

## **PENGUNAAN ZETA CONVERTER UNTUK PERBAIKAN RESPON KECEPATAN DAN TINGKAT PEMBEBANAN PADA MOTOR BRUSHLESS DC DI KAPAL**

**Dicky Bayu Aji Pratama, Faiz Chandra Hervian, Rozy Muchlis Misbachudin,  
Iradiratu Diah P.K, Belly Yan Dewantara**

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

Jl. Arief Rahman Hakim No 15, Surabaya

Email: [riskafatikah744@gmail.com](mailto:riskafatikah744@gmail.com), [faizchand65@gmail.com](mailto:faizchand65@gmail.com), [rozymuchlis48@gmail.com](mailto:rozymuchlis48@gmail.com)

**Abstrak:** Motor brushless DC telah banyak digunakan dalam berbagai bidang di kehidupan sehari-hari seperti peralatan rumah tangga maupun peralatan industri dan transportasi darat maupun laut, dikarenakan motor ini memiliki struktur yang sederhana, efisiensi, tidak berisik dan torsi yang tinggi, serta menggunakan konsep komutasi elektrik yang berbeda dari motor DC lainnya. Namun pengoperasian pada umumnya yang menggunakan sumber AC, dimana kurang baik dalam pengaplikasiannya. Pada penelitian ini akan dikaji ulang mengenai proses kontrol kecepatan dan tingkat pembebanan dengan menggunakan Zeta Converter dalam pengaplikasian pada motor brushless DC, serta pengoperasian motor dengan mengamati respon motor terhadap kecepatan referensi yang berubah-ubah dan mengamati kestabilan motor terhadap tingkat pembebanan yang bervariasi. Dalam menerapkan metode yang dilakukan pada penelitian ini, pengoperasian motor brushless DC yang telah dirancang dapat bekerja dengan baik serta respon motor yang dapat mengikuti kecepatan referensi yang berubah-ubah dan kestabilan motor dalam mempertahankan kecepatan pada pembebanan yang berubah-ubah. Proses kontrol kecepatan pada motor brushless DC akan meningkatkan kualitas putaran pada berbagai kecepatan dan metode penerapan yang bervariasi.

**Kata Kunci:** Zeta Converter, Brushless DC, Pengatur Kecepatan, Tingkat Pembebanan

## **PENDAHULUAN**

Motor Brushless DC adalah salah satu motor sinkron. Medan magnet yang dihasilkan oleh stator dan medan magnet rotor berputar di frekuensi dan kecepatan yang sama. Motor tidak mengalami slip, tidak seperti motor induksi biasa. Memiliki efisiensi tinggi, torsi yang tinggi, dan sebagainya. BLDC sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi mekanik. Biasa digunakan di industri, robotika, dan peralatan rumah tangga. Konstruksi dari motor BLDC ini menyerupai dengan motor sinkron AC. Proses pendeteksian posisi rotor pada motor (kutub magnet) untuk menghasilkan sinyal yang dapat mengontrol proses komutasi secara elektrik. Sensor yang biasa digunakan adalah Hall.

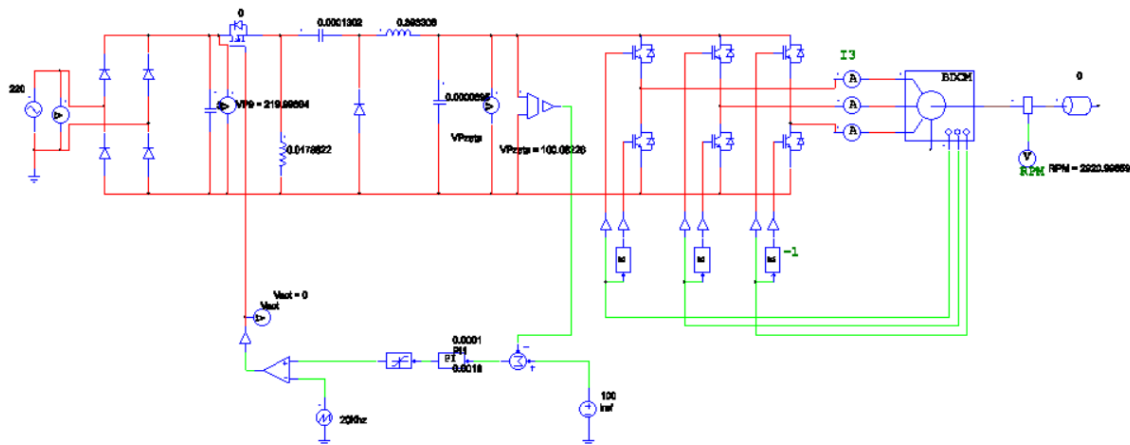
Zeta Converter merupakan salah satu topologi konverter DC – DC yang digunakan untuk penaik dan penurunan tegangan DC. Namun penguatan tegangan DC dari zeta konverter masih rendah, dimana besar tegangan keluaran konverter DC – DC tergantung besarnya duty cycle pensakelar. Dalam proses menjalankan zeta converter memerlukan penghubung sebagai penyearah tegangan AC. Komponen tersebut tidak lain yaitu *Solid state electronic switch* (SSEE) seperti misalnya *thyristor*, MOSFET, IGBT, GTO.

