

KONTROL KECEPATAN BRUSHLESS DC MOTOR (BLDC) DENGAN PID BERBASIS MIKROKONTROLER

Fitriaty Pangerang¹⁾, Sulaeman²⁾ Bagus Prasetyo³⁾,

¹⁾ Dosen Jurusan Teknik Elektronika Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

²⁾ Dosen Jurusan Teknik Elektronika Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

³⁾ Dosen Jurusan Teknik Elektronika Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

ABSTRACT

The purpose of this research is to design a Brushless DC Motor (BLDC) speed control system using Proportional Integral Derivative (PID). Speed is a controllable parameter of a BLDC motor. BLDC motor speed control is very important to save electrical energy due to uncontrolled use of electric motors at different and variable loads. The PID controller is still not optimal when the loading process occurs. The PID controller must be re-tuned in order to produce the desired performance. The method used for tuning the parameters K_p , K_i , K_d using the Ziegler-Nichol method, then the results are compared with the BLDC motor speed control without PID. Experiment with hardware using the Arduino Uno microcontroller to adjust the input speed revolution per minute (RPM) of the BLDC motor. The results show that using PID control can control the motor speed quite well with the parameters of rise time 1 second, settling time 1.75 seconds, overshoot 2.1%, and steady state error 0.75% which is smaller than controlling the motor. without PID, the parameter rise time is 2 seconds, overshoot is 2.2%, settling time is 5.45 seconds and the steady state error is 1.1%.

Keywords: *PID, BLDC, Mikrokontroler*

ABSTRAK

Tujuan penelitian adalah merancang sistem kontrol kecepatan Motor DC Brushless (BLDC) dengan menggunakan Proportional Integral Derivative (PID). Kecepatan adalah parameter motor BLDC yang dapat dikendalikan. Pengendalian kecepatan motor BLDC sangat penting untuk menghemat energi listrik akibat pemakaian motor listrik yang tidak terkendali pada beban yang berbeda dan berubah-ubah. Kontroler PID masih kurang maksimal ketika terjadi proses pembebanan. Kontroler PID harus di-tuning ulang agar dapat menghasilkan performance yang sesuai keinginan. Metode yang digunakan untuk mentuning parameter K_p, K_i, K_d menggunakan metode Ziegler-Nichol, kemudian hasilnya dibandingkan dengan kontrol kecepatan motor BLDC tanpa PID. Eksperimen dengan perangkat keras menggunakan mikrokontroler arduino Uno untuk mengatur input kecepatan revolution per minute (RPM) dari motor BLDC . Hasilnya didapatkan bahwa dengan menggunakan kontrol PID dapat mengontrol kecepatan motor dengan cukup baik dengan parameter rise time 1 detik, settling time 1,75 detik, overshoot 2,1%, dan error steady state 0,75% yang lebih kecil, dibandingkan dengan mengontrol motor tanpa PID didapatkan parameter rise time 2 detik, overshoot 2,2%, settling time 5,45 detik dan error steady state 1,1%.

Kata Kunci: *PID, BLDC, Mikrokontroler*

1. PENDAHULUAN

Motor Brushless DC (BLDC) adalah motor listrik yang banyak digunakan dalam aplikasi otomotif listrik seperti kendaraan motor listrik. Motor BLDC memenuhi sebagian besar persyaratan yaitu kepadatan daya dan efisiensi, selain itu jenis motor ini memiliki ketersediaan pasar yang baik dan biaya teknologi daya yang murah. BLDC juga memiliki efisiensi lebih tinggi, dimensi lebih kecil. Tidak adanya sikat arang maka perawatan menjadi ringan, hampir tidak ada noise, tanggapan lebih cepat, umur pakai yang lama, dan memiliki kecepatan yang tinggi [1].

