

Pengaruh Kendali Kecepatan Motor DC Pada Chopper Drive

M. Muskhaful Imam¹, M. Shalahuddin Al Misbah², Rafli Setiawan³

Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah
Jl. Arief Rahman Hakim No. 150 Surabaya

Email : muskhaful30@gmail.com, sholahuddin351@gmail.com, rafliSetiawanz@gmail.com

Abstrak - Motor DC adalah motor yang mudah dalam pengaplikasiannya, namun dalam pengaplikasiannya, kecepatan motor DC seringkali terjadi penurunan yang diakibatkan oleh beban sehingga kecepatan motor DC tidak konstan. Karena kecepatan motor DC sering terjadi penurunan dan tidak konstan maka terdapat berbagai penelitian yang sudah dilakukan. Penelitian ini membahas pengaruh pengendalian kecepatan motor DC dengan menggabungkan elektronika daya sebagai pencatu, sistem elektris pada motor DC, dan sistem mekanis dari beban motor DC yang disimulasikan menggunakan *software* Matlab. Penelitian ini menggunakan permodelan *chopper* kuadran satu sebagai konfigurasi sistem, dengan menambahkan kontrol kecepatan dan kontrol arus pada motor DC. Kecepatan pada motor DC diatur menggunakan tegangan jangkarnya, dalam hal ini dapat dilakukan dengan penyearah terkendali. Kecepatan pada motor DC dikontrol dengan menggunakan metode PI (*Proportional-Integral*). Pada penelitian ini kontrol PI difungsikan sebagai pengontrol kecepatan awal motor DC. Hasil pengontrolan pada motor DC merupakan nilai arus referensi (I_{ref}). Arus referensi ini akan dibandingkan dengan arus jangkarnya untuk mengatur pencatutan thyristor. Pengaturan *close-loop* akan menghasilkan kecepatan yang dapat dipertahankan untuk beban dinamis.

Kata kunci: Motor DC, Penyearah Terkendali, *Proportional-Integral*, *Close-loop*.

I. PENDAHULUAN

Motor DC merupakan motor yang mudah dalam pengaplikasiannya. Karena kemudahannya, motor DC sering digunakan untuk berbagai macam keperluan, seperti peralatan pada industri maupun rumah tangga. Motor DC merupakan motor dengan arus searah yang memiliki dua terminal dan memerlukan tegangan arus searah atau DC (*Direct Current*) untuk menggerakannya [1]. Namun dalam pengaplikasiannya, kecepatan motor DC seringkali terjadi penurunan diakibatkan dari beban yang ada, sehingga kecepatan motor DC tidak konstan. Putaran pada motor DC dapat diubah – ubah sesuai dengan putaran beban dan dapat mengatur perpindahan putaran yang halus. Hal tersebut diperlukan agar dapat mengurangi besarnya arus pada saat motor DC dalam keadaan *start*, meredam getaran dan hentakan mekanik pada saat *starting*. Karena itu banyak dilakukan berbagai macam cara untuk mengatur putaran motor DC.

Sumber utama dari motor DC merupakan sumber tegangan arus searah, yang berfungsi sebagai catu daya. Catu daya tersebut berupa arus searah atau sering disebut DC (*Direct Current*). Karena pada penelitian ini menggunakan permodelan *chopper*. Beberapa konverter daya yang digunakan untuk mengendalikan kecepatan

motor DC antara lain penyearah terkendali dan DC *chopper*[2]. Dalam penelitian ini, pengendalian kecepatan motor DC diusulkan menggunakan DC *chopper*, yaitu sebuah peralatan konverter untuk tegangan DC, dimana konverter ini dapat mengendalikan tegangan output dari alat tersebut [3].

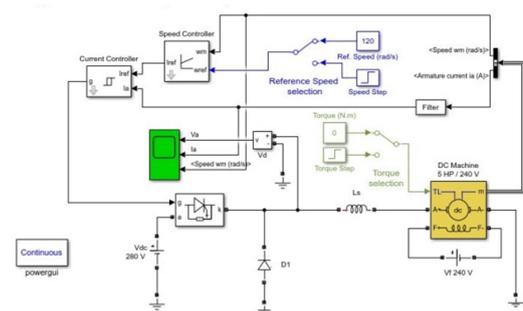
Chopper memiliki pengertian yaitu sakelar on-off berkecepatan tinggi yang mengubah tegangan input DC tetap menjadi tegangan *output* DC variabel. Sebuah *chopper* dianggap sebagai setara DC dari transformator AC karena mereka berperilaku dengan cara yang identik[4].