Penelitian ini menguji pada perbaikan kecepatan motor BLDC menggunakan Zeta converter close loop. Sehingga dalam perbaikan kecepatan motor perlu memberikan tingkat pembebanan yang bervariasi.

## METODE PENELITIAN

### A. Konfigurasi Sistem

Pengontrolan pada motor BLDC membutuhkan beberapa komponen yang diperlukan seperti sumber AC, *Fullwave Rectifier*, filter DC, Zeta converter, VSI (*Voltage Source Inverter*) dan rangkaian control. Saat tegangan dan arus dari sumber AC akan memasuki Fullwave rectifier diode yang menghasilkan tegangan dan arus DC. Hasil tersebut akan menuju zeta converter dan akan di proses oleh VSI.



**Gambar 1.** Konfigurasi Sistem Kontrol Kecepatan Motor Brushless DC

### B. Pemodelan Motor BLDC

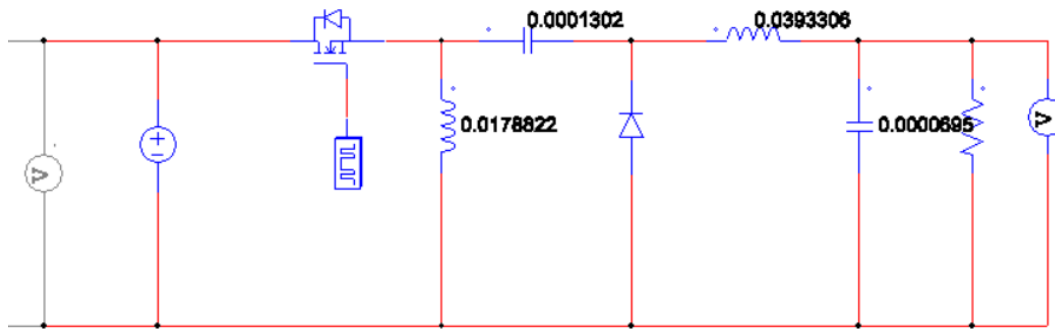
Proses pemodelan menggunakan software aplikasi simulasi PSIM. Beberapa converter dibuat dengan manual dan motor BLDC sendiri sudah terdapat pada template software aplikasi simulasi PSIM. Parameter terdapat pada tabel berikut.

**Tabel 1.** Brushless DC Machine (datasheet)

Parameter	Nilai
Name	BDCM33
Resistance (phase-phase)	0.408
Inductance (phase-phase)	1.71mH
Speed Constant	29.2397
Torque Constant	0.3269
No. of Poles P	8
Moment of Inertia	4.2e-7
No Load Speed	2920
No Load Current	327m
Torque Flag	0
Master / Slave Flag	1

### C. Perancangan Zeta Converter

Zeta Converter merupakan salah satu buck boost yang memiliki parameter dan polaritas tidak terbalik, dimana zeta converter dapat menaikkan maupun menurunkan tegangan DC yang masuk berdasarkan *Duty Cycle* yang disulut pada komponen pensaklaran. Sementara jika converter DC – DC dioperasikan pada *Duty Cycle* yang sangat tinggi akan menyebabkan rugi rugi konduksi yang besar pada converter, khususnya pada induktor yang digunakan. Semakin besar *Duty Cycle* maka arus yang mengalir pada induktor juga akan semakin besar.