Saat ini kontrol PID (Proporsional Integral Derivative) merupakan satu-satunya strategi yang paling banyak diadopsi pada pengontrolan variabel proses di industri. Berdasarkan survey, dijumpai kenyataan bahwa 97% industri yang bergerak dalam bidang proses (seperti industri kimia, pulp, makanan, minyak dan gas) menggunakan PID sebagai komponen utama dalam pengontrolannya [5]. Kontrol PID telah digunakan untuk kontrol proses di sebagian besar aplikasi teknik selama beberapa dekade [6]. Kontrol PID memiliki struktur sederhana. Juga, memberikan kinerja yang dapat diterima untuk beberapa aplikasi industri [7], [8]

Memilih parameter pengontrol PID yang tepat sangat penting. Ziegler dan Nicols mengusulkan metode terkenal untuk menemukan koefisien kontroler PID. Meskipun kinerja pengontrol PID dapat ditingkatkan dengan memilih parameter pengontrol berdasarkan salah satu teknik optimasi, keduanya tidak dapat menjamin efektif.[4]. [35]

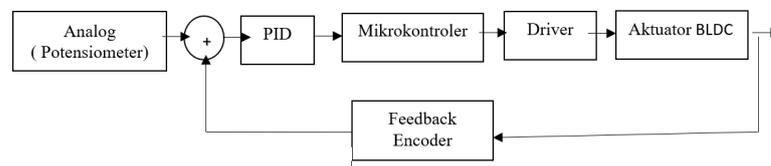
Beberapa pendekatan berbasis optimasi untuk banyak aplikasi dengan memilih kesalahan kuadrat integral (ISE) sebagai fungsi tujuan untuk penyetelan PID. Algoritma Bat optimasi metaheuristik baru untuk Power System Stabilizer

¹ Korespondensi penulis: Fitriaty Pangerang, Telp 085240612414, fpangerang@gmail.com
Bidang Ilmu Teknik Elektro, Teknik Komputer & Jaringan, Teknik Mekatronika, Telekomunikasi...

berdasarkan pengontrol PID dirancang di[1]. Teknik Bakterial Foraging Optimization (BFO) digunakan untuk pengontrol PI dari Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) untuk mengekstrak daya maksimum dari angin di[2]. Teknik Pencarian Pendakian Bukit klasik menggunakan ANN diterapkan untuk keengganan Beralih, generator di [3]. Metode Algoritma Genetika sedang diterapkan untuk penyetelan pengontrol PID dalam berbagai aplikasi di[4,5]. Particle Swarm Optimization (PSO) diterapkan di[11,12]. Penelitian ini akan merancang sebuah sistem kontrol PID berbasis mikrokontroler untuk mengontrol kecepatan motor BLDC, sehingga didapatkan metode pengendalian yang akurat dan efektif dalam upaya mengurangi beban listrik akibat pemakaian motor BLDC yang tidak terkontrol. Dengan sistem kendali ini diharapkan penghematan konsumsi energi listrik pada kendaraan motor listrik tercapai dengan efektif dan optimal. Temuan dan inovasi yang ditargetkan adalah terciptanya metode pengendali PID berbasis mikrokontroler yang mampu mengendalikan kecepatan putar motor BLDC, sehingga penghematan beban listrik pada pemakaian listrik di kendaraan listrik dapat tercapai.

2. METODE PENELITIAN

Perancangan model sistem control PID merupakan penentuan persamaan mengenai mekanisme pengaturan untuk melakukan tuning terhadap parameter control PID modifikasi ketika terjadi perubahan karakteristik sistem maupun terjadi gangguan, penentuan model dari sistem sehingga model bekerja sesuai dengan karakteristik yang ditentukan. Sinyal kontrol ditentukan dari selisih antara keluaran sistem dan keluaran model yang telah ditentukan sebelumnya



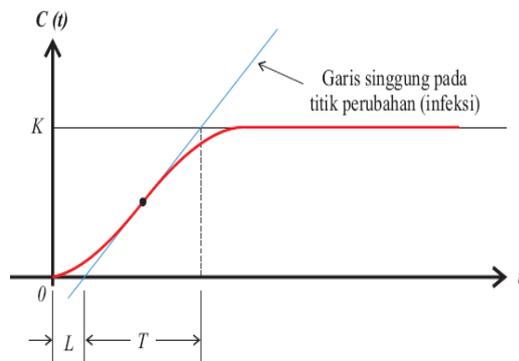
Gambar 1. Metode pengendalian sistem dengan PID