Penelitian ini membahas simulasi pengendalian kecepatan motor DC dengan *chopper* menggunakan *software* Matlab, yaitu dengan Simulink dan Power System Blokset. Kecepatan motor DC diatur berdasarkan pengaturan tegangan jangkarnya menggunakan pengaturan kecepatan didalam *chopper* motor DC. Simulasi ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perubahan beban terhadap kecepatan motor DC.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Konfigurasi Sistem

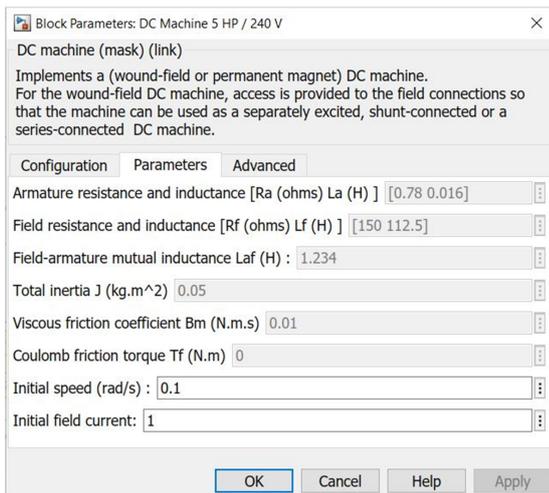
Sistem kendali kecepatan motor DC dengan menggunakan DC *chopper* satu kuadran berbasis controller PI yang diusulkan dalam paper ini diuji secara simulasi dengan permodelan seperti gambar 1. Pada pengujian ini digunakan motor DC dengan spesifikasi 5HP/240V sebagai beban. Gambar 1 menunjukkan sistem kendali motor DC dengan permodelan *chopper* yang dilengkapi kontrol kecepatan, kontrol arus, dan *scope* sebagai penampil hasil simulasi.



Gbr. 1 Konfigurasi Sistem

2.2 Motor DC

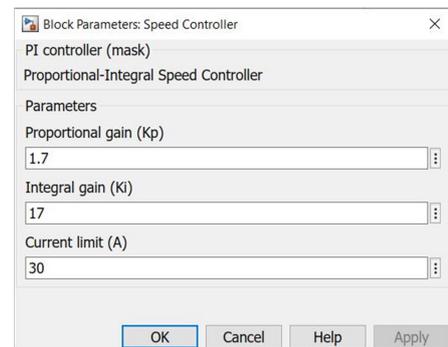
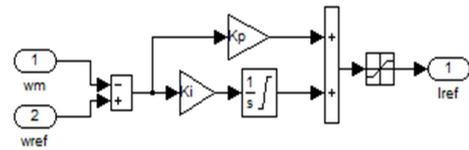
Motor DC adalah sebuah alat yang mengubah energi listrik DC menjadi energi mekanik [5]. Pada motor DC, kumparan yang dialiri arus listrik akan menghasilkan medan magnet yang mencakup kumparan jangkar dengan arah tertentu [6]. Kumparan medan pada motor DC disebut stator (bagian yang tidak berputar) sedangkan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar) [7]. Motor DC dapat difungsikan sebagai generator dan sebaliknya generator DC dapat difungsikan sebagai motor DC melalui medium magnet seperti yang ditunjukkan pada Gbr. 2.