**Gambar 2.** Rangkaian Zeta Converter

Untuk perhitungan dari zeta converter sendiri menggunakan rumus rumus berikut ini :

Step – 1 : menentukan arus output ( $I_o$ ) :

Dengan rumusnya adalah :

$$I_o = \frac{P_o}{V_{out}} \dots\dots\dots(1)$$

Step – 2 : menentukan duty cycle :

Setelah mendapatkan arus output maka selanjutnya menghitung komponen lain, setelah itu memperhitungkan duty cycle yang diinginkan ( $k$ ) :

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{k}{1-k} \dots\dots\dots(2)$$

Step – 3 : menentukan resistor ( $R$ ) :

Selanjutnya perhitungan komponen resistor

Dengan rumusnya adalah :

$$R = \frac{V_o}{I_o} \dots\dots\dots(3)$$

Step – 4 : menentukan induktor ( $L$ ) :

Perhitungan komponen induktor ( $L$ ) dengan rumusnya adalah :

$$L = \frac{V_{out} \times V_{in}}{(V_{out} + V_{in}) \times \Delta I_L} \dots\dots\dots(4)$$

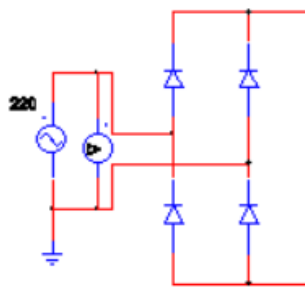
Step – 5 : menentukan kapasitor (C) :

Perhitungan komponen kapasitor (C) dengan rumusnya adalah :

$$C = \frac{V_{out} K}{\Delta V_{out} R_f} \dots\dots\dots(5)$$

**D. Penyearah Gelombang Penuh**

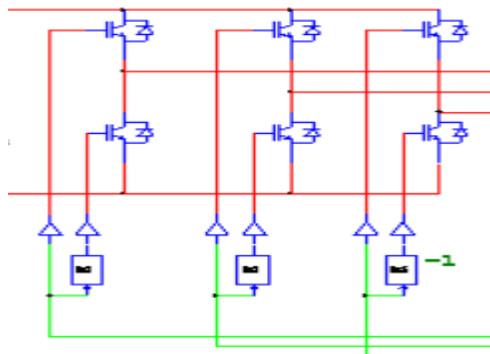
Full wave rectifier atau penyearah gelombang penuh adalah sistem penyearah yang menyearahkan semua siklus gelombang sinus dengan menggunakan dua blok dioda yang bekerja secara komlemen. Penyearah gelombang penuh dapat di buat dengan menggunakan 4 dioda dan 2 dioda. Untuk Penyearah yang menggunakan 2 dioda yakni satu buah dioda bekerja pada fase siklus negatif dan satu buah dioda lainnya pada siklus positif.



**Gambar 3.** Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh

**E. Inverter Tiga Fasa**

Inverter tiga fasa merupakan suatu piranti yang berfungsi untuk mengkonversi tegangan dan arus bolak balik tiga fasa. Pada perancangan ini digunakan inverter tiga fasa tipe H-bridge dimana pada rangkaian inverter terdapat enam buah saklar mosfet yang di pasang sejajar. Setiap saklar mosfet memiliki dioda yang terhubung secara paralel satu sama lain tetapi dalam arah yang berlawanan.



**Gambar 4.** Rangkaian Inverter Tiga Fasa

**F. Filter DC**

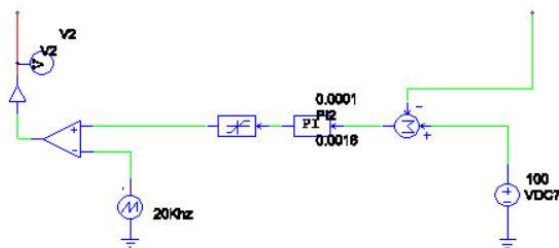
Dengan menggunakan filter pada sisi masukan dapat mengurangi harmonisa yang terjadi pada arus sumber, sedangkan dengan memasang filter pada sisi keluaran dapat mengurangi besarnya harmonisa yang terjadi pada tegangan keluaran rectifier. Dengan memilih nilai filter yang tepat maka dapat mengurangi dan menghilangkan harmonisa yang terjadi pada sisi keluaran dan sisi masukan pada rectifier.