Spesifikasi perancangan menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno, Supply tegangan yang digunakan berasal dari adaptor dengan output 12 Volt, terdapat 3 buah tombol push button, Menggunakan LCD I2C, potensiometer digunakan sebagai input. Nilai analog akan dibaca oleh mikrokontroler Arduino, di dalam mikrokontroler nilai tersebut diolah menjadi logika keluaran kemudian dikirimkan ke motor driver yang mana untuk menggerakkan Motor DC tersebut. Berputarnya poros motor dc membangkitkan gelombang pada encoder yang terhubung dengan poros motor dc. Jumlah gelombang yang dibangkitkan oleh encoder akan dikirimkan ke mikrokontroler kemudian dibandingkan dengan nilai adc potensiometer sehingga menghasilkan error yang nantinya, error tersebut akan di kalikan atau di kendalikan dengan PID kontroler yang terdapat di dalam mikrokontroler Arduino. Hal tersebut akan terus berulang dilakukan hingga mencapai suatu keadaan yang mana jumlah gelombang encoder sama dengan nilai adc potensiometer dan nilai error sama dengan nol. Tahap-tahap pengujian untuk menguji fungsional dari modul sistem kontrol PID yang telah dirancang dan dianalisa terhadap hasil pengujian tersebut. Pengujian dilakukan terhadap perangkat keras maupun pengujian pada keluaran plant. Pada tahap awal dilakukan pengujian sensor infrared. dengan menampilkan nilai RPM motor BLDC pada layar LCD untuk memudahkan pembacaan data sensor, yang juga terbaca pada serial monitor.



Gambar 2. Pengujian sensor Infrared dan pengaturan kecepatan motor BLDC

Simulasi cara pengaturan kecepatan motor BLDC dengan yang Pulse Width Modulation (PWM) dan RPM yang diubah dengan menggunakan Mikrokontroler Arduino uno, Metode yang dipakai dalam penentuan parameter K_i, K_p, K_d dengan menggunakan metode Ziegler- Nichols Tipe 1, untuk mendapatkan respon plant terhadap masukan sinyal step. Jika plant tidak mengandung integrator atau kutub pasangan kompleks yang dominan, maka kurva respon step plant tersebut seperti kurva bentuk S. Adapun Kurva respon step berbentuk S dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 3. Kurva S

Dari gambar 3 kurva S, terdapat dua konstanta yang terdiri dari L (dead time) dan T (waktu tunda). Dari gambar diatas terlihat bahwa kurva reaksi berubah naik setelah selang waktu mati L. Sedangkan waktu tunda T menggambarkan perubahan kurva setelah 66% dari keadaan mantapnya (set point). Berikut tabel 1 merupakan ketentuan tuning parameter pengendali PID yang berdasarkan metode kurva reaksi.

Tabel 1 Nilai parameter K_p, K_d, K_i

Tipe pengendali	K_p	K_i	K_d
P	T/L	∞	0
PI	$0,9 T/L$	$L/0,3$	0
PID	$1,2 T/L$	$2L$	$0,5L$

Adapun karakteristik motor BLDC yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut tabel berikut

Tabel 2. Karakteristik Motor BLDC

No	Tipe	Satuan
1	RPM/V	700KV
2	Tinggi	29 mm
3	Lebar	42,2 mm
4	Diameter poros	4 mm
5	Berat	98 gram
6	Tegangan	7,4 - 22 Volt
7	Resistansi	Ω

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pengujian pada Sensor Infrared

Berdasarkan hasil pengujian sensor infra Red dapat dilihat pada tabel 3 dibawah ini

