



## Desain Hibrid Menggunakan PID-ANFIS Controller Pada Motor DC Berbasis PSO (Particle Swarm Optimization)

Machrus Ali<sup>1\*</sup>, Ahmad Ali Syaifuddin<sup>2</sup>, Hidayatul Nurohmah<sup>3</sup>

Teknik Elektro, Universitas Darul Ulum

Jl. Gus Dur 29A, Mojongapit, Jombang

(0321)877157

e-mail: machrus7@gmail.com

### ABSTRAKS

Received : 10-9-2021

Accepted : 15 -9-2021

Published : 20-9-2021

Motor DC bisa difungsikan sebagai generator atau dsebagai motor. Diperlukan desain pengaturan kecepatan motor DC yang terbaik agar diperoleh optimasi terbaik. Pemodelan pengaturan motor DC harus disesuaikan dengan karakteristik motor DC dan model pengaturannya. Hasil performance dari model kontrol DC memiliki steady state error, settling time dan overshoot yang berbeda,. Dari hasil running program didapatkan bahwa model hibrid kontrol PID-PSO-ANFIS menghasilkan performa luaran yang paling baik. Hasil optimasi PID-PSO-ANFIS didapatkan tidak terjadi overshoot dan undershoot, settlingtime 0,04 detik kecepatan motor mencapai keadaan konstan dan stabil. Desain ini akan dikembangkan dengan metode kecerdasan buatan dan controller lainnya sehingga diperoleh optimasi paling baik

*Kata Kunci:* anfis, pid kontroler, pso, kecepatan motor dc

### ABSTRACT

DC motors can be used as generators or motors. For this reason, it is necessary to design the best DC motor speed regulation in order to obtain the best optimization. DC motor setting modeling must be adjusted to the DC motor characteristics and setting model. The results of the performance of the DC control model have a different steady-state error, settling time, and overshoot. From the results of running the program, it is found that the PID-PSO-ANFIS hybrid control model produces the best output performance. The results of PID-PSO-ANFIS optimization show that there is no overshoot and undershoot, settling time is 0.04 seconds, the motor speed reaches a constant and stable state. This design will be developed using artificial intelligence methods and other controllers in order to obtain the best optimization.

**Keywords:** Anfis, PID controller, PSO, dc motor speed

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Motor DC

Motor DC memiliki torsi yang relatif tinggi untuk memikul beban dibandingkan dengan motor permanen magnet dengan ukuran yang sama. Motor permanen magnet bersifat linear sedangkan motor DC bersifat non linear. Ketidaklinearan dari motor DC tersebut akan mempersulit dalam aplikasi yang memerlukan kecepatan kontrol secara otomatis. Sayangnya, non linear model dinamik dari motor DC memiliki keterbatasan pada desain dari rangkaian close-loop feedback kontroler. Karakteristik non linear dari motor DC seperti saturasi dan

gesekan dapat menurunkan kinerja dari konvensional Kontrol.(Khanna & Gaur, 2017)

Kontroler PID biasanya digunakan untuk aplikasi kontrol motor karena struktur sederhana dan algoritma kontrol mudah untuk dipahami. Parameter kontroler umumnya di salah menggunakan Try And Error atau metode respon frekuensi Ziegler-Nichols (Patel, 2020). Kedua metode ini memiliki hasil yang sukses tapi cukup lama dan untuk mendapatkan respon sistem yang memuaskan. Dua masalah utama yang dihadapi dalam kontrol motor adalah sifat waktu bervariasi parameter motor dalam kondisi operasi dan adanya noise dalam sistem loop(El-Sharkawi, El-Samahy, & El-Sayed,