Gbr. 2 Spesifikasi Motor DC

2.3 Kontrol PI

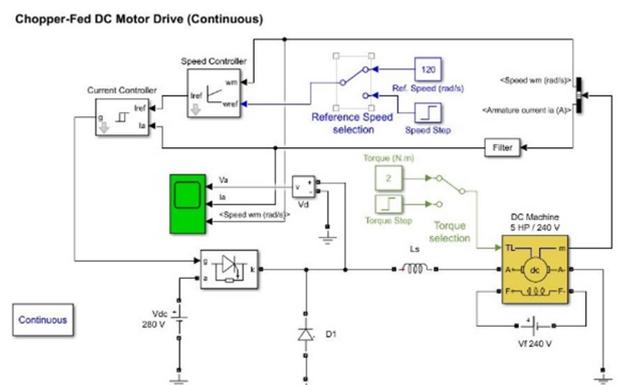
Kontrol PI merupakan suatu kontrol standar yang dapat digunakan untuk mengoreksi kesalahan antara nilai pengukuran dengan penyimpangannya [8]. Kontrol PI di desain untuk memperbaiki nilai *error* yang terjadi antara nilai umpan balik dan nilai *set point* yang telah ditentukan [9]. PI (*Proportional integral*) merupakan sebuah logika yang terdiri dari dua komponen penyusunan, yaitu P (*Proportional*) dan I (*Integral*), dimana gabungan aksi kontrol PI memiliki keunggulan dibandingkan dengan masing-masing kontrol yang menyusunnya [10]. Pengontrol proporsional mengerjakan sistem kontrol proporsional dengan *error* yang mengakibatkan efek pada pengurangan *rise time* dan menimbulkan kesalahan keadaan tunak (*offset*). Suatu pengontrol integral yang memberikan aksi kontrol sebanding dengan jumlah kesalahan akan mengakibatkan efek yang baik dalam mengurangi kesalahan, keadaan tunak tetapi dapat mengakibatkan respon transien yang memburuk. Pengetahuan tentang efek yang diakibatkan oleh masing-masing pengontrol tersebut yang nantinya akan digunakan pengendalian aliran tersebut memerlukan sebuah kontrol untuk rectifier, dimana kontrol yang digunakan yaitu kontrol PI analog.



Gbr. 3 Rangkaian Kontrol PI dan nilai gain dari kontroler

2.4 DC Chopper

DC Chopper adalah sebuah *converter* daya DC yang tegangan outputnya dapat dikendalikan, sehingga banyak digunakan untuk mengendalikan peralatan listrik yang menggunakan sumber tegangan DC, seperti motor DC [4]. Berdasarkan struktur switchnya, DC *chopper* terdiri dari DC *chopper* satu kuadran, dua kuadran dan empat kuadran [4]. Dalam penelitian ini digunakan DC *chopper* satu kuadran yang dapat beroperasi pada kuadran satu pada sistem kuadran. Pada kuadran satu ini, motor hanya beroperasi pada arah putaran maju dengan arah tegangan dan arus juga maju, yang disebut juga dengan *forward current* dan *forward voltage*. Skema DC *chopper* satu kuadran ditunjukkan oleh Gbr. 4, yang terdiri dari *switch* daya GTO, *inductor* dan dioda.



Gbr. 4 DC Chopper

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

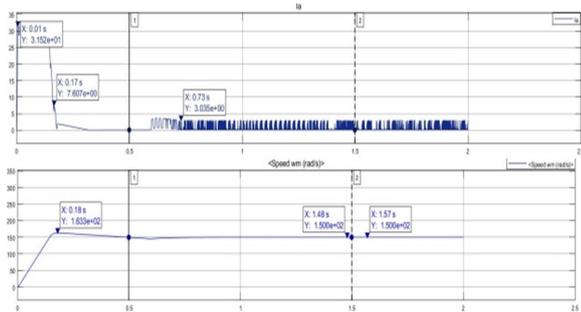
Menjelaskan hasil analisis data serta pembahasan khususnya dalam menjawab pernyataan penelitian tentang bagaimana temuan tersebut didapat. Hasil dan

Pembahasan ditulis dalam Kecepatan awal di set 150 rad/s. Besarnya penurunan torsi tidak memberikan pengaruh pada kecepatan motor. Simulasi pengendali kecepatan motor DC metode pengendalian proporsional integral ($K_p = 1,7$ dan $K_i = 17$) menggunakan penyearah terkendali jenis semi konverter dengan software Matlab/Simulink.