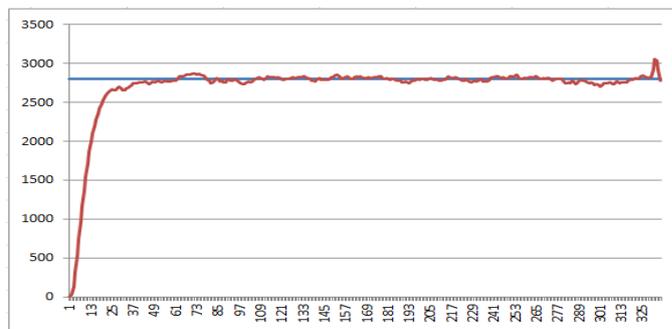
Tabel 3. Hasil Pengujian sensor Infra Red

Set Rpm	PembacaanThacometer	Pembacaan Sensor Infrared
2500	2610	2610
3000	3108	3108
3500	3603	3602
4000	4000	4000
4500	4502	4500

Dari hasil pengujian terlihat bahwa sensor infra red dapat bekerja dengan baik karena nilai pembacaan pada alat ukur Thacometer sesuai dengan yang terbaca oleh sensor infra red

3.2. Pengujian kecepatan putar motor BLDC tanpa PID

Pengujian dilakukan dengan set point RPM sebesar 2800 RPM. Respon sistem dapat dilihat pada gambar 4

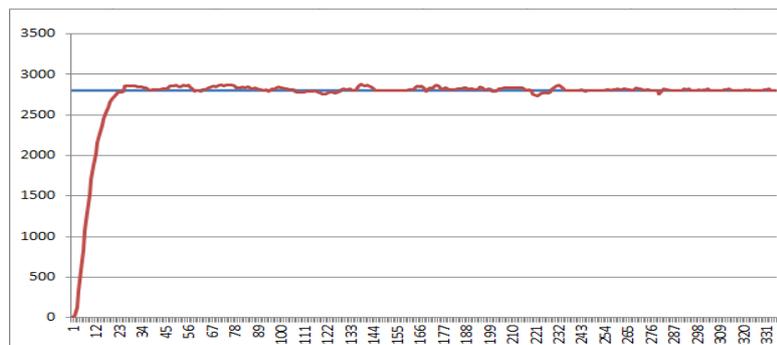


Gambar 4. Grafik Kontrol Kecepatan BLDC tanpa PID

Pada gambar 4, dengan mengontrol motor BLDC tanpa PID didapatkan parameter *rise time* 2 detik, *overshoot* 2,2%, *settling time* 5,45 detik dan *error steady state* 1,1%, seluruh parameter tersebut masih tinggi sehingga respon sistem terlihat sangat tidak stabil

3.3. Pengujian kecepatan putar motor BLDC dengan PID

Kontrol kecepatan motor BLDC dengan PID menggunakan metode Ziegler-Nichols Tipe 1, didapatkan parameter terbaik $K_p = 0,16$ $K_i = 0,005$, $K_d = 0,05$. Hasil pengujian dengan menggunakan kontrol PID dapat dilihat pada gambar 5



Gambar 5. Grafik Kontrol Kecepatan BLDC dengan PID

Dari hasil analisa terlihat bahwa dengan menggunakan kontrol PID untuk mengontrol kecepatan motor BLDC sistem memiliki respon naik yang cepat dengan *rise time* 1 detik, *settling time* 1,75 detik, *overshoot* 2,1%, dan *error steady state* 0,75% . Adapun perbandingan motor BLDC tanpa kontrol PID dan dengan kontrol PID dapat dilihat pada tabel 4 dibawah.

