

OPTIMASI KECEPATAN MOTOR DC MENGGUNAKAN PID DENGAN TUNING *ANT COLONY OPTIMIZATION* (ACO) CONTROLLER

Mochammad Nur Masrukhan⁽¹⁾, Mochamad Piono Mulyo⁽¹⁾, Dwi Ajiatmo⁽¹⁾, Machrus Ali⁽¹⁾

⁽¹⁾Teknik Elektro, Universitas Darul 'Ulum, Jombang
mochammad.nurmasrukhan@gmail.com, pionomulyo@gmail.com, ajiatmo@gmail.com,
machrus7@gmail.com

ABSTRAK

Characters of the DC motor is non linear and for the permanent magnet is linear. Non-linear characteristics of DC motors such as friction and saturation can degrade the performance of conventional controls. This can be overcome by intelligent control based Artificial Intelligent (AI). In this study, designed the model of DC motor speed control using multiple controls, which autotuning matlab PID control, PID with tuning Ant Colony Optimization (ACO). The results of the performance of the model DC motor speed control using the PID-ACO found to have a steady state error, settling time and overshoot are better than the PID Autotuning Matlab, PID-ZN (Ziegler Nichols PID). From the results of running the program get that PID-ACO in this study is the best controller with the fastest time settling is 0.55 seconds and overshoot the smallest is 1,017.

Kata Kunci: motor DC, Ant Colony Optimization

1. Pendahuluan

Karena memiliki torsi yang relatif tinggi untuk memikul beban dibandingkan dengan motor magnet permanen dengan ukuran yang sama, motor DC yang banyak digunakan dalam berbagai aplikasi. Motor permanen magnet bersifat linear sedangkan motor DC bersifat non linear. Aplikasi yang membutuhkan control kecepatannya secara otomatis akan sulit mengaplikasikan ketidak linieran Motor DC. Non linear model dinamik dari motor DC memiliki keterbatasan pada desain dari rangkaian *close-loop feedback controller*. Saturasi dan gesekan dapat menurunkan kinerja dari Kontrol Konvensional. (Dwi Hartanto, 2001).

Kontroler PID sering digunakan untuk aplikasi kontrol motor karena struktur sederhana dan algoritma kontrol mudah untuk dipahami. Parameter kontroler umumnya menggunakan *Try And Error* atau metode respon frekuensi *Ziegler-Nichols*. Metode ini memiliki hasil yang sukses tapi cukup lama dan untuk mendapatkan respon sistem yang memuaskan.

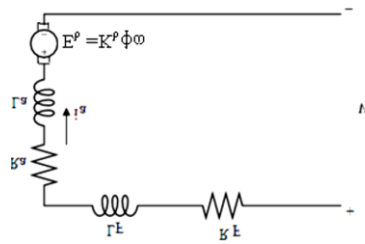
Kontrol cerdas berbasis *Artificial Intelligent* (AI) sudah banyak berkembang untuk memperbaiki kontrol konvensional. Oleh sebab itu pada paper ini akan mendesain model kontrol motor DC menggunakan beberapa macam kontrol, yaitu

kontrol PID yang dituning dengan *autotuning* matlab, PID yang dituning dengan *Ant Colony Optimization* (ACO) untuk mengontrol kecepatan motor DC. Hasil paper ini diharapkan memiliki *steady state error*, *settling time* dan *overshoot* yang lebih baik.

2. Kajian Pustaka

2.1. Pengertian Motor DC

Motor DC adalah mesin listrik yang mengkonsumsi daya listrik DC sehingga menghasilkan torsi mekanik. Secara historis, Mesin DC diklasifikasikan berdasarkan koneksi (hubungan) dari rangkaian field dan rangkaian *armature*. Pada motor DC seri, rangkaian *field* dihubungkan seri dengan rangkaian *armature* dimana kedua arus *field* dan arus *armature* adalah identik atau sama. Pada motor DC seri memiliki karakteristik starting torsi yang tinggi yang membuatnya cocok untuk aplikasi yang memiliki *inertia* serta sistem traksi tinggi dan memiliki *non linear* model yang dinamik. Adapun rangkaian ekuivalen dari motor DC seri ditunjukkan oleh gambar 1. sebagai berikut:



Gambar 1. Rangkaian Equivalen motor DC

$$Va = Ra \cdot ia(t) + La \cdot \frac{dia(t)}{dt} + eb(t)$$

Ra (Armature resistance) = 2.45Ω, La (Armature inductance) = 0.035H, Kb (Back emf) = 1.2Vs/rad, Jm (Moment of inertia) = 0.022 kgm², Bm (Frictional constant) = 0.5 (Nms/rad). (Walaa M Stroy, 2013)

