

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

¹Gita Arya Pratama, ²M. Krisna Ramadhani Ananta, ³Rio Winas Setia Budi

⁴Belly Yan Dewantara, ⁵Iradiratu D. P.K

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan, Universitas Hang Tuah Surabaya

^{1,2,3} Teknik Elektro, Universitas Hang Tuah, Surabaya

¹aryaxiitpm@gmail.com, ² krisna.ramadhani1712@gmail.com, ³ riowinas@gmail.com

⁴bellyandewantara@gmail.com, ⁵iradiratu@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 eror. *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

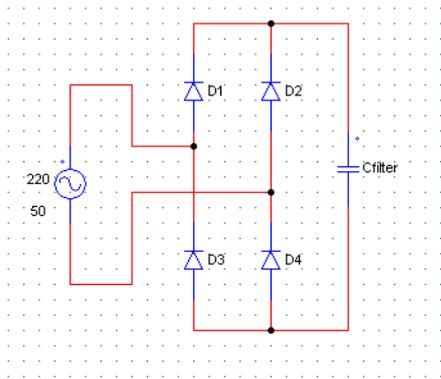
Pada era modern ini hampir semua sistem perangkat elektronik membutuhkan catu daya DC. Catu daya DC banyak digunakan pada sistem elektronika yang bertegangan rendah hingga sistem kelistrikan bertegangan tinggi. Namun di penelitian ini menggunakan sumber tegangan AC maka dari itu dibutuhkan rangkaian *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 konversi tegangan DC yaitu *Double Boost Converter DC-DC Bidirectional* yang disertai dengan sistem control close loop dengan menambahkan *PI control* sebagai perbaikan gelombang keluaran pada kecepatan motor *BLDC*.

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 listrik seperti motor DC [3].

II. DASAR TEORI

A. 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.

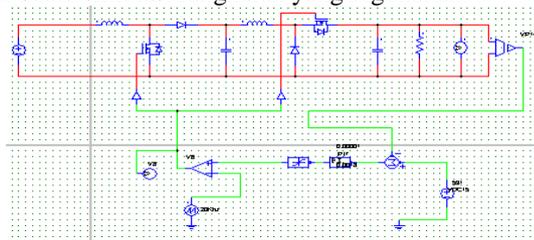


Gambar 1. Rangkaian Rectifier

B. 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, di bawah ini merupakan gambar suatu simulasi rangkaian yang digunakan.

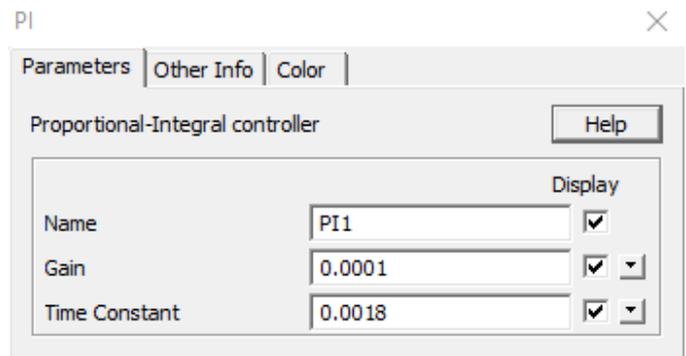


Gambar 2. Rangkaian Double Boost Converter

C. 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 control, dibawah ini merupakan gambar parameter yang ada disoftware PSIM.

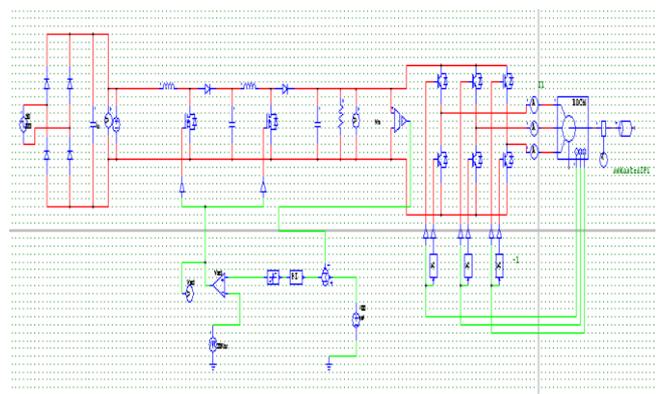


Gambar 3. Parameter PI

III. METODE PENELITIAN

A. Konfigurasi Sistem

Untuk melakukan pengontrolan 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 4. Sistem kontrol BLDC secara keseluruhan

B. Permodelan BLDC

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 dibawah ini yang digunakan pada motor.

Tabel 1. Tabel Parameter Motor.

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

C. 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, parameter dibawah ini yaitu data nilai rangkaian yang dimasukkan.

