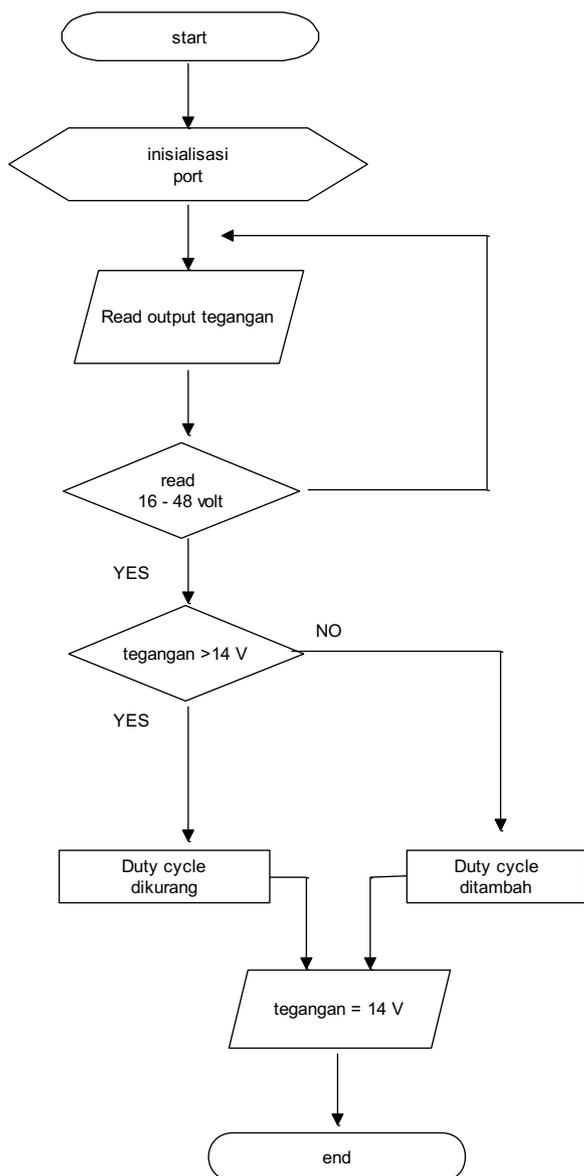
Gambar 5. Blok Diagram Sistem

Tegangan DC akan digunakan untuk masukan pada rangkaian buck converter. Nilai tegangan akan dideteksi sensor yang akan dikontrol dengan luaran berupa dutycycle sebagai pengatur pensaklaran mosfet pada rangkaian buck converter. Keluaran dari buck converter akan disensor menggunakan sensor tegangan sebagai feedback yang digunakan untuk pengisian baterai.

Rancangan converter terlebih dahulu dilakukan

perhitungan nilai komponen-komponen secara benar, seperti nilai induktor dan kapasitor. Karena nilai komponen yang tidak tepat, dapat menyebabkan hasil keluaran yang kurang baik, seperti adanya *ripple* tegangan dan arus yang terlalu besar.

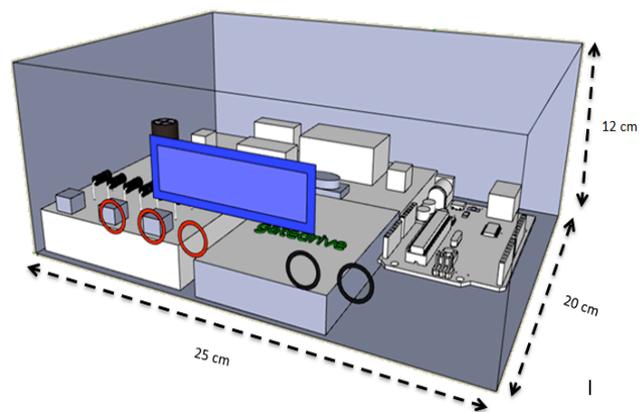
Pada rangkaian ini digunakan mosfet IRF3205 yang memiliki keunggulan yaitu *fast switching*, arus maksimal 110 A dan tegangan maksimal 200V. IRF3205 juga mempunyai karakteristik kestabilan yang bagus juga resistansi suhu rendah. Untuk mengaktifkan mosfet diperlukan rangkaian driver mosfet.



Gambar 6. Flowchart program.

TABEL 1.
SPESIFIKASI PERANCANGAN ALAT

Parameter	Nilai
Tegangan Input	15-48Volt
Tegangan Output	14.4 Volt
Frekuensi <i>Switching</i>	4000KHz
MOSFET	IRF3205
Induktor	
Capasitor	
Dioda	Schottky 20SQ45



Gambar 7. Perancangan Mekanik

Gambar 6 merupakan *flowchart* kinerja *buck converter* dalam prinsip pengereman regeneratif. Bahasa pemrograman menggunakan Bahasa C dan menggunakan mikrokontroler ATmega 8.