2.2. Transfer Function :

Dengan memasukkan konstanta diatas didapatkan transfer function sebagai berikut:

$$\frac{\theta(s)}{Va(s)} = \frac{Kb}{J \cdot La \cdot s^3 + Ra \cdot J \cdot s^2 + (Kb^2 + Ra \cdot B)s}$$

Sehingga didapatkan transfer function:

$$\frac{\theta(s)}{Va(s)} = \frac{1,2}{0,0007s^3 + 0,0539s^2 + 1,441s}$$

(Walaa M Stroy, 2013)

2.3. PID Controller

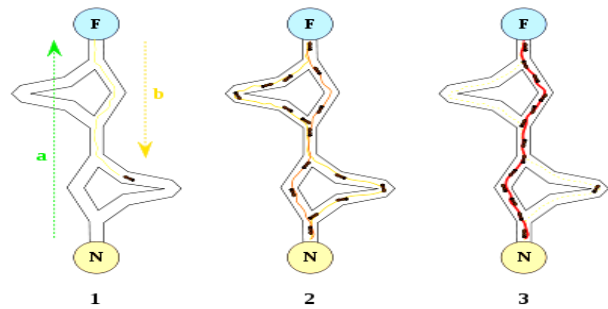
Kontrol PID adalah sistem kontrol gabungan antara kontrol proporsional, integral, dan turunan (*derivative*). Pada metode ini, penalaan dilakukan dalam kalang tertutup dimana masukan referensi yang digunakan adalah fungsi tangga (step). Pengendali pada metode ini hanya pengendali proporsional. Kp, dinaikkan dari 0 hingga nilai kritis Kp, sehingga diperoleh keluaran yang terus-menerus berosilasi dengan amplitudo yang sama. Nilai kritis Kp ini disebut sebagai *ultimated gain*. Nilai *ultimated period*, Tu, diperoleh setelah keluaran sistem mencapai kondisi yang terus menerus berosilasi.

2.4. Ant Colony Optimization (ACO)

Semut merupakan tergolong salah satu hewan yang pintar, mereka mampu mencapai makannanya dengan jalur yang terpendek dan tercepat. Perilaku semut adalah inspirasi untuk Algoritma ant colony Optimization ini. Pada awalnya berjalan secara acak, setelah mendapatkan kembali makanan untuk koloni mereka juga meletakkan feromon atau jejak. Jika semut lain menemukan jalan semacam itu, mereka tidak akan bepergian secara acak, tapi semut tidak mengikuti jejak lagi, jika pada akhirnya mereka menemukan makanan baru. Ketika seekor semut menemukan jalur (pendek) dari koloni ke sumber makanan,

semut lain akan lebih cenderung mengikuti jalan itu.

Langkah - langkah Penyelesaian Komputasi Pada ACO terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Langkah-langkah komputasi ACO

Kemampuan individual terbatas semut telah mampu menemukan jalan terpendek antara sumber makanan dan sarang.

1. Semut pertama menemukan sumber makanan (F), melalui cara apapun (a), kemudian kembali ke sarang (N), meninggalkan jejak (b)
2. Semut berikutnya mengikuti empat cara yang mungkin, tetapi iya memilih jalur sebagai rute terpendek.
3. Semut mengambil rute terpendek, dan jejak route yang panjang akan hilang.

Seekor semut k ketika melewati ruas akan meninggalkan pheromone. Jumlah pheromone yang terdapat pada ruas ij setelah dilewati semut k diberikan dengan rumus:

$$\tau_{i,j} \leftarrow \tau_{i,j} + \Delta\tau^k$$

Dengan meningkatnya nilai pheromone pada ruas i-j, maka kemungkinan ruas ini akan dipilih lagi pada iterasi berikutnya semakin besar. Setelah sejumlah simpul dilewati maka akan terjadi penguapan pheromone dengan aturan sebagai berikut:

$$\tau_{i,j} \leftarrow (1 - \rho)\tau_{i,j}, j; \forall(i,j) \in A$$

Penurunan jumlah pheromone memungkinkan semut untuk mengeksplorasi lintasan yang berbeda selama proses pencarian. Ini juga akan menghilangkan kemungkinan memilih lintasan yang kurang bagus. Selain itu, ini juga membantu membatasi nilai maksimum yang dicapai oleh suatu lintasan pheromone.

2.4. Penggunaan ACO dalam penalaan PID

Gambar 2. menunjukkan diagram alur algoritma metode *Ant Colony Optimization*(ACO) yang digunakan pada penelitian penelitian ini. Fungsi objektif yang digunakan untuk menguji kestabilan sistem adalah dengan *Integral Time Absolut Error* (ITAE).

$$ITAE = \int_0^t t |\Delta\omega(t)| dt$$

Parameter PID yang ditala oleh ACO adalah Kd, Kp, Ki.

