



SNESTIK

Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi,
dan Teknik Informatika

<https://ejurnal.itats.ac.id/snestik> dan <https://snestik.itats.ac.id>



Informasi Pelaksanaan :

SNESTIK II - Surabaya, 26 Maret 2022

Ruang Seminar Gedung A, Kampus Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

Informasi Artikel:

DOI : 10.31284/p.snestik.2022.2663

Prosiding ISSN 2775-5126

Fakultas Teknik Elektro dan Teknologi Informasi-Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Gedung A-ITATS, Jl. Arief Rachman Hakim 100 Surabaya 60117 Telp. (031) 5945043
Email : snestik@itats.ac.id

Design and Simulation of PID Speed Controller on BLDC Motor

Prasetyo Budi Megantoro¹, Izza Anshory², Indah Sulistiyowati³, Jamaaluddin⁴
Department of Electrical Engineering, Faculty of Science and Technology, University of
Muhammadiyah Sidoarjo^{1,2,3,4}
pbudi35@gmail.com

ABSTRACT

The control system technology in the electric vehicle is a sector that is currently being researched and developed, one of its applications is to drive and control the motor speed. BLDC motors as an important component in electric vehicles. It is have several problems including overshoot when starting, a long rise time, and a steady-state error at the setting point of the motor rotation speed. The purpose of this research is to simulate the PID control parameter design to improve the open loop output response, with indicators of small overshoot values, reduced steady-state errors and can return to the RPM setting point after given a disturbance. At first the method used is to read the RPM value in the open loop condition using PSIM software. The second, design open loop transfer function in the MATLAB and calculate value of K_p , K_i and K_d for PID controller parameters. The simulation results show that the PID controller with parameters $K_p = 0.008$, $K_i = 1.25$, $K_d = 0.02$ can work as planned. Showing by the RPM output on the BLDC motor remains constant at 300 RPM. And when the disturbance is given the RPM can return to the setting point in 2 seconds.

Keywords: BLDC; 3-phase inverter; PID Controller; Six Step PWM.

ABSTRAK

Teknologi sistem kendali pada kendaraan listrik merupakan salah satu bidang yang saat ini sedang diteliti dan dikembangkan, salah satu penerapannya adalah untuk menggerakkan dan mengendalikan kecepatan motor listrik, Motor BLDC merupakan komponen penting pada kendaraan listrik. Karakteristik dari motor BLDC memiliki beberapa masalah antara lain *overshoot* saat *starting*, *rise time* yang lama, dan *error steady state* pada *setting point* pengaturan kecepatan putaran motor. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mensimulasikan dan merancang parameter kendali PID untuk meningkatkan performa *output response* pada kondisi *open loop*, dengan indikator nilai *overshoot* yang kecil, nilai *steady state error* berkurang dan dapat kembali ke *setting point* RPM setelah diberikan gangguan. Pertama metode yang digunakan adalah dengan membaca nilai RPM pada kondisi *open loop* menggunakan *software* PSIM. Kedua, merancang fungsi transfer *open loop* pada MATLAB dan menghitung nilai K_p , K_i dan K_d untuk parameter kontroler PID. Hasil

Simulasi menunjukkan bahwa kontroler PID dengan parameter $K_p = 0.008$, $K_i = 1.25$, $K_d = 0.02$ dapat bekerja sesuai dengan yang direncanakan. Ditunjukkan oleh output RPM pada motor BLDC tetap konstan pada 300 RPM. Dan saat gangguan diberikan RPM dapat kembali ke *setting point* dalam waktu 2 detik.

Kata kunci: BLDC; inverter 3 fasa; PID Controller; Six Step PWM.

