

Analisis Pengendalian Kecepatan DC Motor Berbasis Buck-Boost Konverter

¹Dwi Ajiatmo ²Imam Robandi

^{1,2}Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 60111
¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Darul Ulum, Jombang, 61413
Ajiatmo12@mhs.ee.its.ac.id, robandi@ee.its.ac.id

Abstract— Buck Boost converter controls the use of efficient and economical low and medium power applications, another advantage is its simple design. Very fast response speed, low harmonic distortion components, and high power factor. In this paper, simulation control of the Buck-Boost DC Motor is presented using PSIM software. The results of the analysis and simulation with the PSIM program can be summarized as follows: In open loop dc motor speed, stable in 4.181 seconds and DC motor speed -2.499 rpm. In a closed loop controlled condition, the dc motor speed is stable at 2,308 seconds and the DC motor speed is 6,702 rpm.

Intisari---Konverter Buck Boost mengontrol penggunaan aplikasi daya rendah dan menengah yang efisien dan ekonomis, keunggulan lainnya adalah desainnya yang sederhana. Kecepatan respons sangat cepat, komponen distorsi harmonik rendah, dan faktor daya tinggi. Dalam tulisan ini, kontrol simulasi Motor DC Buck-Boost disajikan menggunakan perangkat lunak PSIM. Dari hasil analisis dan simulasi dengan program PSIM dapat diringkas sebagai berikut: Pada loop terbuka kecepatan motor dc, stabil dalam waktu 4,181 detik dan kecepatan motor DC -2,499 rpm. Pada kondisi loop tertutup yang dikontrol, kecepatan motor dc stabil pada waktu 2,308 detik dan kecepatan motor DC 6,702 rpm.

Kata Kunci: Buck-Boost Converter, PID controller, DC Motor.PSIM

I. LATAR BELAKANG

Sangat beda motor DC brushless dengan Motor DC konvensional kalau dilihat dari sudut pandang struktur medan. Motor DC konvensional, fluks dihasilkan dari arus melalui kumparan medan dari struktur stasioner, sedangkan motor DC brushless, pada agnet peranen menyediakan fluks celah udara dibutuhkan sebagai ganti kutub medan kawat pole. Dengan salah satu keunggulan motor DC brush konvensional yaitu kontrol kecepatan yang lebih baik, di satu sisi motor motor DC brushless tidak memiliki komutator mekanik ditambah strukturnya lebih sederhana dan tanpa perawatan. Motor DC brushless juga memiliki kepadatan torsi cukup tinggi, efisiensi dan ukuran yang relatif lebih kompak. Atas kelebihan-kelebihan tersebut maka motor DC brushless direkomendasikan pada penggunaan dimana membutuhkan tingkat kinerja yang sangat tinggi. [1]

Konverter dc ke dc adalah peralatan yang menghasilkan tegangan atau arus dc yang berasal dari suatu sumber dc. Konverter Buck Boost terdiri dari sebuah saklar Q, inductor, diode dan kapasitor. Sebuah DC Motor

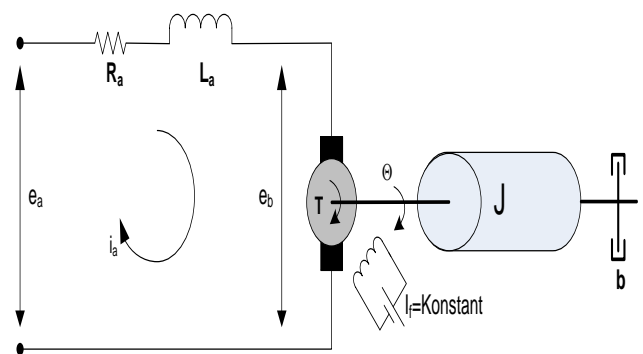
Terkendali Buck-Boost konverter dapat memperbaiki faktor daya dan mengurangi daya yang hilang yang disebabkan oleh daya reaktif dan arus harmonisa. Melindungi tegangan beban sensitif terhadap tegangan listrik lebih dan drop [2,3].