3. Pemodelan Sistem

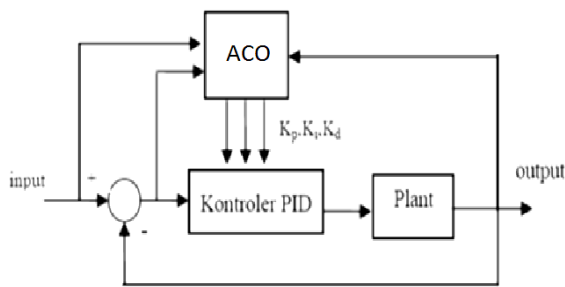
3.1. Model pengaturan kecepatan motor DC

Dari transfer function rangkaian motor DC dapat dimodelkan ke dalam bentuk diagram seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram rangkaian motor DC

Kontroler PID-ACO untuk plant ditunjukkan pada gambar 4.

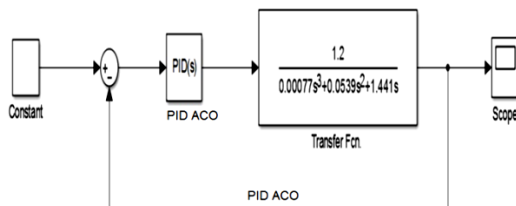


Gambar 4. Struktur kontroler PID-ACO

Konstanta Kp, Ki dan Kd dicari dengan bantuan program matlab 2013a dengan metode ACO. Hasil iterasi akan diperoleh nilai Kp, Ki dan Kd yang paling tepat untuk mendapatkan optimasi motor DC

3.2. Simulasi

Bentuk simulasi dan blok diagram perancangan model pengaturan kecepatan motor DC dapat dilihat pada gambar 5. dibawah ini:

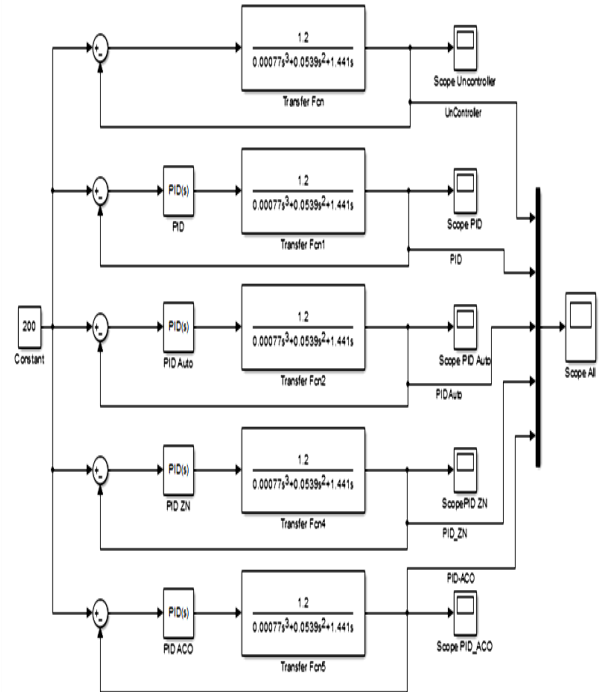


Gambar 5. Model perancangan kecepatan motor DC

Output motor DC diumpun balikkan ke input PID yang selanjutnya mengan menghitung besar selisih atau eror yang nantinya digunakan untuk memperbaiki nilai konstanta PID.

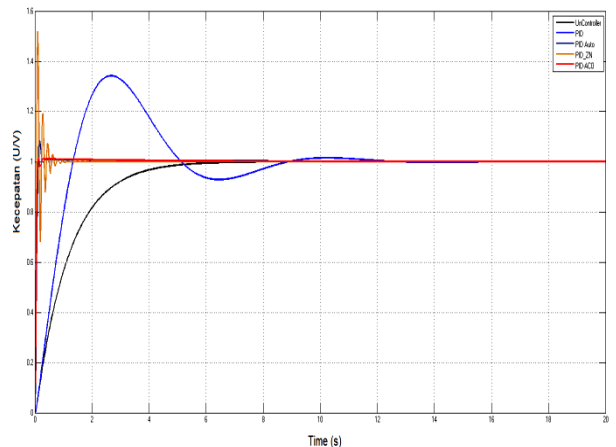
4. Hasil Penelitian

Model kontrol kecepatan motor DC dengan beberapa model kontrol dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Simulink kontrol kecepatan motor DC

Dari hasil running program didapatkan hasil respon beberapa macam control seperti pada gambar 7.



