

Kontrol Kecepatan Motor *Brushless DC* Menggunakan *Double Boost Converter* Berbasis PI

Gita Arya Pratama¹, M. Krisna Ramadhani Ananta², Rio Winas Setia Budi³
Belly Yan Dewantara⁴ dan Iradiratu D. P.K⁵

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Hang Tuah Surabaya,
Jl. Arief Rahman Hakim No. 150, Surabaya.

e-mail: aryaxiitpm@gmail.com, krisna.ramadhani1712@gmail.com, riowinas@gmail.com
bellyandewantara@gmail.com, iradiratu@hangtuah.ac.id

Abstrak— Paper ini menampilkan desain *double boost converter* yang mempunyai kemampuan menggandakan tegangan dua kali lipat berturut turut beban DC yang menghasilkan tegangan output tambahan atau cadangan suplai pada beban. Pada umumnya *double boost converter* ini adalah konverter daya DC to Dc meningkatkan tegangan dari input (pasokan) ke output (beban) di desain menunjukkan bahwa dengan inputan sumber AC yang di searahkan terlebih dulu dengan converter penyearah berfungsi untuk mengatur kecepatan motor *BLDC*. Untuk pengontrolan pada beban motor menggunakan *PI controller* (*Proportional Integrator*) dimana parameter *PI controller* diperoleh dari trial error. *PI controller* juga berfungsi memperbaiki gelombang keluaran dan kecepatan motor *BLDC*.

Kata kunci : *Motor BLDC, Double Boost Converter, PI controller.*

Abstract— *This paper features a double boost converter design that has the ability to double the successive voltage in a DC load which results in an additional output voltage or supply reserve at load. In general, this double boost converter is a DC to Dc power converter increasing the voltage from input (supply) to output (load) in the design shows that the input AC source is aligned first with the rectifier converter to regulate the speed of the BLDC motor. To control the motor load using a PI controller (Proportional Integrator) where the PI controller parameter is obtained from the trial error. The PI controller also functions to improve the wave output and speed of the BLDC motor.*

Keywords: *BLDC motor, Double Boost Converter, PI controller.*

I. PENDAHULUAN

Pada era modern ini hampir semua sistem perangkat elektronik membutuhkan catu daya DC. Catu daya DC banyak digunakan pada sistem elektronika yang bertegangan rendah hingga sistem kelistrikan bertegangan tinggi. Namun pada penelitian ini converter yang digunakan adalah DC – DC yang dimana menggunakan sumber tegangan AC, maka dari itu dibutuhkan rangkaian rectifier. Penggunaan sistem catu daya DC memerlukan sistem yang mampu mengkonversikan tegangan DC dari suatu tingkat tegangan DC ke dalam bentuk tingkat tegangan DC yang lain. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka pada penelitian ini akan merancang sebuah alat converter tegangan DC yaitu Double Boost Converter DC-DC Bidirectional yang disertai dengan sistem kontrolnya dengan menambahkan PI control sebagai perbaikan gelombang keluaran, agar output tegangan yang dihasilkan konstan dan dapat dipertahankan dan dapat mengatur kecepatan pada motor BLDC.

II. DASAR TEORI

Motor *Brushless DC* (BLDC) adalah termasuk salah satu jenis motor DC, pada motor jenis ini tidak terdapat bagian sikat dan komutator. Motor *Brushless DC* ini termasuk dalam jenis motor sinkron, yang artinya medan magnet yang dihasilkan oleh stator dan medan magnet yang dihasilkan

oleh rotor berputar pada frekuensi yang sama. Motor *Brushless DC* ini tidak mengalami slip seperti yang terjadi pada motor induksi biasa. Motor jenis ini mempunyai magnet permanen pada bagian rotor dan electromagnet pada bagian stator. Walaupun merupakan motor listrik sinkron 3 fasa, motor ini tetap termasuk kategori motor DC karena pada implementasinya motor *Brushless DC* ini menggunakan sumber tegangan DC sebagai sumber energy utama yang kemudian diubah menjadi tegangan AC dengan menggunakan inverter 3 fasa [3].