3.1 Nilai Output Torsi Motor DC dengan Kecepatan 150 rpm

3.1.1 Nilai Output Motor DC Tanpa Beban

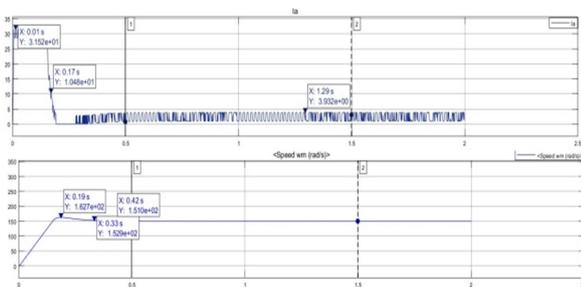
Pada Percobaan pertama ini menggunakan inputan V_{ref} 150 dengan beban 0 Nm. Hasil percobaan tersebut menunjukkan nilai $V_{out} = 149,181$. Perbedaan antara menggunakan kontrol dan tanpa kontrol yaitu pada *Time measure* nya yang dapat dilihat pada saat menggunakan Kontrol 0,18s dan tanpa Kontrol 0,42s. *Steady state* yang didapat dari penggunaan kontrol 1,44s, sedangkan tanpa kontrol 1,9s. Waktu percobaan yg didapat yaitu 2s. Pada saat starting awal menggunakan kontrol mendapatkan 1500 Rpm dan tanpa kontrol mendapatkan 1493 Rpm.



Gbr. 5 Kondisi tanpa beban

3.1.2 Nilai Output Motor DC dengan Kondisi beban 1 Nm

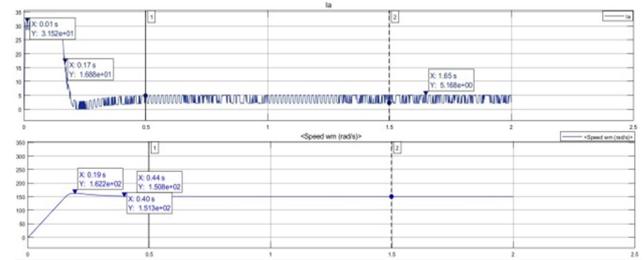
Pada Percobaan kedua menggunakan inputan V_{ref} 150 dengan beban 1 Nm. Hasil percobaan tersebut menunjukkan nilai $V_{out} = 149,032$. Perbedaan antara menggunakan kontrol dan tanpa kontrol yaitu pada *Time measure* nya yang dapat dilihat pada saat menggunakan kontrol 0,19s dan tanpa Kontrol 1,40s. *Steady state* yang didapat dari penggunaan kontrol 0,37s, sedangkan tanpa kontrol 1,43s. Waktu percobaan yang didapat yaitu 2s. Pada saat starting awal menggunakan kontrol mendapatkan 1520 Rpm dan tanpa kontrol mendapatkan 1488 Rpm.



Gbr. 6 Kondisi dengan beban 1 Nm

3.1.3 Nilai Output Motor DC dengan Kondisi Beban 2 Nm

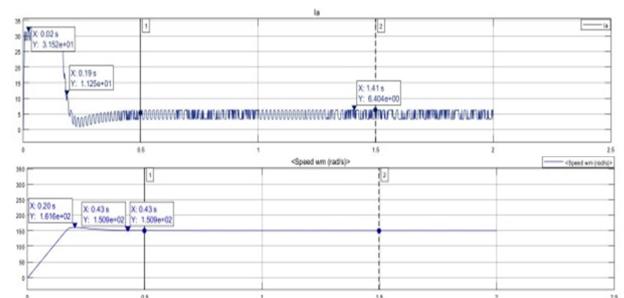
Pada Percobaan kedua menggunakan inputan V_{ref} 150 dengan beban 2 Nm. Hasil percobaan tersebut menunjukkan nilai $V_{out} = 149,025$. Perbedaan antara menggunakan kontrol dan tanpa kontrol yaitu pada *Time measure* nya yang dapat dilihat pada saat menggunakan kontrol 0,19s dan tanpa kontrol 0,45s. *Steady state* yang didapat dari penggunaan kontrol 0,36s, sedangkan tanpa kontrol 1,97s. Waktu percobaan yang didapat yaitu 2s. Pada saat starting awal menggunakan kontrol mendapatkan 1521 Rpm dan tanpa kontrol mendapatkan 1482 Rpm.