DC motor menggunakan Boost Buck Converter. Secara signifikan mengurangi kerugian switching dan biaya sehingga meningkatkan kecepatan dan efisiensi sistem DC motor drive. Struktur dasar DC konverter meningkatkan dan struktur dasar dari DC buck converter memberikan daya nominal pada motor DC dari sumber DC tetap dan untuk mengontrol kecepatan system [5-8].

DC motor telah menjadi pilihan para peneliti dan ilmuwan. DC motor ditemukan dalam berbagai bidang aplikasi seperti bidang antariksa, peralatan rumah tangga, perkantoran, Peralatan sistem pertahanan, gadget elektronik dll. Sebuah motor DC adalah mempertahankan karakteristik motor dc tapi menghilangkan komutator dan sikat [9, 10].

II. MODEL MATEMATIS

Pada kamus IEEE model matematik dari sebuah sistem didefinisikan sebagai persamaan yang digunakan untuk mewakili sistem fisik [11]. Pada dunia industri banyak motor DC dipakai. Suatu keuntungan motor DC adalah kecepatan yang lebih baik, struktur sederhana, keandalan yang lebih tinggi dan perawatan lebih mudah. Karakteristik persamaan dari sebuah motor DC adalah dapat digambarkan sebagai berikut: [5-9]



Gambar 1. Representasi Rangkaian Motor DC

Persamaan sistem

$$e_a = L_a \frac{di_a}{dt} + R_a i_a + e_b \tag{1}$$

$$e_b = K_b \omega = K_b \frac{d\theta}{dt} \tag{2}$$

$$T = K_T i_a \tag{3}$$

$$T = J \frac{d\omega(t)}{dt} + B\omega(t) \tag{4}$$

III. DASAR SWITCHING KONVERTER

A. Topologi DC DC konverter

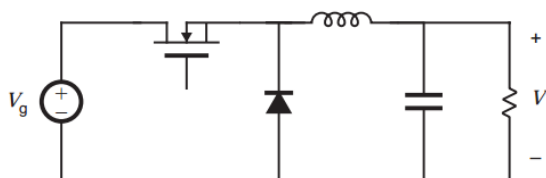
Teknik kontrol DC-DC konverter dalam elektronika daya dan sistem kontrol adalah untuk meningkatkan efisiensi teknik ini adalah subjek yang ingin dicapai, meskipun ada kelemahan pada teknik kontrol analog, seperti kesulitan matematika pemodelan dan ketersediaan perangkat keras. Karena pengontrolnya didasarkan pada konstruksi model matematika sistem non-linear yang kompleks adalah masalah penting.

Tiga topologi catu daya switching dasar yang umum digunakan adalah buck, boost, dan buck-boost. Topologi ini tidak terisolasi, yaitu, tegangan input dan output berbagi kesamaan. Namun, ada turunan terisolasi dari topologi non-terisolasi ini. Topologi catu daya mengacu pada bagaimana sakelar, induktor keluaran, dan kapasitor keluaran dihubungkan. Setiap topologi memiliki sifat unik. Properti ini termasuk rasio konversi tegangan kondisi-mapan, sifat arus input dan output, dan karakter riak tegangan output. Properti penting lainnya adalah respons frekuensi dari fungsi transfer tegangan duty-cycle-to-output.

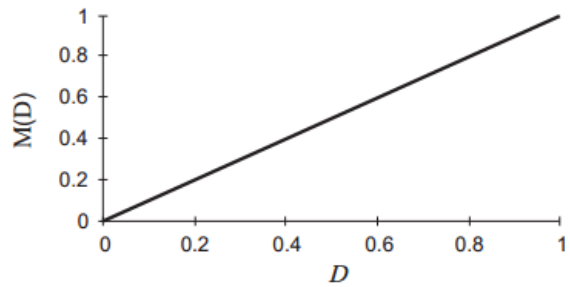
Beberapa besaran rangkaian DC D konverter diketahui ada yang dapat ditambah atau mengurangi besaran tegangan dc dan atau membalikan polaritas.