PENDAHULUAN

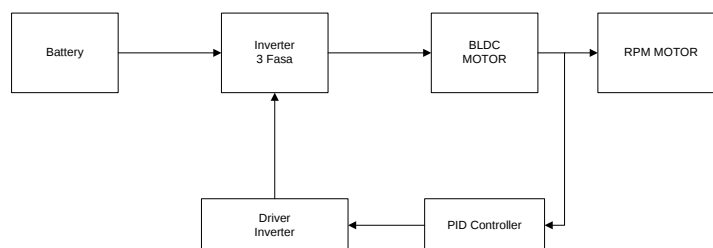
Pada era saat ini kendaraan listrik merupakan salah satu industri yang banyak diteliti dan dikembangkan. Bagian terpenting dalam kendaraan listrik adalah sistem penggeraknya, dimana motor BLDC adalah penggerak utama yang sering dipilih karena memiliki keunggulan diantaranya efisiensi dan performa yang baik untuk sistem transmisi kendaraan listrik[1][2]. Karakteristik dari motor BLDC juga memiliki kelemahan yaitu teknik sistem pengendalian putaran motor yang rumit.

Pada umumnya kontroler konvensional yang tersedia dipasaran merupakan jenis kontroler yang memiliki karakteristik *output response* waktu *rise time* yang cukup lama, sehingga pada penelitian – penelitian sebelumnya dikembangkan teknik pengontrolan pada motor BLDC menggunakan PI kontroler yang berkonsentrasi untuk mempercepat *response rise time* pada motor BLDC. Dimana pada jenis kontroler ini terdapat 2 jenis kontrol yang digunakan yaitu proporsional dan integratif. Akan tetapi hal ini dirasa masih kurang efisien, karena jika diamati dari karakteristik *output response* motor BLDC yang memiliki nilai *overshoot*. Selain itu penentuan nilai K_p dan K_i yang tidak sesuai akan menimbulkan osilasi dan respon yang lambat[3]. Oleh karena itu perlu ditambahkan salah satu jenis kontroler yang meredam nilai *overshoot* yaitu jenis kontroler derivatif.

Pada penelitian kali ini akan dikembangkan metode pengontrolan motor menggunakan PID kontroler. Kontroler ini diharapkan dapat memperbaiki *output response* motor BLDC yang memiliki nilai *overshoot*. Kontroler PID diberikan kepada *plan* yang merupakan *transfer function* dari RPM, pemodelan *transfer function* diidentifikasi melalui karakteristik output RPM terhadap waktu[4][5]. Untuk dapat memperoleh output RPM maka akan dirancang driver motor BLDC berupa rangkaian inverter 3 fasa jenis *half bridge inverter* dengan komutasi 120° [6]. *Software* yang digunakan untuk simulasi adalah *software* PSIM. Dari karakteristik RPM *open loop* motor BLDC yang diperoleh dari hasil simulasi PSIM selanjutnya akan dikalkulasikan konstanta K_p , K_i , dan K_d dan diterapkan ke *plan* menggunakan Matlab. Fungsi dari kontrol proporsional untuk mempercepat *rise time* pada sistem, kontrol integratif digunakan untuk menghilangkan *steady state error*, dan kontrol derivatif untuk memperkecil nilai *overshoot*. Sehingga *output response* dari motor BLDC dapat lebih stabil dan konstan.

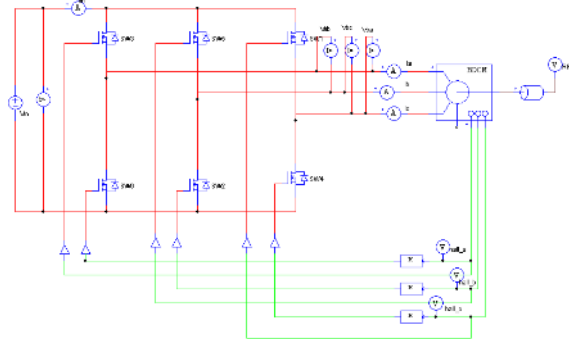
METODE

Blok diagram sistem terdiri dari sumber daya, rangkaian pengendali motor BLDC dan kontrol PID yang diumpan balikkan ke *plan* untuk menjaga output RPM tetap konstan. Rangkaian Inverter 3 fasa akan disimulasikan menggunakan *software* PSIM. Sedangkan kontrol PID terdiri dari parameter konstanta K_p , K_i , dan K_d yang dikalkulasi dan disimulasikan dengan MATLAB.