Tabel 4. Perbandingan data tanpa PID dan dengan PID

Set point(Rpm)	Parameter	Tanpa PID	PID
2800	Rise Time (Detik)	2 detik	1 detik
	Overshoot (Rpm)	2,2 %	2,1 %
	Settling Time (Detik)	5,45 detik	1,75 detik
	Error Steady State (%)	1,1%	0,75 %

Dari tabel 4 terlihat bahwa dengan menggunakan kontrolPID dapat mengontrol kecepatan motor dengan cukup baik dan memiliki *rise time* , *settling time* , *overshoot* dan *error steady state* yang lebih kecil. Dibandingkan dengan mengontrol motor tanpa PID . Kondisi ini menyebabkan kecepatan putar motor BLDC lebih stabil



Gambar 6. Grafik perbandingan tanpa PID dan dengan PID

Dari gambar 6. Terlihat bahwa grafik diketahui bahwa respon motor tanpa menggunakan PID membutuhkan waktu yang lebih lama untuk mencapai Steady State. Dengan digunakannya parameter PID hasil tuning didapatkan respon yang lebih cepat dari pada respon tanpa menggunakan PID.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa kendali kecepatan motor brushless DC dengan kontrol PID didapatkan parameter rise time, overshoot, settling time, dan error steady state yang lebih kecil dibandingkan dengan mengontrol motor brushless DC tanpa PID. Kecepatan putaran motor BLDC lebih stabil jika menggunakan kontrol PID, dibandingkan jika tidak menggunakan .

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada

1. Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang, bapak Prof. Ir. Muhammad Anshar, Ph. D.
2. Ketua P3M PNUP, bapak Dr. Ir. Firman, M.T dan Sekertaris P3M, Ibu Nahlah, S.Si., M.Si
3. Ketua Jurusan Teknik Elektro, Ahmad Rizal Sultan, S.T., M.,Ph.D
4. Korps Teknik Elektronika, Ibu Kartika Dewi, ST.,MT, serta seluruh teman sejawat PNUP Atas segala bantuan hingga penelitian ini terlaksana

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chaib L, Choucha A, Arif S. Optimal Design And Tuning Of Novel Fractional Order PID Power System Stabilizer Using A New Metaheuristic Bat Algorithm. *Ain Shams Eng J* 2017;8(2):113–25. 2011;58(9):4048–56.
- [2] Saad NH, El-Sattar AA, Metally ME. Artificial Neural Controller For Torque Ripple Control And Maximum Power Extraction For Wind System Driven By Switched
- [3] Hasanien HM. Design Optimization Of PID Controller In Automatic Voltage Regulator System Using Taguchi Combined Genetic Algorithm Method. *IEEE Syst J* 2013;7(4):825–31
- [4] Hasanien HM, Muyeen SM. A Taguchi Approach For Optimum Design Of ProportionalIntegral Controllers In Cascaded Control Scheme. *IEEE Trans Power Syst* 2013;28(2):1636–44.
- [5] Li, T. And Zhou, J. (2019) 'High-Stability Position-Sensorless Control Method For Brushless DC Motors At Low Speed', *IEEE Transactions On Power Electronics*, 34(5), Pp. 4895-4903.
- [6] Thanh, S. N., Thanh, K. N., The, C. N., Hung, P. P. And Xuan, H. H. 'Development Of Fuzzy Logic Controller For DC Motor Using Personal Computer And Inexpensive Microcontroller'. 2014 13th International Conference On Control Automation Robotics & Vision (ICARCV), 10-12 Dec. 2014, 1310-1314
- [7] Nazelan, A. M. 'A Comparative Study Of Fuzzy Logic Controller And Artificial Neural Network In Speed Control Of Separately Excited DC Motor'. 2017 7th IEEE International Conference On Control System, Computing And Engineering (ICCSCE), 24-26 Nov. 2017, 336-341
- [8] Kushwah, R. And Wadhvani, S. (2013) 'Speed Control Of Separately Excited Dc Motor Using Fuzzy Logic Controller', *International Journal Of Engineering Trends And Technology (IJETT)*, 4(6), Pp. 2518-1523
- [9] Hasanien HM. Particle Swarm Design Optimization Of Transverse Flux Linear Motor For Weight Reduction And Improvement Of Thrust Force. *IEEE Trans Ind Electron* 2011;58(9):4048–56.
- [10] Saad NH, El-Sattar AA, Mansour AE-AM. A Novel Control Strategy For Grid Connected Hybrid Renewable Energy Systems Using Improved Particle Swarm Optimization. *Ain Shams Eng J* 2018;9(4):2195–214.