1994). Kontrol cerdas berbasis Artificial Intelligent (AI) sudah banyak berkembang untuk memperbaiki kontrol konvensional. Oleh sebab itu pada tugas penelitian ini akan mendesain model kontrol motor DC menggunakan kontrol PID untuk mengontrol kecepatan motor DC (Africa, Abaluna, Abello, & Lalusin, 2020). Kemudian akan menguji kedua kontrol tersebut pada sebuah model motor DC dengan perubahan kecepatan dan perubahan torsi beban. Hasil performance dari Model kontrol DC Series menggunakan PID dengan perubahan kecepatan dan perubahan beban torsi beban didapatkan memiliki steady state error, settling time dan overshoot yang lebih baik [Dwi Hartono, Michael J Burridge]. Dengan latar belakang tersebut diatas penulis terdorong untuk melakukan penelitian dengan judul; Desain Hybrid PID-PSO-ANFIS Controller Untuk Pengaturan Kecepatan Pada Motor DC (Masrukhan, Mulyo, Ajiatmo, & Ali, 2016) (Hartlambang, Nurohmah, & Ali, 2017).

## 2. DESAIN SIMULASI DAN KONTROLLER

### 2.1 Particle Swarm Optimization (PSO)

Particle Swarm Optimization (PSO) diperkenalkan oleh Kennedy dan Eberhard pada tahun 1995. Algoritma ini terinspirasi dari kebiasaan sebuah populasi burung maupun ikan dalam mencari makanan terbaik. Pada algoritma PSO, populasi burung maupun ikan disebut swarm. Sedangkan tiap individu burung maupun ikan disebut particle. Posisi makanan terbaik yang dicapai populasi tersebut merepresentasikan nilai optimal yang dicari pada algoritma PSO (Wang, Tan, & Liu, 2018) (Ali, Budiman, Sujatmika, & Firdaus, 2021) (Ali et al., 2018).

Ketika suatu particle menemukan posisi terbaik, maka particle lainnya akan bergerak menuju pada particle tersebut. Namun ketika terdapat particle lain yang menemukan posisi yang lebih baik dari particle terbaik pertama, maka semua particle akan berubah haluan menuju particle yang lebih baik tersebut. Proses tersebut akan terus berlangsung hingga mendapatkan posisi particle terbaik. Kecepatan pergerakan tiap particle dirumuskan dengan persamaan (1) (Al Hwaitat et al., 2020). Jarak perpindahan particle dari posisi awal menuju particle terbaik didefinisikan dengan persamaan (2). [11]

$$v_i^{k+1} = v_i + c_1 r_1 (Pbest_i - x_i^k) \quad (1)$$

$$c_2 r_2 (Gbest x_i^k) x_i^{k+1} = v_i + v_i^{k+1} \quad (2)$$

$i$  = particle ke-

$k$  = jumlah iterasi

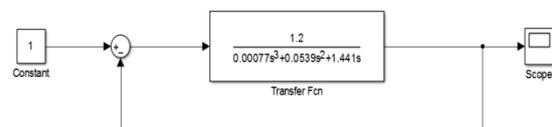
$c_1$  dan  $c_2$  = konstanta

$Pbest$  = posisi terbaik yang pernah dicapai tiap particle,  $Gbest$  = posisi terbaik yang dicapai tiap iterasi

$r_1$  dan  $r_2$  = angka random

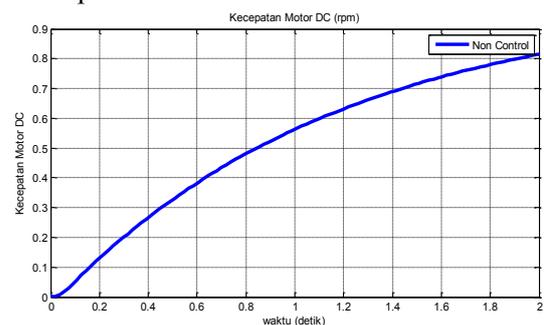
### 2.2 Simulasi Sistem Tanpa Kontroler

Simulasi model motor DC tanpa PID Kontroler dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