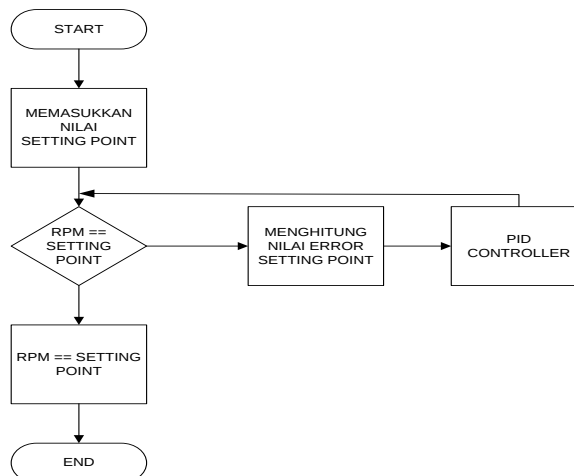
Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Berdasarkan blok diagram diatas, baterai 48V digunakan sebagai sumber inverter 3 fasa, yang selanjutnya dikonversi menjadi tegangan AC yang mensuplay motor BLDC. Inverter 3 fasa dapat merubah tegangan DC menjadi tegangan AC dengan memanfaatkan sistem pensaklaran pada MOSFET dengan metode *six step PWM*. Output RPM motor BLDC akan diumpkan balikkan dan dikontrol oleh PID kontroller yang mengatur sinyal pengendali inverter dan menjaga RPM *output* motor BLDC tetap konstan. Rangkaian simulasi inverter 3 fasa dengan beban motor BLDC pada *software* PSIM dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini :



Gambar 2. Rangkaian Inverter 3 Fasa Dengan Beban Motor BLDC pada *software* PSIM

Output RPM dari motor BLDC akan diumpkan balikkan menggunakan PID kontroller yang selanjutnya sebagai masukan pengendali inverter untuk mengatur lebar pulsa PWM inverter 3 fasa. Sistem akan membandingkan pembacaan nilai RPM dengan *setting point* secara terus menerus sampai nilai error 0%. Flowchart sistem pada penelitian ini dapat dilihat sesuai dengan gambar 3 dibawah ini.



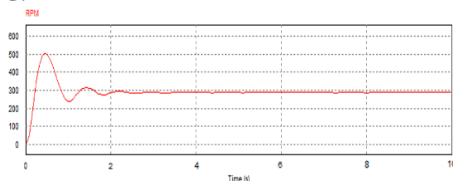
Gambar 3. Flow Chart PID Controller

Sistem PID kontroller akan membuat *output* RPM tetap konstan dengan cara membaca nilai RPM pada motor BLDC. Nilai RPM ini kemudian di umpan balikkan dan dibandingkan dengan *setting point* yang telah diinisialisai. Umpan balik ini selanjutnya akan diproses sedemikian rupa kemudian menghasilkan output sinyal sebagai masukan yang akan dikirim ke driver inverter untuk dapat menambah maupun mengurangi lebar pulsa PWM untuk mengatur RPM motor BLDC. Sehingga nilai RPM akan konstan dan sesuai dengan *setting point* yang telah ditentukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

System Open Loop

Untuk memastikan bahwa sistem pengendalian motor BLDC dapat bekerja dengan baik, maka dilakukan simulasi *Open Loop* menggunakan software PSIM. Simulasi ini dilakukan untuk melihat hasil *output response* dari kecepatan putaran motor BLDC. Gambar 4 menunjukkan *Output Response RPM* motor BLDC.