Gambar 7. Hasil respon beberapa macam kontrol

Haril hasil grafik di atas dapat diartikan bahwa:

11. Dari running tanpa kontroller dapat diartikan bahwa tidak terjadi overshoots pada kecepatan motor DC, akan tetapi settlingtime mator DC pada saat $t = 16,01$ detik. Kecepatan motor akan mencapai putaran normal pada waktu 16,01 detik.
12. Dari running PID kontroller standart dapat diartikan bahwa terjadi overshoots maks sebesar 1,34n rpm pada saat $t = 2,6$ detik, undershoots 0,93n rpm pada saat 0,65 dengan settlingtime 25,5 detik. Kecepatan motor akan mencapai putaran konstan lebih lama daripada tanpa menggunakan PID kontroller yaitu pada waktu 25,5 detik.
13. Dari running PID Auto tuning dapat diartikan bahwa terjadi overshoots maks sebesar 1,02n rpm pada saat $t = 0,16$ detik, overshoots 1,01n pada saat 0,41detik dengan settlingtime 5,26 detik. Kecepatan motor akan mencapai putaran konstan pada waktu 5,26 detik.
14. Dari running PID Ziegler-Nichols dapat diartikan bahwa terjadi overshoots maks sebesar 1,52n rpm pada saat $t = 0,09$ detik, overshoots 1,19n rpm pada saat $t = 0,28$ dan 1,07n rpm pada $t = 0,95$ dengan settlingtime 1,75 detik. Kecepatan motor akan mencapai putaran konstan pada waktu 1,75 detik.
15. Dari running PID ACO dapat diartikan bahwa terjadi overshoots maks sebesar 1,017n rpm pada saat $t = 0,125$ detik, dengan settlingtime 0,55 detik. Kecepatan motor akan mencapai putaran konstan lebih lama daripada tanpa menggunakan PID kontroller yaitu pada waktu 0,55 detik

Dalam bentuk tabel dapat dilihat pada tabel 1. dibawah ini:

Tabel 1. Hasil Running Program Kontrol Motor DC berbagai kontroller

	Tanpa kontro l	PID standa rt	PID Auto Tunin g	PID Ziegle r- Nicho ls	PID ACO
Kp	-	1	20,197 9	49,41	21,86 37
Ki	-	1	2,8623	0,018 8	4,795 2
Kd	-	0	0,1264	0,075	0,462 4
Overshoots (n rpm)	-	1,34	1,08	1,5	1,017
Settling time (detik)	16,01	25,5	5,26	1,75	0,55

Dari hasil tabel diatas dapat disimpulkan bahwa dua kontroller yang bisa dipakai sebagai

acuan yaitu PID Auto tuning dengan overshoot 1,08n rpm dengan settling time 5,26 dan PID ACO dengan overshoot 1,017n rpm dengan settling time 0,55. Dari dua kontroller ini bisa dipilih PID ACO sebagai kontroller terbaik dengan settling time tercepat dan overshoot paling kecil.

5. Kesimpulan

Dari hasil running program diatas dapat disimpulkan bahwa dua kontroller yang bisa dipakai sebagai acuan yaitu PID Auto tuning dengan overshoot 217 (0,08) settling time 5,26 dan PID ACO dengan overshoot 202 (0,018) settling time 0,55 detik. Dari dua kontroller ini bisa dipilih PID ACO sebagai kontroller terbaik dengan settling time tercepat dan overshoot cukup kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- Dwi Hartanto, Thomas Wahyu, *Analisis Dan Desain System Kontrol Dengan MATLAB*, Andy.Yogyakarta. 2001.
- Husein Ahmad , Gagan Signh, *Controlling of D.C. Motor using Fuzzy Logic Controller“*, Conference on Advances in Communication and Control Systems 2013 (CAC2S 2013)
- H. Shayeg, A. Safari and H. A. Shayanfar, *Multimachine Power System Stabilizer Design Using Particle Swarm Optimization Algorithm”*, International journal of Electrical Power and Energy System Engineering, 2008, 226-233.
- Karaman S, Ozturk I, Yalcin H, Kayacier A, Sagdic O: *Comparison of Adaptive Neuro Fuzzy Inference System and artificial neural networks for estimation of oxidation parameters of sunflower oil added with some natural byproduct extracts*, J. Sci. Food Agric. 92 (2012) 49 – 58
- Muhammad H. Rashid, *Power Electronics Circuits, Devices, and Applications*, Prentice Hall, 2004
- Sanju Saini, Arvind Kumar, *Speed Control of Separately Excited D.C Motor using Self Tuned ANFIS Techniques*, IJCST Vol. 3, 2012, India.
- Walaa M Stroyg, *Speed Control of DC Motor Using PID Controller Base On Artificial Intellegence Technique*, CoDIT’13 IEEE, 2013
- Yang, X. S. (2009). "Ant Colony Optimization for multimodal optimization". *Stochastic Algorithms: Foundations and Applications*, SAGA 2009. Lecture Notes in Computer Sciences 5792.