Gambar menggambarkan contoh dari rangkaian konverter dc dc yang sudah umum dipakai, dengan rasio konversi masing-masing. Gambar saklar yang digunakan daya MOSFET dan dioda, tap dilapangan saklar semikonduktor seperti IGBT, BT, atau Thyristor dapat dipakai sebagai penggantinya jika diperlukan. [3]

DC DC Konverter awal adalah buck konverter, dimana spesifikasinya mengurangi tegangan dc dan memiliki rasio konversi $M(D) = D$.



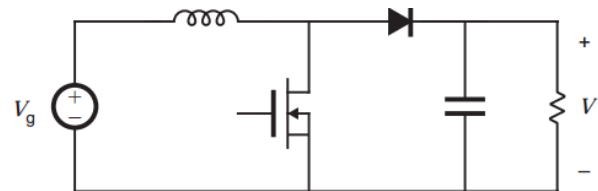
(a)



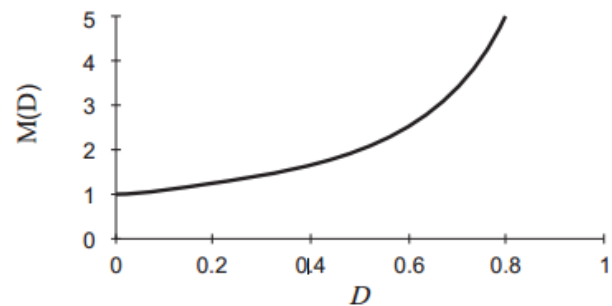
(b)

Gbr. 2 DC DC buck konverter

DC DC konverter kedua adalah boost konverter, konverter ini menghasilkan tegangan output V yang lebih besar dari tegangan input. Rasio konversi adalah $M(D) = 1/(1-D)$.



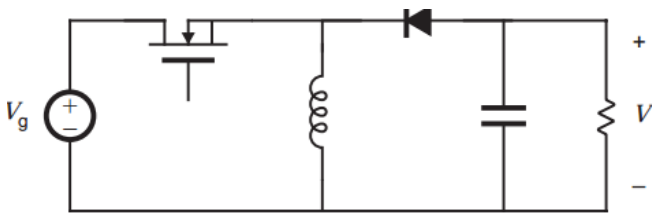
(a)



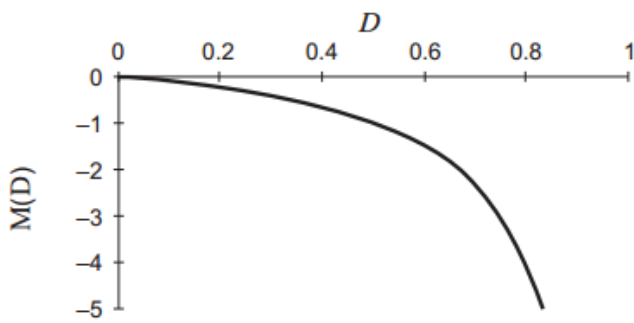
(b)

Gbr. 3 DC DC boost konverter

DC DC konverter ketiga adalah buck boost konverter, saklar secara bergantian menghubungkan induktor melintasi input daya dan tegangan output. Konverter ini berfungsi juga untuk membalikkan polaritas tegangan, dan dapat menambah atau mengurangi besarnya tegangan. Rasio konversi adalah $M(D) = -D/(-D)$.



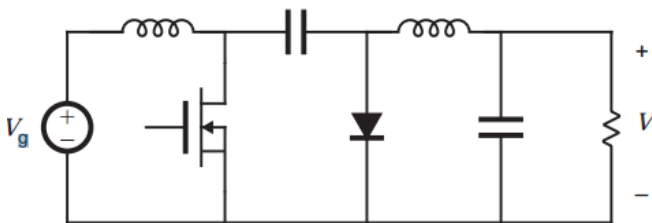
(a)