Gambar 4. Rangkaian Simulasi *Open Loop* pengendali motor BLDC

Karakteristik *output response* RPM *open loop* yang diperoleh dari simulasi menggunakan software PSIM. Selanjutnya diidentifikasi parameter *Open Loop Transfer Fuction* yang ditunjukkan pada tabel 1 berikut :

Tabel 1. Output respon Parameter RPM Open Loop

No	Parameter	Hasil
1	Waktu Puncak (tp)	39 s
2	Settling Time (ts)	52 s
3	Nominal RPM	298 RPM
4	Setting point	300 RPM

Selanjutnya dapat menentukan pemodelan *Open Loop Transfer Function* berdasarkan parameter-parameter yang telah diidentifikasi dengan persamaan sebagai berikut[7] :

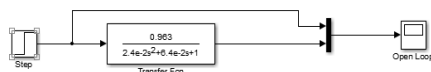
$$OLTF = \frac{K}{(\frac{1}{\omega_n}S)^2 + \frac{2\xi}{\omega_n}S + 1} \quad (1)$$

Open Loop Transfer Fuction berdasarkan parameter yang telah ditentukan adalah sebagai berikut :

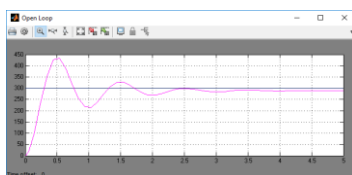
$$OLTF = \frac{K}{(\frac{1}{\omega_n}S)^2 + \frac{2\xi}{\omega_n}S + 1} \quad (2)$$

$$OLTF = \frac{0.962}{2.4 \times 10^{-2} S^2 + 6.4 \times 10^{-2} S + 1} \quad (3)$$

Persamaan *Open Loop Transfer Function* yang telah diperoleh akan disimulasikan menggunakan Matlab untuk mengetahui karakteristik RPM *output response*. Gambar 6 merupakan blok diagram simulasi *Open Loop Transfer Function* pada Matlab.



Gambar 5. Blok Diagram *Open Loop* transfer function



Gambar 6. *Output Response* RPM OLTF

System Close Loop

Dari karakteristik *output response* RPM dari *open loop transfer function* masih ditemui nilai *overshoot* selain itu nilai *steady state* hanya 289 RPM sedangkan nilai *setting point* RPM output yang diinisialisasi adalah 300 RPM. Sehingga perlu untuk PID.

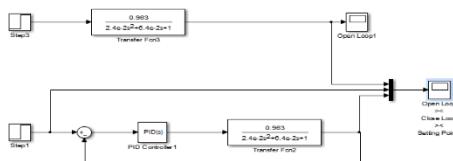
Berikut adalah nilai K_p , K_i dan K_d pada controller PID yang telah ditentukan :

$$K_p = 0.008$$

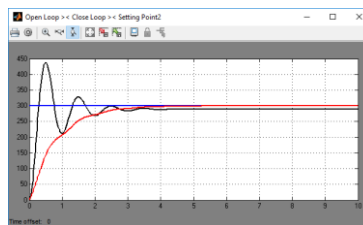
$$K_i = 1.25$$

$$K_d = 0.02$$

Dari hasil perhitungan nilai K_p , K_i dan K_d selanjutnya akan dimasukkan kedalam sistem menggunakan simulasi Matlab. Gambar 7 merupakan blok simulasi *Close Loop Transfer Function* yang telah ditambahkan blok PID controller. Pada simulasi ini juga dikomparasikan dengan *Open Loop transfer Function* untuk membandingkan bentuk *output response* sebelum dan sesudah dikontrol.

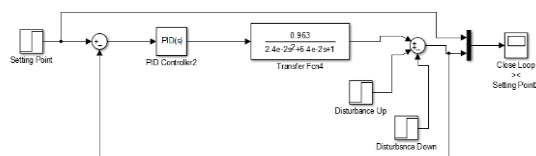


Gambar 7. *Open Loop dan Close Loop transfer function*

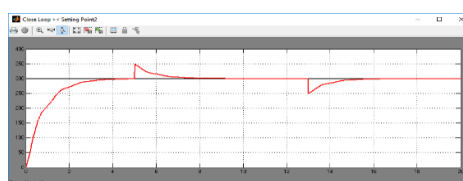


Gambar 8. Komparasi karakteristik *Output Response* RPM OLTF dan CLTF

Gambar 8 menunjukkan bahwa karakteristik *output* RPM dari *close loop transfer function* memiliki nilai nominal 300RPM. Hal ini menunjukkan sudah tidak terdapat *steady state error* pada sistem. Jika dikomparasikan dengan karakteristik RPM *open loop*, parameter seperti nilai *overshoot* sudah tidak ada dan waktu menuju kecepatan nominal juga lebih cepat dan tidak ditemui osilasi.