Gbr. 7 Kondisi dengan beban 2 Nm

3.1.4 Nilai Output Motor DC dengan Kondisi beban 3 Nm

Pada Percobaan kedua menggunakan inputan V_{ref} 150 dengan beban 3 Nm. Hasil percobaan tersebut menunjukkan nilai $V_{out} = 149,025$. Perbedaan antara menggunakan kontrol dan tanpa kontrol yaitu pada *Time measure* nya yang dapat dilihat pada saat menggunakan Kontrol 0,2s dan tanpa Kontrol 0,48s. *Steady state* yang didapat dari penggunaan kontrol 0,45s, sedangkan tanpa kontrol 1,31s. Waktu percobaan yg didapat yaitu 2s. Pada saat starting awal menggunakan kontrol mendapatkan 1507 Rpm dan tanpa kontrol mendapatkan 1476 Rpm.



Gbr. 8 Kondisi dengan beban 3 Nm

Tabel. I HASIL ANALISA KECEPATAN TANPA KONTROL BERKECEPATAN 150.

Beban	V_{ref}	Time Measure	V.Speed	Steady State
0 Nm	150 V	0,42 s	1493 rpm	1,9 s
1 Nm	150 V	1,40 s	1488 rpm	1,43 s
2 Nm	150 V	0,45 s	1482 rpm	1,97 s
3 Nm	150 V	0,48 s	1476 rpm	1,31 s

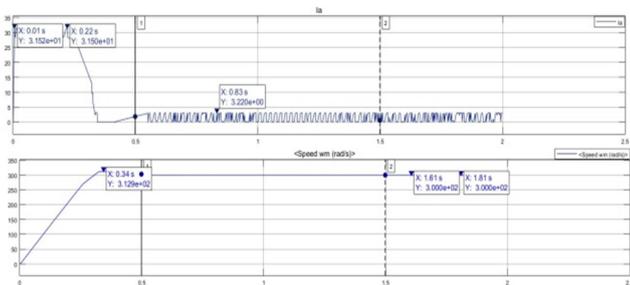
Tabel. II HASIL ANALISA KECEPATAN DENGAN KONTROL PI BERKECEPATAN 150.

Beban	Vref	Time Measure	V.Speed	Steady State
0 Nm	150 V	0,18 s	1500 rpm	1,44 s
1 Nm	150 V	0,19 s	1520 rpm	0,37 s
2 Nm	150 V	0,19 s	1521 rpm	0,36 s
3 Nm	150 V	0,2 s	1507 rpm	0,45 s

3.2 Nilai Output Torsi Motor DC dengan Kecepatan 300 rpm

3.2.1 Nilai Output Motor DC Tanpa Beban

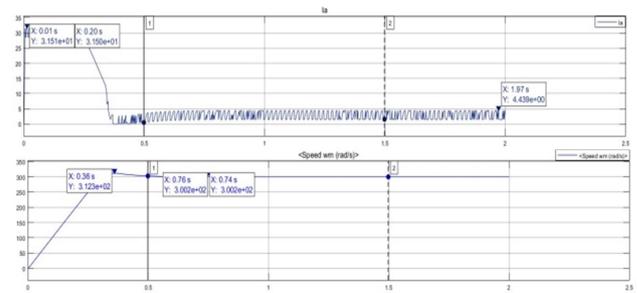
Pada Percobaan pertama ini menggunakan inputan Vref 300 dengan beban 0 Nm. Hasil percobaan tersebut menunjukkan nilai Vout = 279,057. Perbedaan antara menggunakan kontrol dan tanpa kontrol yaitu pada *Time measure* nya yang dapat dilihat pada saat menggunakan kontrol 0,34s dan tanpa kontrol 1,22s. *Steady state* yang didapat dari penggunaan kontrol 1,81s, sedangkan tanpa kontrol 1,84s. Waktu percobaan yang didapat yaitu 2s. Pada saat starting awal menggunakan kontrol mendapatkan 3000 Rpm dan tanpa kontrol mendapatkan 2992 Rpm.