**Gambar 5.** Filter DC

**G. Kontrol PI**

Dengan menggunakan PI untuk mengontrol tegangan yang keluar memerlukan umpan balik (feedback) dari tegangan yang keluar dari converter tersebut untuk mendapatkan nilai yang akan dibandingkan menjadi nilai error dan nantinya akan diperbaiki melalui kontroler sehingga tegangan yang diatur dapat beroperasi sesuai yang diinginkan.



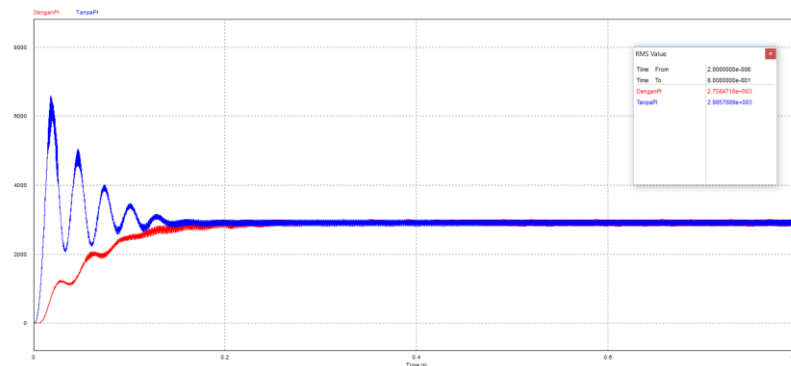
**Gambar 6.** Kontrol PI

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Design dan pengujian kecepatan yang dipengaruhi beban

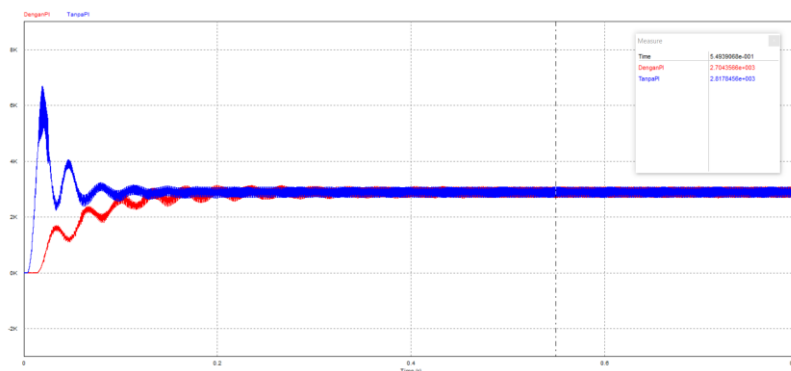
Pada penelitian ini akan menguji pengaruh beban yang bervariasi terhadap kecepatan rpm motor. Setiap pengujian akan di tingkatkannya beban untuk melihat respon dari kecepatan motor yang terdapat pada table .beban akan mempengaruhi kecepatan motor mengikuti beban referensi tersebut.

Kecepatan motor dipertahankan pada angka 3000 rpm, tegangan Vin 220 dan Vout 100 dengan beban referensi dari sebesar 0 nm. Dalam pengujian pertama dapat dilihat pada gambar 7 dengan beban 0 nm. Kecepatan menunjukan di angka 2893 rpm untuk tanpa PI sedangkan dengan PI menunjukan di angka 2734 rpm. Dengan lama waktu percobaan 0,24 s.



**Gambar 7.** Respon Kecepatan Tanpa Beban

Dengan perbandingan beban yang ke 2 dapat dilihat pada gambar 8, kecepatan semakin menurun. dengan besarnya beban yang diberikan. Kecepatan menunjukan di angka 2941 rpm untuk tanpa PI sedangkan dengan PI menunjukan di angka 2748 rpm. Dengan lama waktu percobaan 0,34 s.



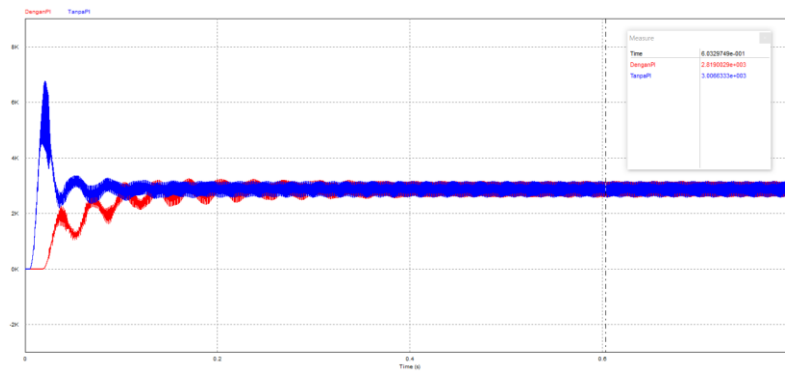
**Gambar 8.** Respon Kecepatan dengan Beban 0,1 nm