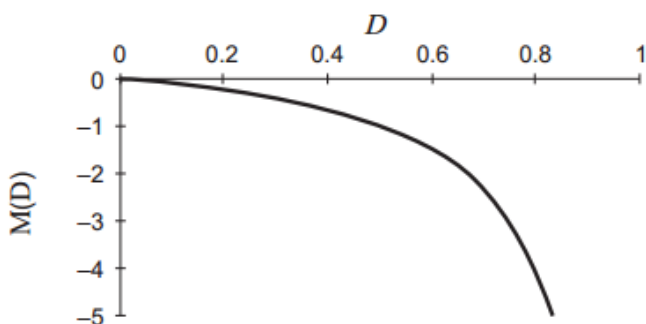
(b)

Gbr. 4 DC DC buck boost konverter

DC DC Cuk konverter terdiri dari induktor terhubung secara seri dengan input dan output di port konverter. Switch network secara bergantian menghubungkan kapastor ke input dan output induktor. Rasio konversi $M(D)$ identik dengan konverter buck boost. Jadi konverter n uga membalik polaritas tegangan, sementara meningkatkan atau mengurangi besarnya tegangan.



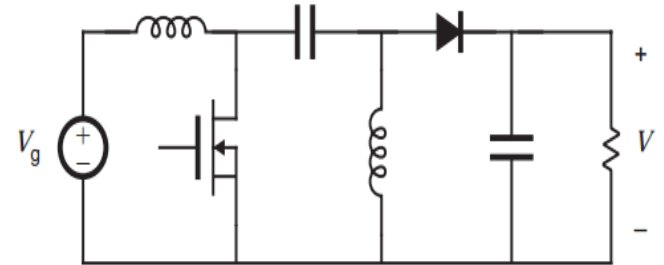
(a)



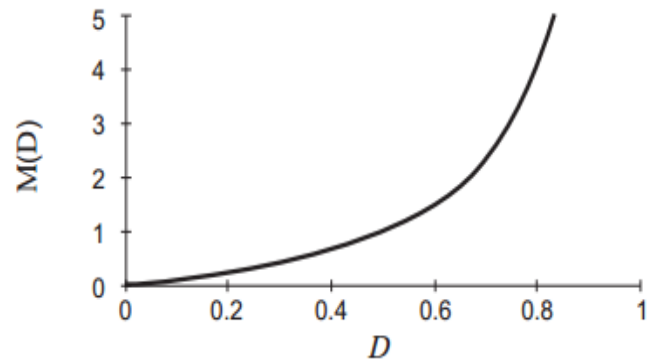
(b)

Gbr 5 DC DC Cuk konverter

DC DC Sepic konverter atau konverter induktansi pmer beruung tunggal, uga berperan dapat menambah atau mengurangi besarnya tegangan. Tapi tidak membalikkan polaritas. Rasio konversi adalah $M(D) = D / (1-D)$.



(a)

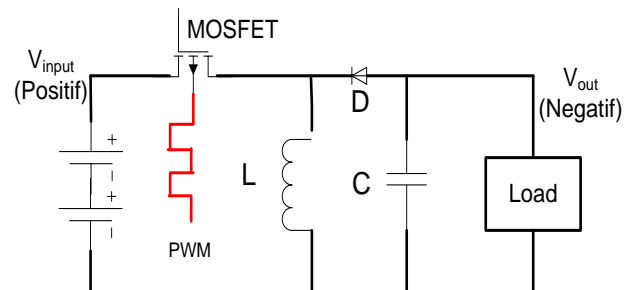


(b)

Gbr 6 DC DC SEPIC konverter

B. DC DC Buck Boost konverter matematik

DC DC Buck Boost Konverter, Tegangan output Konverter Buck Boost dapat diatur lebih besar, sama, maupun lebih kecil disbanding tegangan input. Polarias tegagan output berkebalikan dengan polaritas tegangan inputnya. Prinsip kerja konverter Buck Boost ditinjau dari 2 mode. Saat saklar Q konduksi, yaitu selama t_{on} , Saat saklar Q padam, selama T_{off} . Kondisi saklar saat t-on: [1, 9,10]



