

NALISIS PENGATURAN KENDALI PID TERHADAP KECEPATAN MOTOR BRUSHLESS DIRECT CURRENT (BLDC) PADA MOBIL LISTRIK

Yakob Liklikwatil¹, Asep Diman²

Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Mandala

Abstrak

Penelitian ini membahas pengendalian kecepatan motor BLDC sebagai penggerak utama mobil listrik. Motor BLDC mempunyai beberapa keunggulan yang menjadikannya motor listrik yang baik untuk mobil listrik. Keunggulan motor BLDC diantaranya ialah efisiensi tinggi, masa operasi lebih panjang, perawatan yang rendah. Tujuan dari penelitian ini adalah mengendalikan kecepatan pada motor BLDC untuk dapat diperoleh respon yang stabil. Motor BLDC memiliki saturasi input dengan range yang lebar. Perancangan kendali PID dilakukan dengan memodelkan motor BLDC pada sysid matlab pada saat diberikan nilai PWM tertentu yang nilainya pada titik operasi BLDC. Transfer Funtion orde 1 diperoleh untuk menentukan nilai K_p , K_i dan K_d . Kemudian dilakukan simulasi sistem kendali PID dengan fungsi transfer sistem sehingga diperoleh respon yang mencapai kestabilan dengan nilai didapatkan $K_p=79,841$ dengan rise time 1,32 second, $K_i=0,91891$ dengan settling time 3,49 second dan $K_d = -22,466$ dengan overshoot 2,72 %. Setelah dilakukan pengaturan nilai K_p , K_i dan K_d maka dilakukan simulasi system kendali PID menggunakan sysid dan Simulink Matlab. Motor BLDC merespon nilai PWM mulai dari 50,4 sampai dengan 255 atau setara dengan tegangan sampai dengan 5 volt. Fungsi transfer sistem ini digunakan untuk dapat menentukan nilai K_p , K_i dan juga K_d dengan kondisi ideal tanpa saturasi.

Kata kunci: PID, motor BLDC, PWM

1. PENDAHULUAN

Penelitian ini membahas pengendalian kecepatan motor BLDC sebagai penggerak utama mobil listrik. Riset yang sudah ada mengungkapkan jika motor listrik yang baik untuk menggerakkan mobil listrik ialah *Brushless Direct Current* (BLDC) motor. Motor BLDC dipilih sebab mempunyai beberapa keunggulan yang menjadi pertimbangan pada pemilihan motor BLDC dibandingkan motor DC konvensional yang masih menggunakan *brush* serta komutator sebaliknya motor BLDC tidak memakai brush serta komutator melainkan memakai rangkaian elektronika sebagai kendali motor BLDC tersebut. Serta kelebihan motor BLDC dibanding

motor DC konvensional ialah, efisiensi tinggi, masa operasi lebih panjang, perawatan yang rendah, serta putaran yang halus sehingga menghasilkan tingkat kebisingan yang rendah. Banyak aplikasi yang memerlukan jangkauan kecepatan yang lebar, serta kestabilan putaran terhadap nilai acuan (*setpoint*) yang diinginkan, sehingga diperlukan suatu data tentang perbandingan nilai reaksi sistem kecepatan motor yang memakai kendali PID serta tanpa memanfaatkan kendali PID maupun *openloop* sehingga pemakaian motor dapat lebih efektif.

2. METODE PENELITIAN

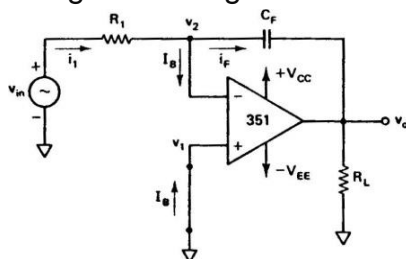
2.1 Sistem kendali

Sistem kendali dalam aplikasinya memiliki kedudukan serta posisi penting dalam teknologi. Contohnya, otomatisasi industri yang menekan anggaran upah serta produksi, memperbaiki kualitas, serta dapat mengambil alih pekerjaan yang tidak memerlukan kreatifitas, dengan kata lain dilakukan dengan metode yang sama secara terus menerus. Sehingga dengan demikian dengan terdapatnya sistem kendali dapat menambah kinerja suatu sistem, serta pada kesimpulannya dapat memberikan keuntungan untuk manusia yang menerapkannya.