**Gambar 1. Model Motor DC tanpa kontroler**

Hasil running program matlab 2013a dapat dilihat pada Gambar. dibawah ini:

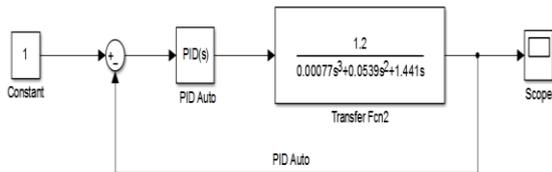


**Gambar 2. Hasil running program simulink motor DC tanpa kontroler.**

Haril hasil grafik di atas dapat diartikan bahwa tidak terjadi overshoots pada kecepatan motor DC, akan tetapi settlingtime motor DC pada saat  $t = 10,4$  detik. Kecepatan motor akan mencapai putaran 200 rpm pada waktu 10,4 detik.

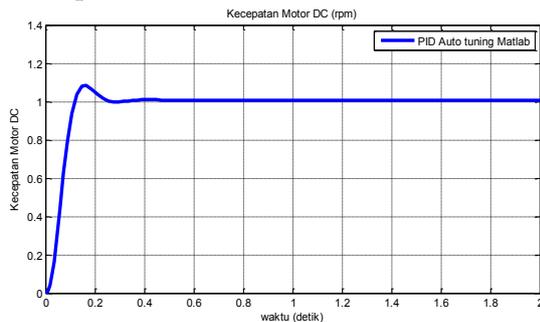
### 2.3 Simulasi Sistem dengan PID Auto Tunning Matlab

Simulasi model motor DC dengan PID Auto Tunning Kontroler dengan nilai  $K_p = 20.1979168476706$ ,  $K_i = 2.86230308484544$ ,  $K_d = 0.126458730626977$  dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



**Gambar 3. Model motor DC dengan PID (Standart) kontroller**

Hasil running program matlab 2013a dapat dilihat pada Gambar 4 di bawah ini:

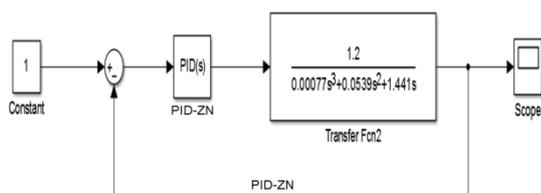


**Gambar 4. Hasil Running Program simulink motor DC Auto Tuning Matlab.**

Haril hasil grafik di atas dapat diartikan bahwa terjadi overshoots maks sebesar 217 rpm pada saat  $t = 0,16$  detik, undershoots 199 pada saat  $0,41$  dengan settlingtime  $5,26$  detik. Kecepatan motor akan mencapai putaran konstan pada waktu  $5,26$  detik.

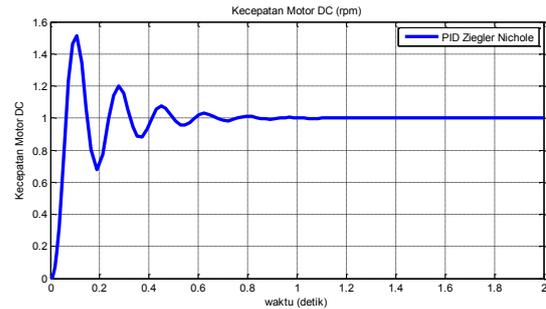
#### 2.4 Simulasi Sistem dengan PID Ziegler-Nichols

Simulasi model motor DC PID Ziegler-Nichols Kontroller dapat dilihat pada gambar 5 di bawah ini:



**Gambar 5. Model motor DC dengan PID Ziegler-Nichols**

Hasil perhitungan  $K_u$  dan  $T_u$  pengaturan kecepatan motor DC dengan PID auto tuning matlab didapatkan nilai konstanta  $K_p = 49,41$ ,  $K_i = 0,01875$  dan  $K_d = 0,075$  Hasil running program matlab 2013a dapat dilihat pada Gambar 6