Gbr 7. Skematik Rangkaian Buck Boost

Ketika transistor diaktifkan ON, dioda adalah reverse-bias, sehingga tidak melakukan (keadaan off) dan sirkuit terlihat seperti skema sebagai berikut: $0 < t < DT_s$

$$V_L = V_g - i_L R_{on} \approx V_g - i_L R_{on} \tag{5}$$

$$i_c(t) = -V(t) - i_L R_{on} \approx V_g - i_L R_{on} \tag{6}$$

$$i_g(t) = i_L(t) \approx I_L \tag{7}$$

Ketika transistor OFF, Diode dinyalakan ON ($DT_s < t < T_s$).

$$V_L(t) = -V(t) \approx -V \tag{8}$$

$$I_c(t) = iL(t) - \frac{v(t)}{R} \approx I_L - \frac{V}{R} \tag{9}$$

$$i_g(t) = 0 \tag{10}$$

IV. ANALISA DAN SIMULASI PEMODELAN BUCK BOOST KONVERTER DC MOTOR

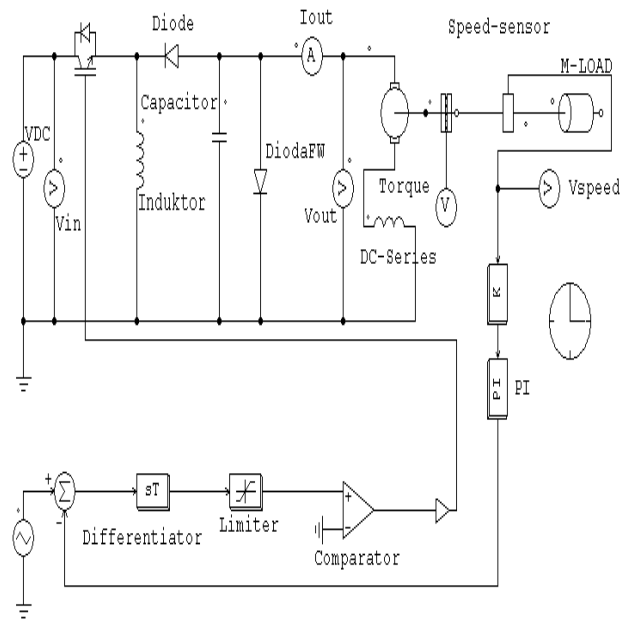
Untuk pengendalian pada motor DC pada analisa dan simulasi tetap bertumpu pada kontrol PID dengan pengaturan buck boost konverter dengan PSIM program.

Data parameter motor DC sebagai data simulasi sebagai berikut

TABEL 1
PARAMETER DC MOTOR

Parameter	Nilai
Armatu resistance, Ra	75Ohm
Field resistance, Rf	50Ohm
Armature Inductance, La	0.01H
Field Inductance, Lf	0.02H
Inertial Constant, J	0.1N-(rad-sec)

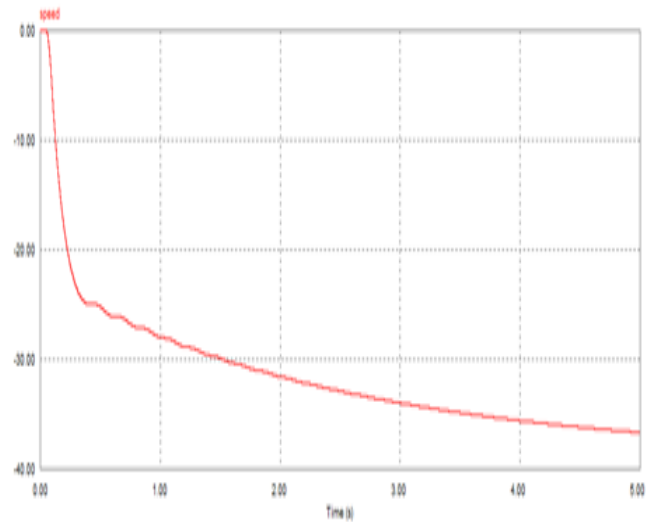
Model dari desain buck boost konverter yang kopel dengan motor DC yang terbebani beban mekanis.