A. Motor *Brushless DC*

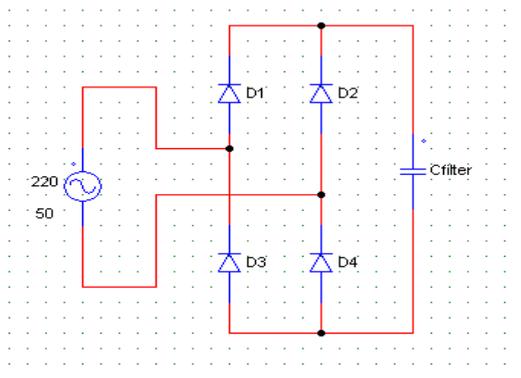
Motor *brushless DC* (BLDC) adalah jenis motor DC yang tidak memiliki sikat. Dengan dihilangkannya bagian sikat dan komutator, motor ini memiliki kelebihan antara lain adalah peningkatan pada efisiensi, pengurangan kebisingan yang ditimbulkan saat berputar, perawatan yang lebih murah, serta dapat berputar dengan kecepatan tinggi karena berkurangnya gesekan dengan sikat. Sedangkan kekurangan dari motor ini adalah lebih rumit dalam kontrolnya serta harga yang lebih mahal.

Secara konstruksi, motor *brushless DC* kurang lebih seperti motor AC sinkron magnet permanen, dimana belitan

jangkar terletak pada stator dan rotor yang terdiri dari satu atau lebih magnet permanen, namun memiliki perbedaan pada back-EMF. Back-EMF motor AC sinkron magnet permanen berbentuk sinusoidal sedangkan motor brushless DC berbentuk trapezoidal. Dengan Back-EMF yang berbentuk trapezoidal tersebut, motor brushless DC dapat dikatakan memiliki karakteristik elektris seperti motor DC [3].

B. Rectifier

Penyearah tegangan atau yang biasa disebut dengan rectifier merupakan suatu bagian dari rangkaian catu daya atau power supply yang berfungsi sebagai pengubah tegangan AC (*Alternating Current*) menjadi tegangan DC (*Direct Current*). Rangkaian *rectifier* atau penyearah tegangan ini pada umumnya menggunakan dioda sebagai komponen utamanya. Hal ini dikarenakan fungsi dioda sebagai penyearah dan karakteristik utamanya yaitu melewatkan arus listrik ke satu arah dan menghambat arus dari arah sebaliknya. Rangkaian dioda sendiri jika dialiri tegangan AC maka akan melewatkan setengah gelombang dan setengahnya lagi di blokir.

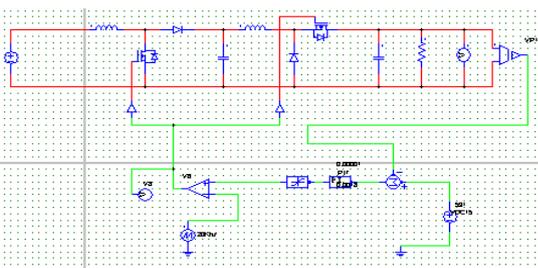


Gambar 1. Rangkaian Rectifier

C. Double Boost Converter DC-DC

Di penemuan yang baru ini, sistem penyimpanan energi menggunakan baterai telah banyak diteliti dan dikembangkan untuk sistem energi terbarukan. Untuk memaksimalkan energi yang tersimpan pada baterai tentu harus didukung dengan sistem transmisi energi dari baterai ke beban.