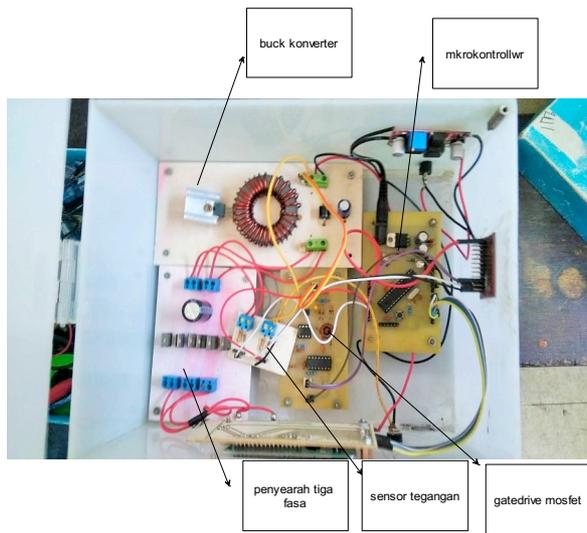
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Perancangan Alat



Gambar 8. Box Alat Pengisian Baterai

Pada *box* gambar 8 tersebut terdapat rangkaian elektronik sebagai regulator aliran daya yang mengatur pengisian baterai. Tampilan dalam dari alat pengisian baterai dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Rangkaian pengisian Accumulator

B. Pengujian Alat

Pengujian penyearah tiga fasa dilakukan dengan menyearahkan sumber tegangan tiga fasa dengan sumber yang berbeda-beda. Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui kinerja perancangan penyearah tiga fasa bekerja dengan baik.

TABEL 2.
PENGUJIAN PENYEARAH 3 FASA

Sumber tegangan 3 fasa	Tegangan dc
6/fasa	5.23 V
9/fasa	8.56 V
12/fasa	11.2 V

Pengujian buck converter dilakukan dengan mengubah tegangan sumber secara bertahap dari 48 Volt hingga 15 Volt. Pengujian ini dimaksud untuk mengetahui kinerja alat terhadap perubahan sumber dengan output konstan serta perubahan karakteristik dutycycle. Hasil pengukuran ditunjukkan pada table 3.



Gambar 10. Hasil penyearah 3 fasa

C. Pembahasan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan diperoleh bahwa regulator aliran daya telah bekerja dengan baik, seperti pada penyearah tiga fasa telah

bekerja baik dengan ripple yang kecil sehingga mampu menyearahkan tegangan AC tiga fasa menjadi tegangan DC.

Kinerja buck converter juga menunjukkan tegangan output yang relatif konstan dengan nilai 14,32-14,63 volt atau rata-rata 14,4 volt rentangan kerja dutycycle dari 14,90% hingga 68,29%, sehingga mampu bekerja saat tegangan input berubah-ubah. Nilai tegangan ini dapat digunakan untuk mengisi baterai mobil listrik jenis GP SERIES-VRLA 65 Ah.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa Buck konverter sebagai regulator aliran daya dapat bekerja penstabil tegangan 14.4 Volt sesuai dengan kerja baterai pada saat pengisian.

TABEL 3.
PENGUJIAN RANGKAIAN BUCK CONVERTER

V _{IN}	DUTYCYCLE (%)	V _{OUT}
48	14.90	14.62
47	14.90	14.63
46	14.20	14.45
45	14.54	14.42
44	14.55	14.48
43	15.50	14.52
42	16.90	14.43
41	16.29	14.55
40	18.20	14.55
39	19.44	14.40
38	19.44	14.44
37	20.19	14.46
36	23.54	14.44
35	24.90	14.42
34	26.20	14.45
33	26.03	14.38
32	28.90	14.44
31	30.90	14.46
30	30.90	14.48
29	32.44	14.42
28	34.87	14.45
27	37.55	14.44
26	37.55	14.46
25	42.53	14.42
24	42.53	14.62
23	48.90	14.44
22	50.09	14.52
21	61.65	14.47
20	61.65	14.41
19	61.90	14.32
18	62.20	14.40
17	62.40	14.38
16	68.29	14.52
15	68.29	14.40

REFERENSI

- [1] Soeprapto, dkk., Pengereman Regeneratif Motor Arus Searah Tanpa Sikat (BLDC) Untuk Mengisi Baterai Pada Sepeda Gowes. Universitas Brawijaya: *Journal of Environmental Engineering & Sustainable Technology (JEEST)* Vol. 03 No. 02, November 2016, Pages 112-120.
- [2] A. Asnil and I. Husnaini, "Analisis riak keluaran buck converter," *Seminar Nasional, FORTEI 2015*, no. 561, pp. 58–62, 2015.
- [3] Muhammad Azzumar. 2012. *Pemodelan dan simulasi brushless DC Motor Kecil Untuk Aplikasi Aktuator Sirip*. Tugas Akhir: Universitas Indonesia.
- [4] Hart, Daniel w. 2010. *Power Electronics*. McGraw-Hill: New York.
- [5] Deny Faturrahman. 2016. *Perancangan dan Implementasi Sistem Pengereman Regeneratif Pada Mobil Listrik Dengan Penggerak BLDC*. Tugas Akhir: Universitas Telkom Bandung.
- [6] Asnil. (2015). *Kendali Tegangan Keluaran Buck Converter Menggunakan Kontroler LQR/LTR*. *Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional*, Vol. 1, No. 1, April 2015.