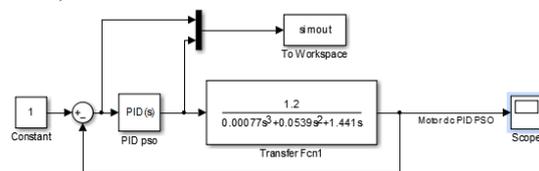


**Gambar 6. Hasil Running Program simulink motor DC Ziegler-Nichols.**

Haril hasil grafik di atas dapat diartikan bahwa terjadi overshoots maks sebesar 297 rpm pada saat  $t = 0,09$  detik, undershoots 136 rpm pada saat  $t = 0,28$  dan 200,7 rpm pada  $t = 0,95$  dengan settlingtime  $1,75$  detik. Kecepatan motor akan mencapai putaran konstan pada waktu  $1,75$  detik.

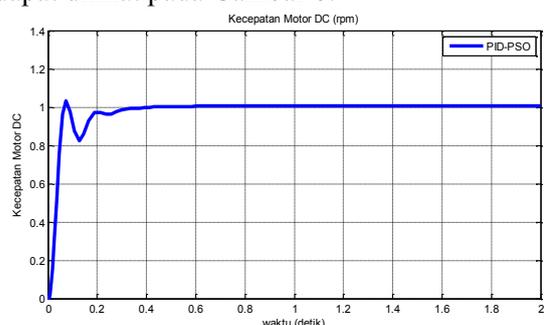
#### 2.5 Pemodelan PID yang ditunning dengan PID-PSO

Simulasi model motor DC dengan PID yang ditunning dengan PSO Kontroller dapat dilihat pada gambar 7. Di bawah ini, untuk memperoleh nilai anfis dengan cara mengolah data yg di peroleh dari PSO yg di simpan di simout(Silarbi, Tlemsani, & Bendahmane, 2021)



**Gambar 7. Model Motor DC dengan PID PSO**

Hasil tuning pengaturan kecepatan motor DC dengan PID yang di tuning menggunakan PSO. Hasil running program matlab 2013a dapat dilihat pada Gambar 8:

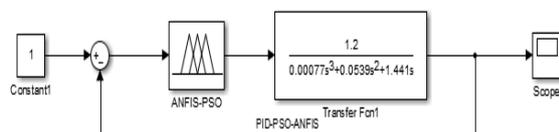


**Gambar 8. hasil running motor DC dengan PID-PSO**

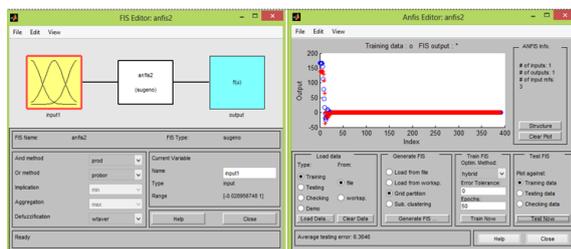
Hasil PID PSO dapat diartikan bahwa terjadi overshoots maks sebesar 268 rpm pada saat  $t = 2,67$  detik, undershoots 185 rpm pada saat 6,45 dengan settlingtime 25,5 detik. Kecepatan motor akan mencapai putaran konstan lebih lama daripada tanpa menggunakan PID controller yaitu pada waktu 25,5 detik.