Gbr. 9 Kondisi tanpa beban

3.2.2 Nilai Output Motor DC dengan Kondisi Beban 1 Nm

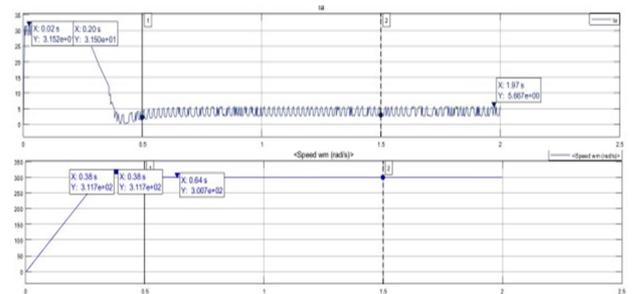
Pada Percobaan kedua menggunakan inputan Vref 300 dengan beban 1 Nm. Hasil percobaan tersebut menunjukkan nilai Vout = 279,044. Perbedaan antara menggunakan kontrol dan tanpa kontrol yaitu pada *Time measure* nya yang dapat dilihat pada saat menggunakan kontrol 0,36s dan tanpa kontrol 1,88s. *Steady state* yang didapat dari penggunaan kontrol 0,74s, sedangkan tanpa kontrol 1,92s. Waktu percobaan yang didapat yaitu 2s. Pada saat starting awal menggunakan kontrol mendapat 3002 Rpm dan tanpa kontrol mendapatkan 2985 Rpm.



Gbr. 10 Kondisi dengan beban 1 Nm

3.2.3 Nilai Output Motor DC dengan kondisi beban 2 Nm

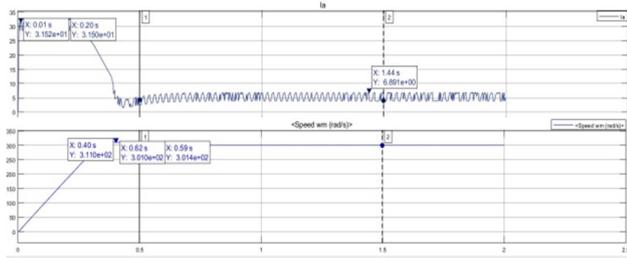
Pada Percobaan kedua menggunakan inputan Vref 300 dengan beban 2 Nm. Hasil percobaan tersebut menunjukkan nilai Vout = 279,043. Perbedaan antara menggunakan kontrol dan tanpa kontrol yaitu pada *Time measure* nya yang dapat dilihat pada saat menggunakan kontrol 0,38s dan tanpa kontrol 1,2s. *Steady state* yang didapat dari penggunaan kontrol 0,64s, sedangkan tanpa kontrol 1,24s. Waktu percobaan yang didapat yaitu 2s. Pada saat starting awal menggunakan kontrol mendapatkan 3007 Rpm dan tanpa kontrol mendapatkan 2979 Rpm.



Gbr. 11 Kondisi dengan beban 2 Nm

3.2.4 Nilai Output Motor DC dengan kondisi beban 3 Nm

Pada Percobaan kedua menggunakan inputan Vref 300 dengan beban 3 Nm. Hasil percobaan tersebut menunjukkan nilai Vout = 279,044. Perbedaan antara menggunakan kontrol dan tanpa kontrol yaitu pada *Time measure* nya yang dapat dilihat pada saat menggunakan kontrol 0,4s dan tanpa kontrol 1,35s. *Steady state* yang didapat dari penggunaan kontrol 0,59s, sedangkan tanpa kontrol 1,72s. Waktu percobaan yang didapat yaitu 2s. Pada saat starting awal menggunakan kontrol mendapat 3014 Rpm dan tanpa kontrol mendapatkan 2973 Rpm.



Gbr. 12 Kondisi dengan beban 3 Nm

Tabel. III HASIL ANALISA KECEPATAN TANPA KONTROL BERKECEPATAN 300 RPM.

Beban	Vref	Time Measure	V.Speed	Steady State
0 Nm	300V	1,22 s	2992 rpm	1,84 s
1 Nm	300 V	1,88 s	2985 rpm	1,92 s
2 Nm	300 V	1,2 s	2979 rpm	1,24 s
3 Nm	300 V	1,35 s	2973 rpm	1,72 s

Tabel. IV Hasil Analisa Kecepatan Dengan Kontrol PI Berkecepatan 300 rpm.