2.2 Sistem Kendali Loop Tertutup (Close Loop)

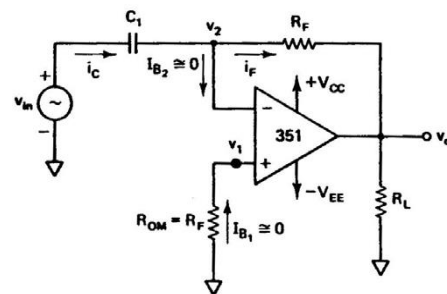
Close loop merupakan Suatu sistem yang tindakan pengendaliannya tergantung pada keluarannya. Jika dalam suatu sistem terdapat dua input (reference input dan gangguan), maka tiap input dapat diperlakukan independen, output yang berkorespondensi pada tiap input dapat dijumlahkan untuk menentukan output sistem keseluruhan.

2.3 Rangkaian Integrator



Suatu rangkaian yang menghasilkan output bentuk gelombang tegangan yang merupakan jumlahan (integral) dari bentuk gelombang tegangan input disebut dengan integrator atau penguat integrase

2.4 Rangkaian Differensiator



implikasi dari rangkaian tersebut adalah membentuk operasi matematik dari diferensiasi, yaitu bentuk gelombang output merupakan derivatif (turunan) dari bentuk gelombang input.

2.5 Motor Brushless Direct Curent (BLDC)

Pada dasarnya, kontruksi motor BLDC hampir sama dengan motor dc konvensional. Perbedaannya terletak pada sistem komutasinya dimana motor dc konvensional masih menggunakan brush serta komutator sedangkan motor BLDC tidak memakai brush serta komutator melainkan memakai rangkaian elektronika sebagai kendali motor BLDC tersebut yang disebut dengan hall effect. Gaya tarik antara dua magnet yang berlainan kutub atau gaya tolak antara dua magnet dengan kutub

yang sama merupakan prinsip kerja dari motor BLDC.

2.6 Prinsip kerja motor BLDC

Prinsip kerja motor BLDC sama dengan motor DC konvensional tetapi berbeda pada penggunaan sikat. Sikat pada motor DC konvensional digunakan dalam proses komutasi sedangkan pada motor BLDC menggunakan sensor hall dalam proses komutasi. Hal yang paling dasar pada medan magnet adalah kutub yang sama akan saling tolak menolak, sedangkan apabila berlainan kutub akan Tarik menarik.

2.7 Inverter

Inverter merupakan salah satu modul yang terdapat didalam controller motor BLDC yang mana berfungsi untuk mengubah arus listrik dari baterai yang berupa arus DC menjadi arus AC, dikarenakan motor BLDC memiliki karakteristik multipole.

2.8 Kendali PID (Proportional, Integral, Derivative)

alah kendali untuk menentukan presisi suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik pada sistem. Kendali PID merupakan kendali motor konvensional yang banyak dipakai dalam dunia industri. Kendali PID akan memberikan aksi kendali kepada plant berdasarkan besar kesalahan yang diperoleh. Kesalahan adalah perbedaan dari set point dengan output sistem pengaturan.

2.9 Arduino

adalah pengendali mikro single-board yang bersifat open-source, diturunkan dari Wiring platform, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Hardwarenya memiliki processor Atmel AVR dan softwarenya memiliki bahasa pemrograman sendiri.

2.10 Sensor Rotary Encoder

Penelitian menggunakan sensor rotary encoder atau yang dikenal juga dengan nama Incremental Rotary Encoder yang berfungsi untuk mendeteksi kecepatan putaran motor. Rotary encoder relatif digunakan pada saat metode pengkodean absolut tidak bisa digunakan dengan kata lain mengubah suatu data supaya data tersebut bisa diterima oleh penerima dalam keadaan utuh. Dimana data tersebut melalui decoder pada bagian penerima yang dapat membaca data yang telah diubah oleh encoder

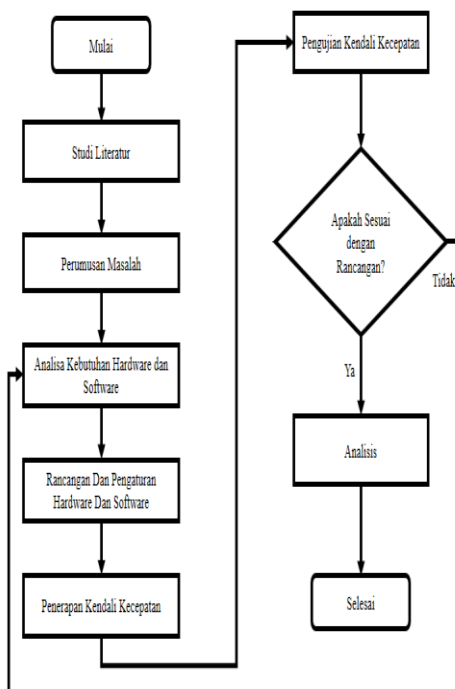
2.11 Pulse Width Modulation (PWM)