Gambar 9. *Close loop transfer function dengan gangguan*



Gambar 10. *Output response Close loop transfer function dengan gangguan*

Dari gambar 9 dan gambar 10 menunjukkan bahwa gelombang output RPM dari *close loop transfer function* dapat kembali ke *setting point* ketika diberikan gangguan. Jika diamati pada detik ke-5 dan 13 pada saat terjadi perubahan beban pada sistem, maka PID kontroller akan bekerja dan mengembalikan nilai kecepatan ke RPM nominal dengan waktu 2 detik.

KESIMPULAN

Setelah dilakukan perancangan dan simulasi dari PID kontroller untuk mengatur kecepatan motor BLDC. Selanjutnya membandingkan output response sebelum dan sesudah dikontrol, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Parameter $K_p = 0.008$, $K_i = 1.25$, $K_d = 0.02$ dapat bekerja dengan baik dengan menjaga *output* kecepatan motor konstan yaitu 300 RPM.
2. Pada pengujian *close loop* motor BLDC dikendalikan menggunakan kontrol PID, dimana kontrol PID dapat bekerja dengan baik untuk menurunkan nilai *overshoot* dan mengembalikan nilai RPM ke *setting point* setelah diberikan gangguan.
3. Pada saat gangguan diberikan RPM dapat kembali ke *setting point* dalam waktu 2 detik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Aulia Rahman and S. Riyadi, "Pengaruh Duty Cycle Terhadap Perpindahan Energi Pada Motor Bldc (Brushless Direct Current) Saat Pengereman Regeneratif Berbasis Dspic30F4012," pp. 247–254, 2019, doi: 10.5614/sniko.2018.29.
- [2] N. Masudi, "Desain Controller Motor Bldc Untuk Meningkatkan Performa (Daya Output) Sepeda Motor Listrik," pp. 1–65, 2014.
- [3] A. S. Wicaksono, "Perancangan dan Implementasi Sistem Pengaturan Kecepatan Motor BLDC Menggunakan Kontroler PI Berbasiskan Neural-Fuzzy Hibrida Adaptif," *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, pp. 68–74, 2016, doi: 10.12962/j23373539.v5i2.16272.
- [4] I. O. P. C. Series and M. Science, "Identification parameter system for mathematical modeling BLDC motor using transfer function models Identification parameter system for mathematical modeling BLDC motor using transfer function models," 2020, doi: 10.1088/1757-899X/821/1/012023.
- [5] I. Anshory, D. Hadidjaja, and I. Sulistiyowati, "Measurement, Modeling, and Optimization Speed Control of BLDC Motor Using Fuzzy-PSO Based Algorithm," vol. 5, no. 1, pp. 17–25, 2021.
- [6] R. Rakhmawati, F. Dwi Murdianto, and M. Wildan Alim, "Soft Starting Performance Evaluation of PI Speed Controller for Brushless DC Motor Using Three Phase Six Step Inverter," *Proc. - 2018 Int. Semin. Appl. Technol. Inf. Commun. Creat. Technol. Hum. Life, iSemantic 2018*, pp. 121–126, 2018, doi: 10.1109/ISEMANTIC.2018.8549749.
- [7] U. M. Sidoarjo, "TRANSFER FUNCTION MODELING AND OPTIMIZATION SPEED RESPONSE OF BLDC MOTOR E-BIKE USING INTELLIGENT CONTROLLER," vol. 16, no. 1, pp. 305–324, 2021.