Beban	Vref	Time Measure	V.Speed	Steady State
0 Nm	300 V	0,34 s	3000 rpm	1,81 s
1 Nm	300 V	0,36 s	3002 rpm	0,74 s
2 Nm	300 V	0,38 s	3007 rpm	0,64 s
3 Nm	300 V	0,4 s	3014 rpm	0,59 s

IV. KESIMPULAN

V.

1. Dari hasil analisa pada tabel dapat disimpulkan, jika Vref semakin kecil maka *steady state* semakin besar.
2. Perubahan kecepatan berpengaruh dalam besarnya kecilnya nilai *time measure*.
3. Pengaturan kecepatan didalam *chopper fed* motor DC dapat digunakan untuk sistem yang memerlukan kecepatan konstan.
4. Pengaturan kecepatan didalam *chopper fed* juga dapat meningkatkan rotasi yang dihasilkan oleh motor DC.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Hansza and S. I. Haryudo, "Rancang Bangun Kontrol Motor Dc Dengan Pid Menggunakan Perintah Suara Dan Monitoring Berbasis Internet of Things (Iot)," *Tek. Elektro*, vol. 09, no. 02, pp. 477–485, 2020.
- [2] M. I. Esario and M. Yuhendri, "Kendali Kecepatan Motor DC Menggunakan DC Chopper Satu Kuadran Berbasis Kontroller PI," vol. 06, no. 01, pp. 296–305, 2020.
- [3] V. Berzan, I. Ermurachi, D. Lucache, and M. Albu, "98.2% Efficiency, Low Cost, 6.6-kW AC/DC Converter for HEV/EV On-Board Charger," *EPE 2018 - Proc. 2018 10th Int. Conf.*

Expo. Electr. Power Eng., pp. 791–796, 2018, doi: 10.1109/ICEPE.2018.8559641.

- [4] R. Nagarajan, S. Sathishkumar, S. Deepika, G. Keerthana, J. K. Kiruthika, and R. Nandhini, "Implementation of Chopper Fed Speed Control of Separately Excited DC Motor Using PI Controller," *Int. J. Eng. Comput. Sci.*, no. March, 2017, doi: 10.18535/ijecs/v6i3.42.
- [5] M. F. Untoro, M. A. R, D. Lestyo, B. Y. Dewantara, and I. D. P. K, "Pengendali Kecepatan Motor Dc Dengan Penyearah Terkendali Semi Konverter," pp. 175–178, 2009.
- [6] D. Setiawan, J. Yos Sudarso Km, K. Kunci, and A. Uno, "Sistem Kontrol Motor Dc Menggunakan Pwm Arduino Berbasis Android System," *J. Sains, Teknol. dan Ind.*, vol. 15, no. 1, pp. 7–14, 2017, [Online]. Available: <http://ejournal.uin-suska.ac.id/index.php/sitekin/article/view/4131>.
- [7] H. Putra, S. Jie, and A. Djohar, "Perancangan Sepeda Listrik Dengan Menggunakan Motor Dc Seri," *J. Fokus Elektroda Energi List. Telekomun. Komputer, Elektron. dan Kendali*, vol. 4, no. 2, 2019, doi: 10.33772/jife.v4i2.6270.
- [8] M. Irhas, Ifitah, and S. A. A. Ilham, "PENGUNAAN KONTROL PID DENGAN BERBAGAI METODE UNTUK ANALISIS PENGATURAN KECEPATAN MOTOR DC," *J. Fis. dan Ter.*, vol. 7, no. 2020, pp. 87–96, 2020.
- [9] L. Syafaah, D. Suhardi, and I. Pakaya, "Kontrol Proportional-Integral (PI) Optimal Pada Motor Servo DC Menggunakan Algoritma Particle Swarm Optimization (PSO)," pp. 613–618, 2016.
- [10] P. P. Putranto, S. M. Sungkono, and S. M. Edi Sulistio Budi, "IMPLEMENTASI METODE PI (PROPORTIONAL INTEGRAL) PADA PENGATURAN KECEPATAN CRUSHER MOTOR DALAM PROSES EKSTRAKSI BUAH APEL," *J. Elkolind*, vol. 03, no. 1, pp. 68–76, 2016.