PWM merupakan suatu proses perbandingan antara sinyal carrier dengan sinyal modulasi sehingga menghasilkan sinyal kotak dengan lebar pulsa yang berbeda. Lebar pulsa tersebut dapat diatur dengan duty cycle. Duty cycle merupakan prosentase periode sinyal high dan

periode sinyal low, presentase duty cycle akan berbanding lurus dengan tegangan rata rata yang dihasilkan. Sinyal PWM memiliki lebar pulsa yang bervariasi sesuai duty cycle. Di bawah ini gambar penjelasan sinyal PWM.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun proses berlangsungnya pelaksanaan penelitian ini akan dijelaskan dalam bentuk alur diagram flowchart berikut ini :

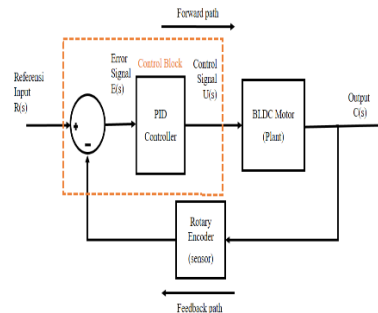


3.1 PERHITUNGAN DAN ANALISIS

• Perancangan

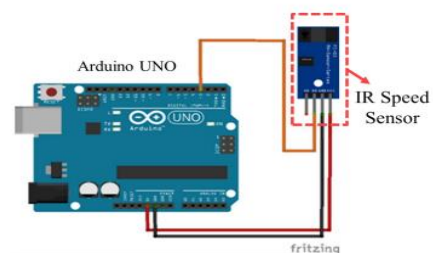
Pengaturan kecepatan dengan menggunakan kendali PID (*Proportional, Integral, Derivative*) merupakan kendali yang memiliki mekanisme *forward path* yang akan mengukur nilai *set point* dengan nilai *output*, menghitung nilai *error* serta sinyal kendali yang

diproduksi yang akan menghasilkan kecepatan pada *plant*.



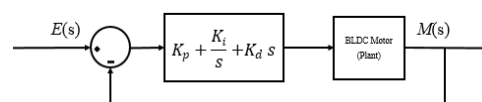
• Perancangan Sensor Kecepatan Motor

Sensor kecepatan dirancang agar dapat membaca nilai yang dapat mewakili kondisi transien pada saat motor bergerak.



• Perancangan Kendali PID

Untuk merancang kendali PID terlebih dahulu dilakukan pemodelan kendali. Pemodelan kendali dilakukan secara teliti, melalui pemodelan kendali ini secara analitik menentukan parameter K_p , K_i dan K_d .



• Sampling data input PWM dan output RPM

Time	PWM	RPM 500
1,97	49,25	0,00
1,99	49,70	0,00
2,01	50,15	0,00
2,02	50,58	0,00
2,04	51,03	9,10
2,06	51,47	9,10
2,08	51,90	9,10
2,10	52,35	9,10
2,11	52,80	9,10
2,13	53,22	9,10
2,15	53,68	9,10
2,16	54,10	9,10
2,18	54,58	9,10
2,20	55,00	9,10
2,55	63,83	30,17
2,57	64,32	30,17
2,59	64,77	30,17
2,61	65,25	30,17
2,63	65,70	30,17
2,65	66,20	30,17
2,67	66,65	30,17
2,68	67,10	30,17
2,70	67,60	30,17
2,72	68,05	30,17
3,06	76,47	55,60
3,08	76,95	55,60
3,10	77,40	55,60

memperlihatkan data yang diperoleh dari serial monitor Arduino yang selanjutnya akan diolah sytem *identificationtool* pada matlab.