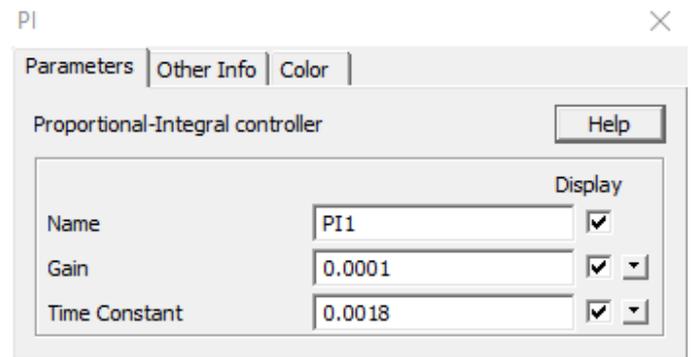
Rangkaian dasar dari *double boost* konverter dapat dilihat pada gambar berikut ini. konverter jenis ini mempunyai kemampuan menghasilkan tegangan output dua kali lebih besar daripada tegangan sumbernya.



Gambar 4. Rangkaian Double Boost Converter

D. Kontrol PI

Sistem kontrol PI adalah kontroler untuk menentukan presisi suatu sistem instrumentasi yang menimbulkan karakteristik umpan balik pada sistem tersebut. Kontrol PI terdiri dari dua cara pengaturan yaitu kontrol P (proportional), dan kontrol I (Integral). Kontroler mencoba untuk meminimalkan kesalahan nilai waktu dengan melakukan penyetelan pada variabel kontrol.

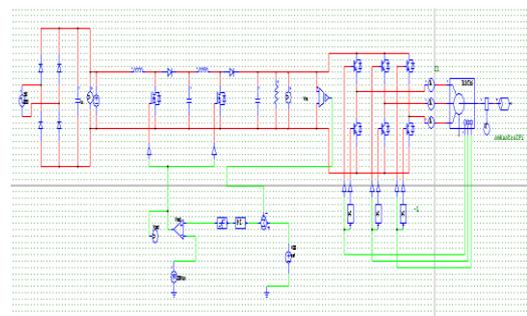


Gambar 2. Parameter PI

III. METODE PENELITIAN

A. Konfigurasi Sistem

Untuk melakukan pengendalian pada motor BLDC dengan menggunakan *double boost converter* yang nilai output tersebut bisa dipertahankan agar menjadi stabil walaupun tegangan pada baterai mengalami penurunan kemudian dikendalikan dengan PID yang berfungsi untuk mengatur *duty cycle mosfet* sehingga tegangan output tetap stabil.



Gambar 3. Sistem kontrol BLDC secara keseluruhan

Motor yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah motor *brushless* DC keluaran MOOG, seri BN42-53IP-03. Motor ini memiliki daya sebesar 874 Watt.

Parameter	Nilai
<i>Rated Power</i>	874 Watt
<i>Rated Speed</i>	2820 rpm
<i>Rated Torque</i>	2.9588 Nm
<i>Resistance</i>	0,408 Ohm

Inductance	1.71 mH
Speed Constant (krpm/V)	29.239
Torque Constant (Nm/A)	0,3269
No. Of Poles	8
Momen Of Inersia	0,4939x10 ⁻³ Kg.m ²
No load Speed	2920 rpm
No Load Current	0,7 A

Tabel 1. Tabel Parameter Motor.

B. Perancangan Double boost konverter

Double boost konverter menggunakan sumber satu fasa 220V yang disearahkan oleh diode bridge rectifier (DBR) yang setelahnya diberi kapasitor sebagai filter tegangan.

Tegangan Input	220 V
Tegangan Output	100 V
Daya Output	875 Watt
Frekuensi	50 KHz
Ripple Arus Masukan	1 %
Ripple Arus Luaran	1 %
Ripple Tegangan	1 %
Induktor (L1)	800 mH
Induktor (L2)	800 mH
Kapasitor (C1)	100 uF
Beban	100 Ohm

Tabel 2. Rating Double boost konverter

D. Mencari Nilai Duty Cycle

Berdasarkan tegangan input dan tegangan output yang telah ditentukan, maka duty cycle yang digunakan pada rangkaian cuk converter dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$D = \frac{V_o}{V_{in} + V_o} \quad (1)$$