Tabel 2. Rating Double boost konverter

Tegangan Input	220 V
Tegangan Output	100 V
Daya Output	875 V
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

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:

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

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 :

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

F. Mencari Nilai Induktor

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

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

G. Mencari Nilai Kapasitor

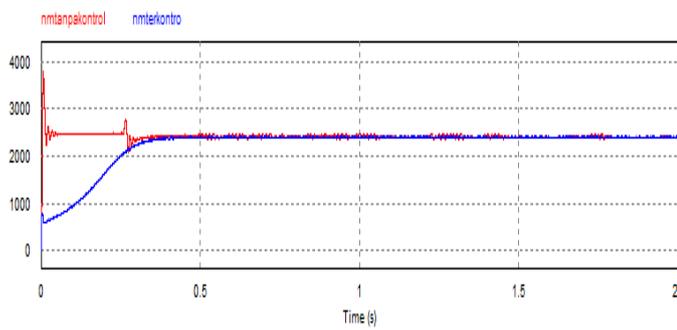
Setelah mengetahui nilai parameter dari rumus Daya, Tegangan, Arus, dan Beban. Barulah mencari nilai dari Kapasitor (C).

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

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

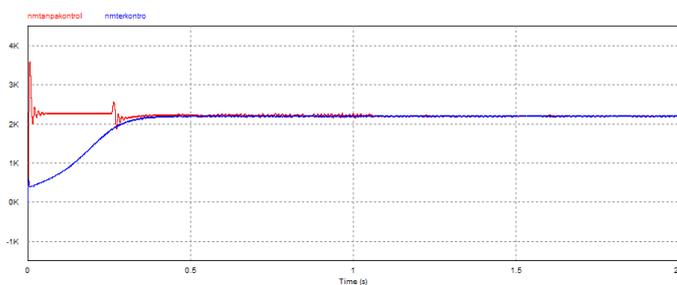
Dengan adanya perbandingan antara rangkaian double boost converter terkontrol, maka dibuktikan dengan adanya hasil grafik di atas yang dimana untuk warna merah terkontrol dan biru tidak terkontrol, untuk terkontrol mengalami start awal dengan halus dan tidak memiliki overshoot, berbeda dengan tidak terkontrol 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.

Tabel.3 Hasil perbandingan motor tanpa beban

	Kecepatan	Error steady state	Steady state time	Overshot
Tanpa PI	2400 rpm	-	0.42s	3.812Mp
PI	2400 rpm	-	0.38s	-

Table di atas merupakan hasil perbedaan dari suatu rangkaian yang tanpa PI (tidak terkontrol) dan PI (terkontrol), dengan tanpa beban dan akan mengetahui selisih hasil dari steady state dan overshoot.

B. Analisa Respon Kecepatan Motor Dengan Beban 0.1 Nm



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

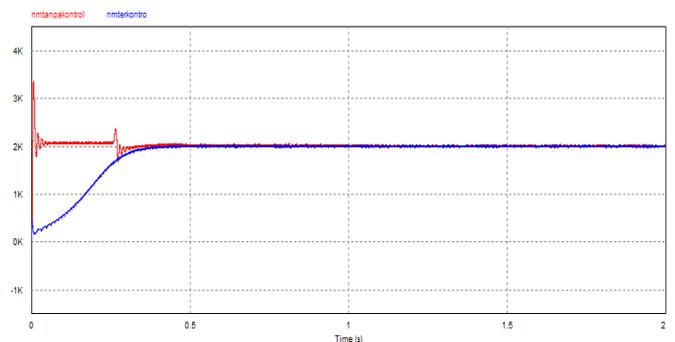
kecepatan sebesar 2200 rpm. Untuk rangkaian motor yang tidak terkontrol PI menghasilkan overshoot sebesar 3.205. Respon time = 0.42 detik , Error study state = 3.3 % , Beban = 0.1 Tc, Overshoot = 3.595 Mp.

Tabel 4. Hasil perbandingan motor berbeban 0.1 Tc

	Kecepatan	Error steady state	Steady state time	Overshot
Tanpa PI	2200rpm	-	0.49s	3.595Mp
PI	2200rpm	3.3%	0.4s	-

Mungkin ada kesamaan penjelasan pada table 3, di table 4 untuk study state time (PI) terkontrol lebih cepat dibandingkan yg (tanpa PI) tidak terkontrol, sedangkan muncul Error steady state pada (PI) terkontrol karena ada beban pada 0.1 Tc.

C. Analisa respon kecepatan motor dengan beban 0.2 Nm



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 2400 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.

Tabel 5. Hasil perbandingan motor dengan beban 0.2 Tc

	Kecepatan	Eror steady state	Steady state time	Overshot
Tanpa PI	2000rpm	-	0.42%	3.371Mp
PI	2000rpm	4.50%	0.5%	-

Untuk penjelasan dari table diatas mempunyai nilai Eror steady state cukup besar karena beban dinaikkan menjadi 0.2 Tc.

- [8] Ali Muhammad, “ Pembelajaran Perancangan Sistem Kontrol PID dengan Software Matlab” *Jurnal Edukasi @Elektro*, Vol.1, No. 1 Oktober 2004.

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 eror 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*, Halaman 2-6, 2017.
- [3] JFJ van Rensbug, MJ Case, DV Nicolae. *Power and Control Engineering Technology*, Halaman 7-9 , 2018.
- [4] Hadyan Perdana Putra, Heri Suryoatmojo, dan Sjamsjul Anam *Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Cuk Converter pada Pengaturan Kecepatan Motor Brushless DC*, Halaman 1-5, 2016.
- [5] Ashari, Mochamad “Sistem Konverter DC”ITS Pers, Surabaya , Halaman 1-6, 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 Kompotindo”, Halaman 1-5, 2008