- Proses kalkulasi matlab

```

Transfer Function Identification
Estimation data: Time domain data mydata
Data has 1 outputs, 1 inputs and 560 samples.
Number of poles: 1, Number of zeros: 0
Initialization Method: "lv"

Estimation Progress
=====
Initializing using "lv" method...
done.

Initialization complete.

Nonlinear least squares with automatically chosen line search method
-----
Iteration   Cost      step      Norm of      First-order      Improvement (%)
           0      959.733   -      1.12e+04   0.00072   -      -
           1    952.467   150    2.22e+03   0.00072   0.654   0
           2    952.411    26    23.3    6.38e-06   0.00592   0

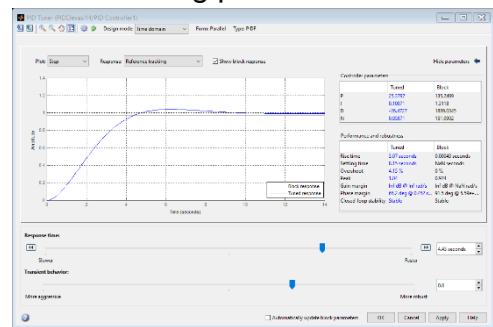
Estimating parameter covariance...
done.

Result
Termination condition: Near (local) minimum, (norm(g) < tol).
Number of iterations: 2, Number of function evaluations: 5
Status: Estimated using TFOST with Focus = "simulation"
Fit to estimation data: 81.744, FPE: 962.615

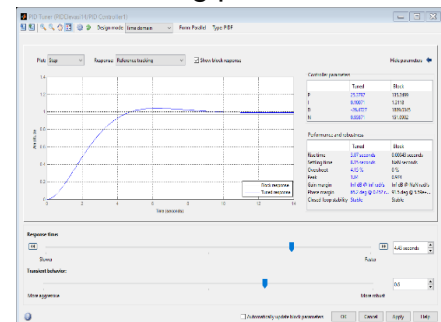
```

Sinyal output sistem sebelum tuning PID

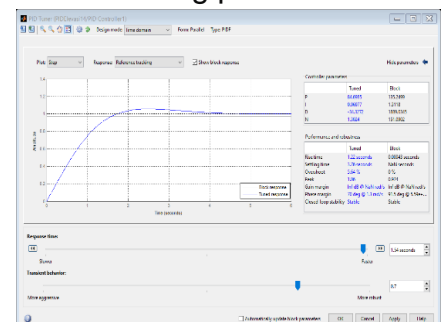
- Hasil Tuning percobaan ke 1



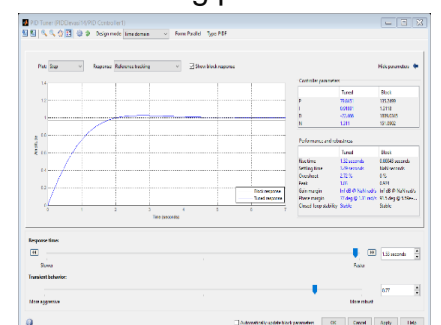
- Hasil Tuning percobaan ke 2



- Hasil Tuning percobaan ke 3



- Hasil Tuning percobaan ke 4



Dari beberapa percobaan tuning tersebut pada percobaan yang ke-4 dapat diperlihatkan bahwa respon percobaan tuning yang ke-4 yang mencapai kestabilan dengan hasil rise time 1,32 second, settling time 3,49 second dan overshoot 2,72 %.

Sehingga didapatkan nilai $K_p=79,841$, $K_i = 0,91891$ dan $K_d = -22,466$.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian pengaturan kecepatan motor BLDC menggunakan kendali PID pada mobil listrik dapat dituliskan:

- Berdasarkan data respon sistem yang diperoleh dari pengujian dan tuning parameter PID pada Simulink, sebelum di uji tanpa menggunakan PID memperlihatkan keluaran sinyal dari system dimana sinyal keluaran tersebut menunjukkan rise time dengan 101 second, settling time dengan 356 second dan kemudian overshoot dengan 6,77%. Nilai tersebut tentunya masih tidak stabil, untuk itu dilakukan beberapa percobaan tuning untuk mendapatkan hasil yang stabil. Setelah dilakukan tuning menggunakan PID memperlihatkan keluaran sinyal dari system tersebut menunjukkan rise time dengan 1.32 second, settling time dengan 3,49 second dan kemudian overshoot dengan

2,72% maka parameter kontroler PID dapat ditentukan pada motor DC mempunyai nilai $K_p=79,841$, $K_i=0,91891$ dan $K_d = -22,466$. Sehingga motor BLDC memiliki performansi yang lebih baik dibandingkan sebelum menggunakan control PID.