E. Mencari Nilai Resistor (Hambatan)

Selanjutnya akan ditentukan nilai beban yang digunakan pada rangkaian cuk converter, berdasarkan tegangan output dan daya output yang diharapkan, maka beban yang digunakan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$P_o = V_o \cdot I_o \quad (2)$$

F. Mencari Nilai Induktor

Setelah mengetahui nilai parameter dari rumus Daya, Tegangan, Arus, dan Beban. Barulah mencari nilai dari Induktor (L).

$$L = \frac{V_i (i-D)}{\Delta i f} \quad (3)$$

G. Mencari Nilai Kapasitor

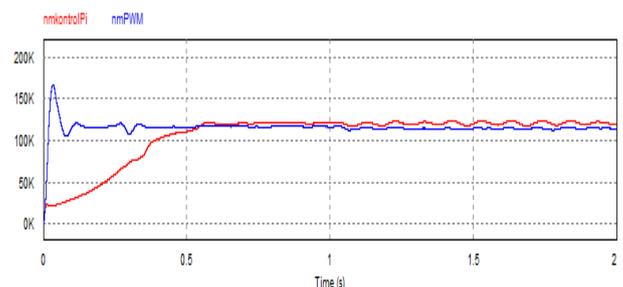
Setelah mengetahui nilai parameter dari rumus Daya, Tegangan, Arus, dan Beban. Barulah mencari nilai dari Kapasitor (C).

$$C = (DV_i + \Delta V) \cdot \frac{(i-D)}{f R \Delta V} \quad (4)$$

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi dilakukan dengan menggunakan Software Power Simulator (PSIM). Dari hasil simulasi seluruh sistem dibuat analisa dan hasilnya berupa kecepatan dengan membandingkan hasil simulasi antara double boost konverter tanpa kontrol dengan terkontrol dan kestabilan kecepatan jika pada saat tanpa beban dan berbeban. Simulasi dalam Software PSIM ini bertujuan untuk menganalisa error study state, respon time, dan overshoot dengan kecepatan yang berbeda-beda.

A. Analisa respon kecepatan motor tanpa beban



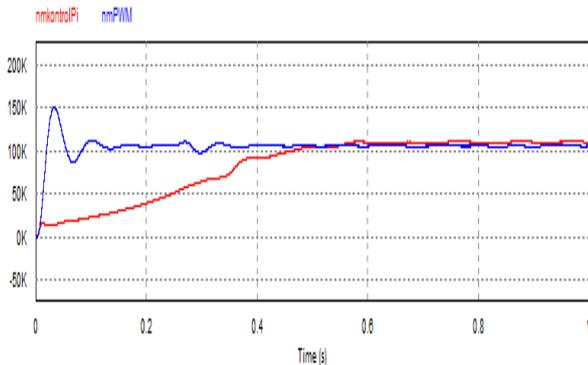
Gambar 7. Grafik Respon Kecepatan Motor Tanpa Beban

Dengan adanya perbandingan antara rangkaian double boost konverter terkontrol, maka dibuktikan dengan adanya hasil grafik di atas yang dimana untuk warna merah terkontrol dan biru tidak terkontrol, untuk terkontrol mengalami start awal dengan halus dan tidak memiliki overshoot, berbeda dengan tidak terkontrol yang mengalami start awal tinggi dan overshoot 3.812 Mp yang cukup tinggi dengan parameter kecepatan tanpa beban = 2000 rpm, respon time = 0.59 detik.

	Kecepatan	Error steady state	Steady state time	Overshot
Tanpa PI	2000rpm	-	0.34 s	3.371 Mp
PI	2000rpm	4.50%	0.49 s	-