Dengan perbandingan beban yang ke 3 dapat dilihat pada gambar 9, kecepatan semakin menurun. dengan besarnya beban yang diberikan. Kecepatan menunjukan di angka 2912 rpm untuk tanpa PI sedangkan dengan PI menunjukan di angka 2741 rpm. Dengan lama waktu percobaan 0,44 s.

#### Seminar Nasional Kelautan XIV

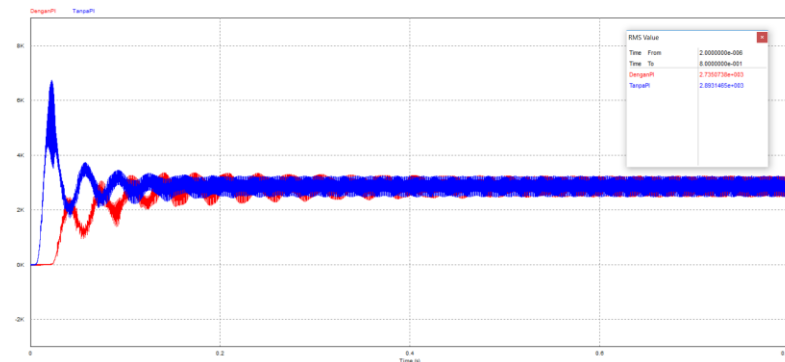
"Implementasi Hasil Riset Sumber Daya Laut dan Pesisir Dalam Peningkatan Daya Saing Indonesia"

Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya 11 Juli 2019



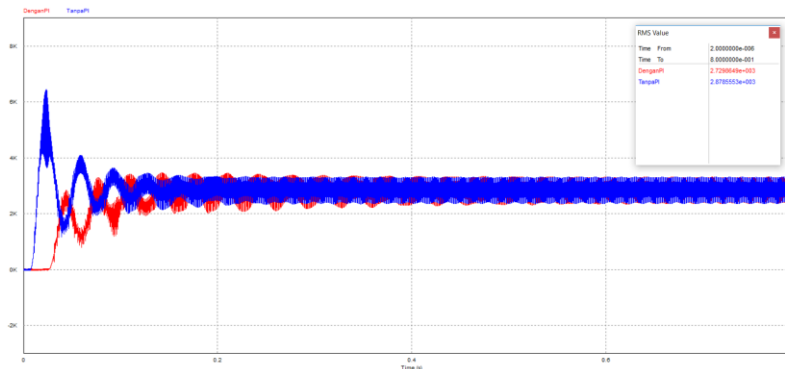
**Gambar 9.** Respon Kecepatan dengan Beban 0.2 nm

Dengan perbandingan beban yang ke 4 dapat dilihat pada gambar 10, kecepatan semakin menurun. dengan besarnya beban yang diberikan. Kecepatan menunjukan di angka 2893 rpm untuk tanpa PI sedangkan dengan PI menunjukan di angka 2734 rpm. Dengan lama waktu percobaan 0,58 s.



**Gambar 10.** Respon Kecepatan dengan Beban 0.3 nm

Dengan perbandingan beban yang ke 5 dapat dilihat pada gambar 11, kecepatan semakin menurun dengan besarnya beban yang diberikan. Kecepatan menunjukan di angka 2878 rpm untuk tanpa PI sedangkan dengan PI menunjukan di angka 2729 rpm. Dengan lama waktu percobaan 0,64 s.