## 2.6 Pemodelan PID-PSO-ANFIS

Simulasi model motor DC dengan ANFIS yang di training dari PID-PSO Controller dapat dilihat pada gambar 9, dan training data ANFIS dari PID-PSO pada gambar 10. Untuk memperoleh nilai anfis dengan cara mengolah data yg di peroleh dari PSO yg di simpan di simout(Noushabadi, Dashti, Raji, Zarei, & Mohammadi, 2020)

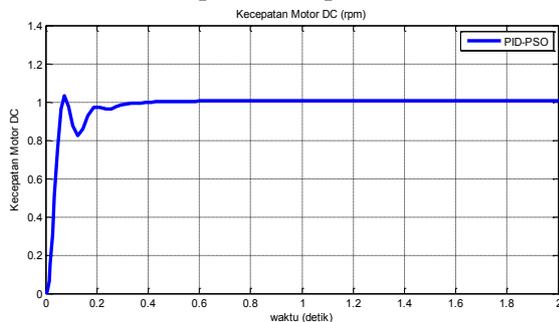


Gambar 9. Desain motor DC dengan PID-PSO-ANFIS



Gambar 10. Training data ANFIS dari PID-PSO

Hasil tuning pengaturan kecepatan motor DC dengan PID-PSO-ANFIS dengan program matlab 2013a dapat dilihat pada Gambar 11



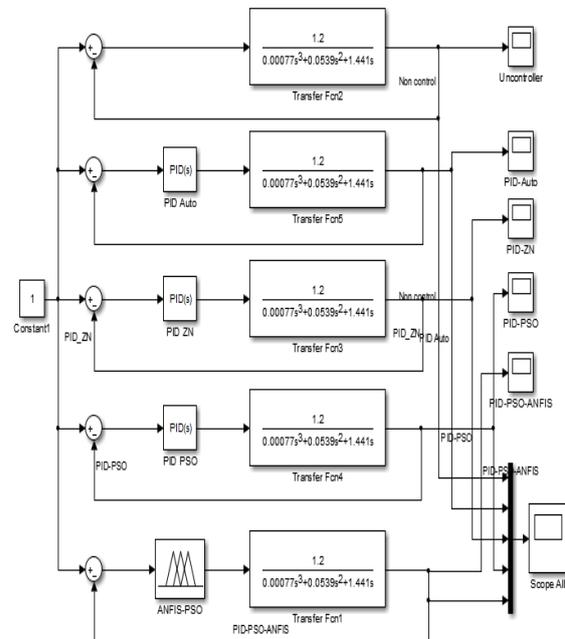
Gambar 11. Hasil Runing program motor DC dengan PID-PSO-ANFIS

Haril hasil grafik di atas dapat diartikan bahwa tidak terjadi overshoots dan undershoots putaran maks sebesar 201 rpm pada saat  $t = 0,8$

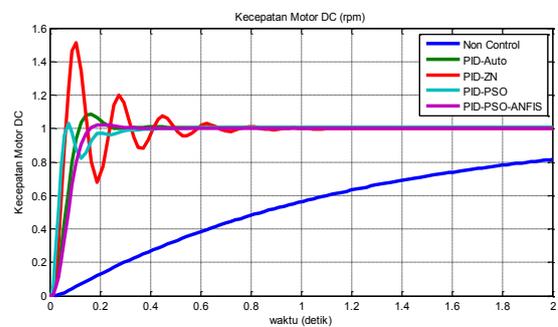
detik, dan settlingtime sebesar 0.8 detik, kecepatan motor mencapai putaran konstan

## 3. HASIL DAN DISKUSI

Simulasi kecepatan motor DC dengan berbagai Controller dapat dilihat pada gambar 12 dan 13:



Gambar 12. Program simulink motor DC berbagai jenis controller



Gambar 14. Hasil Perbandingan Running motor DC berbagai controller

Dari hasil grafik di atas dapat diartikan bahwa : Hasil PID tanpa controller dapat diartikan bahwa tidak terjadi overshoots pada kecepatan motor DC, akan tetapi settlingtime motor DC pada saat  $t = 10,01$  detik. Kecepatan motor akan mencapai putaran 200 rpm pada waktu 10,01 detik. Hasil PID Auto tuning dapat diartikan bahwa terjadi overshoots maks sebesar 217 rpm pada saat  $t = 0,16$  detik, undershoots 198 pada saat 0,41 dengan settlingtime 5,26 detik. Kecepatan motor akan mencapai putaran konstan pada waktu 5,26 detik. Hasil hasil PID Ziegler-Nichols dapat