- Pada pengujian didapatkan grafik tanggapan respon sistem PID dari motor BLDC. Masing-masing dari set point yang diberikan mampu memberikan tanggapan respon yang cukup baik dengan kecepatan mencapai steady state. Dengan menggunakan kendali PID kecepatan motor BLDC menghasilkan tanggan respon yang cukup stabil.
- Agar sistem kecepatan motor BLDC mencapai performansi yang lebih baik lagi, maka nilai rise time, settling time dan juga overshootnya harus mempunyai nilai yang lebih kecil lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Wicaksono, *Perancangan Dan Implementasi Sistem Pengaturan Kecepatan Motor Bldc Menggunakan Kontroler Pi Berbasiskan Neural-Fuzzy Hibrida Adaptif*, Vol. 5, No. 2. 2016.
- [2] Nyoman, I Bagia, I Made Parsa. 2018. *Motor-Motor Listrik*.
- [3] Satzinger, Jhon W., Jackson, Robert B. dan Burd, Stephen D. (2014). *System Analysis*.
- [4] Rosalina, I. Qosim, And M. Mujiudin, "Analisis Pengaturan Kecepatan Motor Dc Menggunakan Kontrol Pid (Proportional Integral Derivative)," *Semin. Nas. Teknoka*, Vol. 2, No. 2502–8782, Pp. 89–94, 2017.
- [5] Akbar And S. Riyadi, "Pengaturan Kecepatan Pada Motor Brushless Dc (Bldc) Menggunakan Pwm (Pulse Width Modulation)," Pp. 255–262, 2019, Doi: 10.5614/Sniko.2018.30.
- [6] El-Samahy And M. A. Shamseldin, "Brushless Dc Motor Tracking Control Using Self-Tuning Fuzzy Pid Control And Model Reference Adaptive Control," *Ain Shams Eng. J.*, Vol. 9, No. 3, Pp. 341–352, 2018, Doi: 10.1016/J.Asej.2016.02.004.
- [7] Sujanarko, "Desain Kontrol Pwm Pengatur Kecepatan Motor Bldc Untuk Mobil Listrik," *Semin. Nas. Teknol. Inf. Komun. Terap. 2013 (Semantik 2013)*, Vol. 2013, No. November, Pp. 42–48, 2013.
- [8] R. F. Anugrah, "Kontrol Kecepatan Motor Brushless Dc Menggunakan Six Step Comutation Dengan Kontrol Pid (Propotional Integral Derivative)," *J. Tek. Elektro Dan Komput. Triac*, Vol. 7, No. 2, Pp. 57–63, 2020.
- [9] V.Van Doren, "Relay Method Automates Pid Loop Tuning," *Control Eng.*, Vol. 56, No. 9, 2009.
- [10] K. Ogata, *Modern Control Engineering*, Vol. 39, No. 12. 2010.
- [11] Mohammed, "A Study Of Control Systems For Brushless Dc Motors," 2014.
- [12] H. E. A. Ibrahim, F. N. Hassan, And A. O. Shomer, "Optimal Pid Control Of A Brushless Dc Motor Using Pso And Bf Techniques," *Ain Shams Eng. J.*, Vol. 5, No. 2, Pp. 391–398, 2014, Doi: 10.1016/J.Asej.2013.09.013.
- [13] Djuandi, "Pengenalan Arduino," *E-Book. Wwww. Tobuku*, Pp. 1–24, 2011, [Online]. Available: <http://Wwww.Tobuku.Com/Docs/Arduino-Pengenalan.Pdf>.
- [14] L. F. Nizar, "Sistem Pengendali Kecepatan Motor Dc Pada Lift Barang Menggunakan Kontroler Pid Berbasis Atmega 2560," *Publ. Has. Penelit. Skripsi*, 2015.
- [15] A. E. Fitzgerald, C. K. Jr. and S. D. Umans, *Electric Machinery, Sixth Edition*, New York: McGraw-Hill, Inc., 2013.

- [16]Virgono, U. Sunarya, And S. W. Jauhariah, “*Perancangan Sistem Pengendali Dan Monitoring Kecelakaan Mobil Berbasis Vehicular Ad Hoc Network (Vanet) Menggunakan Sensor Limit Switch Dan Rotary Encoder,*” *E-Proceeding Eng.*, Vol. 3, No. 1, Pp. 778–785, 2016.
- [17]Daware K. (2014): *Characteristics of DC Motors; Kiran Daware DC Machines*
- [18]S. D. Ermansyah, “*Implementasi System Voice Recognition Dan Rotary Encoder Pada Mobile Robot Sebagai Sistem Navigasi Dan Perhitungan Posisi Robot,*” repository.unej.ac.id, vol. 147, no. March, p. 85, 2016.
- [19]B.L Theraja, “*A Textbook of Electrical Technology*”, S. Chand, New Delhi, 2015.