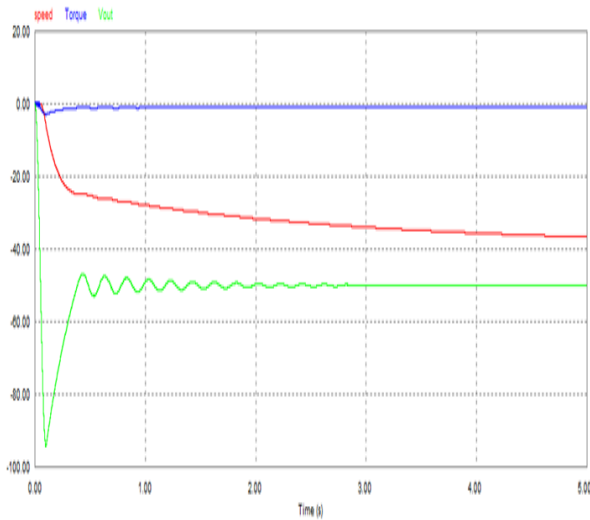
Gbr 8. Skema Rangkaian Buck Boost Konverter DC Motor Berbeban Mekanis

A. Respon kecepatan motor kondisi open loop

Pada gambar 9 dan gambar 10 menunjukkan hasil simulasi kondisi sistem dalam kondisi open loop



Gbr 9 Hasil Simulasi Kecepatan DC Motor Open Loop

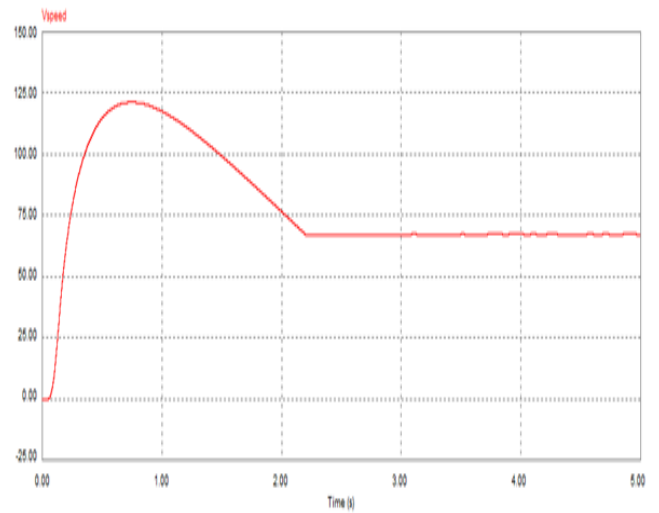


Gbr 10 Bentuk Gelombang Kecepatan, Torque, V_{out} , DC Motor Open Loop

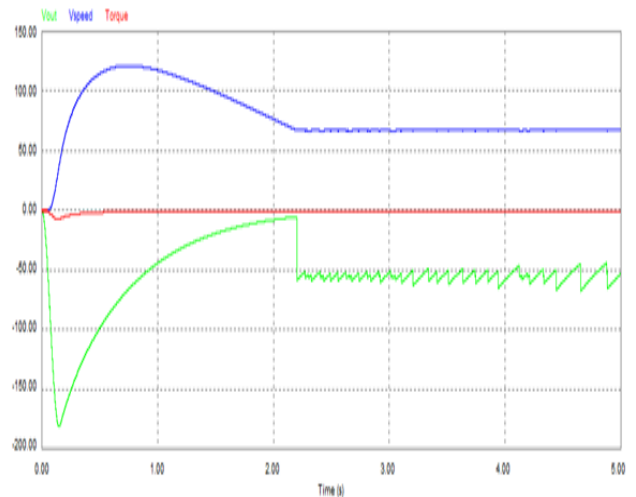
Dari hasil simulasi open loop, yang ditunjukkan pada gambar 9 dan gambar 10 didapatkan respon kecepatan motor DC tidak stabil, sedangkan pencapaian titik kesetabilan baru dicapai pada 4.181 detik hal ini dikarenakan sistem tidak ada umpan balik, sehingga motor DC bekerja tanpa ada batasan dan untuk sistem yang seperti ini sangat dihindari. Sehingga sangat diperlukan desain sistem kontrol yang tepat dengan penambahan kotroler sehingga kecepatan yang dihasilkan dapat dikontrol sesuai dengan beban mekanis yang dikopel oleh motor DC.