Tabel.3 Hasil perbandingan motor tanpa beban

B. Analisa respon kecepatan motor dengan beban 0.1 Tc



Gambar 8. Respon Kecepatan Motor berbeban 0.1 Tc

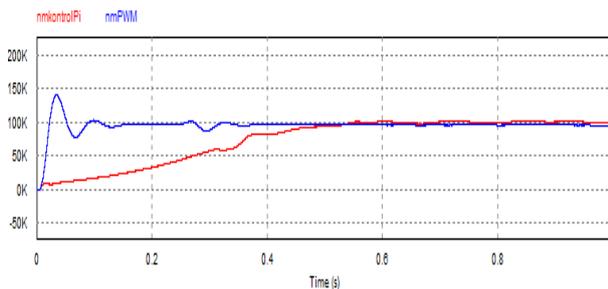
Dari gambar diatas dapat disimpulkan bahwa grafik rangkaian motor terkontrol menunjukkan kecepatan motor dengan kontrol kecepatan PI sebesar 2200 rpm dan rangkaian motor tanpa kontrol PI menunjukkan

kecepatan sebesar 2200 rpm. Untuk rangkaian motor yang tidak terkontrol PI menghasilkan overshoot sebesar 3.205. Respon time = 0.42 detik , Error study state = 3.3 % , Beban = 0.1 Tc, Overshoot = 3.595 Mp.

	Kecepatan	Error steady state	Steady state time	Overshot
Tanpa PI	2400 rpm	-	0.36 s	3.812 Mp
PI	2400 rpm	-	0.56 s	-

Tabel 4.Hasil perbandingan motor berbeban 0.1 Tc

C. Analisa respon kecepatan motor dengan beban 0.2 Tc



Gambar 9. Respon Kecepatan Motor berbeban 0.2 Tc

Dari gambar diatas dapat disimpulkan bahwa grafik rangkaian motor terkontrol menunjukkan kecepatan motor dengan kontrol kecepatan PI sebesar 2200 rpm dan rangkaian motor tanpa kontrol PI menunjukkan kecepatan sebesar 188 rpm. Untuk rangkaian motor yang tidak terkontrol PI menghasilkan overshoot sebesar 3.371. Untuk rangkaian motor yang tidak terkontrol PI menghasilkan

overshoot sebesar 3.371. Respon time = 0.59 detik , Error study state = 4.50 % , Beban = 0.2Tc, Overshoot = 3.595 Mp.

	Kecepatan	Error steady state	Steady state time	Overshoot
Tanpa PI	2200 rpm	-	0.35 s	3.595 Mp
PI	2200 rpm	3.3 %	0.55 s	-

Tabel 5.Hasil perbandingan motor dengan beban 0.2 Tc

V. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil perancangan dan pengujian konverter *double boost* sebagai berikut:

1. Tegangan keluaran pada sisi output converter *double boost* dapat menaikkan tegangan dua kali lipat.
2. Semakin besar beban yang diberikan pada motor BLDC maka semakin besar error steady state pada setiap kecepatan yang dihasilkan.
3. *PI controller* berfungsi memperbaiki gelombang keluaran pada kecepatan motor BLDC.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gunawan. "Rancang Bangun DC-DC Buck Converter dengan PID Diskrit Sebagai Pengendali Tegangan Keluaran" UI, 2009.
- [2] Friskarine Gity Cladella. *Perbaikan Faktor Daya Pada Pengaturan Kecepatan Motor Brushless Isolated-Cuk Konverter*, 2017.
- [3] JFJ van Rensbug, MJ Case, DV Nicolae. *Power and Control Engineering Technology*, 2018.
- [4] Hadyan Perdana Putra, Heri Suryoatmojo, dan Sjamsjul Anam *Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Cuk Converter pada Pengaturan Kecepatan Motor Brushless DC*, 2016.
- [5] Ashari, Mochamad "Sistem Konverter DC"ITS Pers, Surabaya 2012.
- [6] Nayar,MAshari, *Phase Power Balancing of adiesel generator using a bidirectional PWM Inverter IEEE Power Engineering Review* 19(11), 46-46, 1999.
- [7] Setiawan Iwan, "Konrol PID Untuk Proses Industri" Elex media Komputindo" 2008
- [8] Ali Muhammad, "Pembelajaran Perancangan Sistem Kontrol PID dengan Software Matlab" *Jurnal Edukasi @Elektro*, Vol.1,No. 1 Oktober 2004.