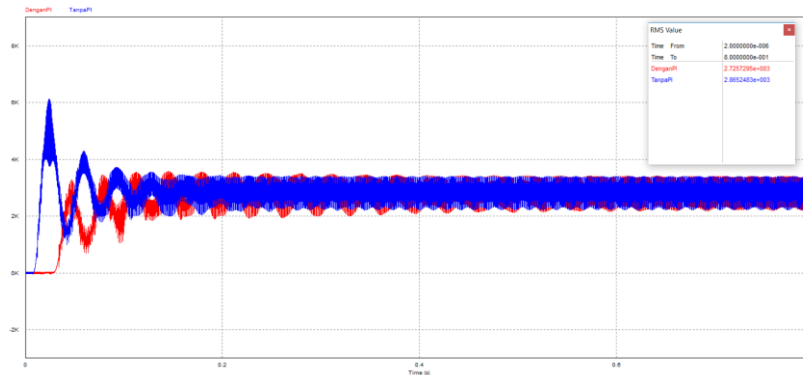
**Gambar 11.** Respon Kecepatan dengan Beban 0.4 nm

## Seminar Nasional Kelautan XIV

"Implementasi Hasil Riset Sumber Daya Laut dan Pesisir Dalam Peningkatan Daya Saing Indonesia"

Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya 11 Juli 2019

Dengan perbandingan beban yang ke 6 dapat dilihat pada gambar 12, kecepatan semakin menurun dengan besarnya beban yang diberikan. Kecepatan menunjukan di angka 2725 rpm untuk tanpa PI sedangkan dengan PI menunjukan di angka 2725. Dengan lama waktu percobaan 0,74 s.



**Gambar 12.** Respon Kecepatan dengan Beban 0.5 nm

Dari ke 6 percobaan ini dapat dilihat perbedaan dari setiap pembebanan yang mempengaruhi kecepatan pada tabel berikut.

**Tabel 2.** Data Perbedaan dari Semua Percobaan

No	Kondisi beban	Kecepatan (RPM)		Error (%)		Waktu (S)
		Tanpa PI	Dengan PI	Tanpa PI	Dengan PI	
1	0	2916	2849	2,8%	5,1%	0,24
2	0,1	2941	2748	2%	8,4%	0,34
3	0,2	2912	2741	3%	8,7%	0,44
4	0,3	2893	2734	3,6%	8,9%	0,58
5	0,4	2878	2729	4,1%	9,1%	0,64
6	0,5	2865	2725	4,5%	9,2%	0,74

Pada pengujian sistem dengan beban yang bervariasi, seiring dengan turunya kecepatan (rpm), nilai kecepatan tanpa PI dan kecepatan dengan PI akan semakin rendah mengikuti beban yang ditambahkan. begitupun dengan nilai error yang meningkat meski tidak signifikan. Dalam kondisi ini, rata rata error yang didapatkan tanpa PI sebesar 3,3% sedangkan rata rata error yang didapatkan dengan PI sebesar 8,2%. Sedangkan untuk kondisi waktu pada kondisi beban semakin bertambah seiring kondisi beban yang semakin besar.

## KESIMPULAN

Sesuai dengan hasil simulasi dan analisis yang telah dilakukan, didapat beberapa kesimpulan:

1. Sistem pengaturan pembebanan motor brushless DC menggunakan zeta converter dapat mengatur kecepatan tak terkontrol nilai sebesar 96,7 % dan terkontrol nilai sebesar 91,8 %.



#### **Seminar Nasional Kelautan XIV**

"Implementasi Hasil Riset Sumber Daya Laut dan Pesisir Dalam Peningkatan Daya Saing Indonesia"

Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya 11 Juli 2019

2. Pengujian mengatur kecepatan motor brushless DC dengan beban referensi yang bervariasi dapat berjalan dengan baik karena kecepatan motor dapat mengikuti beban referensi.
3. Pengoperasian motor pada beban yang meningkat terdapat perubahan ketika pengguna tanpa tidak terkontrol dengan nilai rata-rata 3,3% dan dengan kontrol nilai rata-rata 8,2%
4. Pengoperasian sistem pada mode tanpa terkontrol lebih unggul dalam memperbaiki kecepatan referensi motor dibandingkan dengan mode terkontrol. Tetapi saat pengaturan kecepatan motor mode terkontrol memiliki respon yang sedikit lebih lambat.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Bhim, V., Singh, B., "Reduced Sensor Configuration of a Power Factor Correction Based Single-Ended Primary Inductance Converter Fed Brushless DC Motor Drive", IET Power Electron, Vol. 8, Iss. 9, pp. 1606-1615, March, 2015
- Madani, S.M., Lei, H., Toliyat, H.A., "A Low-cost Four Switch BLDC Motor Drive with Active Power Factor Correction", 28th Annual IEEE Conf. of Industrial Electronics Society (IECON), vol. 1, pp. 579-584, November, 2002
- Jian, Z., Yangwei, Y., "Brushless DC Motor Fundamental Application Node" MPS Module, 2014