B. Respon kecepatan motor kondisi Close loop

Pada gambar 11 dan gambar 12 adalah hasil simulasi pada kondisi close loop



Gbr 11 Hasil Simulasi Kecepatan DC Motor Close Loop



Gbr 12 Bentuk Gelombang Kecepatan, Torque, V_{out} , DC Motor Close Loop

Gambar grafik 11, dan 12, di atas menunjukkan grafik respon frekuensi motor DC dengan Buck Boost Konverter. Dari grafik 11, dan 12 di atas didapatkan settling time lebih baik dibanding saat open sirkuit, di mana sistem sudah berada pada kondisi steady pada detik ke 2.308 detik. Ini dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan Buck Boost konverter, hasil yang didapat untuk kinerja motor DC sangat baik karena menunjukkan respon yang cepat untuk kontrol motor DC.

Penerapan motor DC sangat banyak dipakai di masyarakat, untuk menjaga kestabilan kecepatan motor DC maka diperlukan pengontrolan, sehingga dibutuhkan desain kontroler motor DC yang tepat, dalam hal ini sangat diusulkan untuk menggunakan Buck Boost Konverter karena sangat simple untuk pengontrolan sistem dengan penalaan parameter PWM yang tepat sehingga akan didapatkan kinerja yang baik.

V. KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan simulasi sebagai berikut, pada kondisi open loop kecepatan motor dc, stabil pada waktu 4.181 detik dan Kecepatan motor DC adalah -2,499 rpm. Pada kondisi close loop terkontrol, kecepatan motor dc stabil pada waktu 2.308 detik dan Kecepatan motor DC adalah 6.702 rpm.

REFERENSI

- [1] S. Yang, L. Hui, X. Limei, and W. Qian, "A rapid development method on brushless DC motor controller," IEEE International symposium on Ind. Electron., pp-3293-3297, June 2007.
- [2] Mochamad Ashari, 2012, System Konverter DC Desain Rangkaian Elektronika Daya, Edisi I, itspress.
- [3] Robert W. Erickson, DC-DC Power Converters(Article in Wiley Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering) , Department of Electrical and Computer Engineering, University of Colorado, Boulder, CO 80309-0425.
- [4] R.Ithaya ,V.Ponselvan, 2012, Analysis And Simulation Of PWM Controlled Buck-Boost AC Voltage Regulator, International Journal for Research and Development in Engineering (IJRDE), Vol.1: Issue.2, October-November 2012 pp- 28-36.
- [5] Muhammad Ruswandi Djalal, Dwi Ajiatmo, Andi Imran, Imam Robandi, Desain optimal kontroler PID motor DC menggunakan cuckoo search algorithm, SENTIA 2015.
- [6] Mochammad Nur Masrukhan, Mochamad Piono Mulyo, Dwi Ajiatmo, Machrus Ali, Optimasi Kecepatan Motor DC Menggunakan Pid Dengan Tuning Ant Colony Optimization (ACO) Controller, SENTIA 2016.
- [7] Dwi Ajiatmo, Imam Robandi, DC Motor Speed Control Using Dynamic Linear Quadratic Regulator (LQR), NETS 2013.
- [8] Bikram Das, Suvamit Chakraborty, Abanishwar Chakraborti, Prabir Ranjan Kasari,2012, Performance Analysis of BLDC Motor Using Basic Switching Converters, International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE),ISSN: 2278-3075, Volume-2, Issue-1, December 2012.
- [9] G.Prasad,etc, Mathematical Modelling and Simulation Analysis of Brushless DC Motor by using SI.
- [10] Steven Trigno, Satya Nimmala, Romeen Rao, 2010, Power Electronic System Design I, Winter 2010.
- [11] IEEE Standart Dictionary of Electrical and Electronic Terms, New York, IEEE, 1984.