diartikan bahwa terjadi overshoots maks sebesar 297 rpm pada saat  $t = 0,09$  detik, undershoots 136 rpm pada saat  $t = 0,28$  dan 200,7 rpm pada  $t = 0,95$  dengan settlingtime 1,75 detik. Kecepatan motor akan mencapai putaran konstan pada waktu 1,75 detik. Hasil PID PSO dapat diartikan bahwa terjadi overshoots maks sebesar 268 rpm pada saat  $t = 2,67$  detik, undershoots 185 rpm pada saat 6,45 dengan settlingtime 25,5 detik. Kecepatan motor akan mencapai putaran konstan lebih lama daripada tanpa menggunakan PID controller yaitu pada waktu 25,5 detik. Hasil PID-PSO-ANFIS dapat diartikan bahwa tidak terjadi overshoots dan undershoot, putaran sebesar 201 rpm pada saat  $t = 0,8$  detik dengan settlingtime 0,8 detik kecepatan motor mencapai keadaan konstan. Hasil simulasi dapat dilihat pada tabel 1.

**Tabel 1. Hasil simulasi kontrol kecepatan motor DC**

	Tanpa Kontrol	PID Auto Tunning	PID Ziegler Nichols	PID - PSO	PID-PSO-ANFIS
Kp	-	201,979	49,41	1	-
Ki	-	28,623	0,01875	1	-
Kd	-	0,1264	0,075	0	-
Overshoots (RPM)	-	217 (0,16)	297 (0,09)	268 (2,67)	-
Settling time (Detik)	0,5	0,263	0,88	1,275	0,04
Steady State response	10,1	5,26	1,75	25,5	0,8

## 4. KESIMPULAN

### 4.1 Kesimpulan

Dari hasil running program diatas dapat disimpulkan bahwa tiga controller yang bisa dipakai sebagai acuan yaitu : Hasil PID Auto tuning dapat diartikan bahwa terjadi overshoots maks sebesar 217 rpm pada saat  $t = 0,16$  detik, undershoots 198 pada saat 0,41 dengan settlingtime 5,26 detik. Kecepatan motor akan mencapai putaran konstan pada waktu 5,26 detik. Dari hasil running program didapatkan bahwa model kontrol PID – PSO - ANFIS menghasilkan performa luaran yang paling baik. Hasil optimasi PID – PSO - ANFIS didapatkan tidak terjadi overshoot dan undershoot, settlingtime 0,04 detik kecepatan motor mencapai keadaan konstan dan stabil. Desain ini akan dikembangkan dengan metode kecerdasan buatan dan controller lainnya sehingga diperoleh optimasi paling baik.

### 4.2 Saran-saran

Dari hasil analisis, simulasi dan kesimpulan di atas maka penulis memberikan saran: Dalam

prinsip dasar pemodelan sistem tingkat kerumitan dan kespesifikan dari detail aspek fisik yang didefinisikan sangat menentukan akurasi dari hasil yang diperoleh. Penulis dalam hal ini menyarankan kepada pembaca yang berminat untuk melanjutkan studi ini agar dapat meningkatkan tingkat kerumitan pemodelan sistemnya, sehingga fungsi alih yang dihasilkan lebih akurat dan mewakili gambaran sistem sesungguhnya.

## PUSTAKA

- Africa, A. D. M., Abaluna, D. A. P., Abello, A. J. A., & Lalusin, J. M. B. (2020). Feedforward and feedback dc motor control methods of control systems. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, 8(9), 5586–5592. <http://doi.org/10.30534/ijeter/2020/109892020>
- Al Hwaitat, A. K., Almaiah, M. A., Almomani, O., Al-Zahrani, M., Al-Sayed, R. M., Asaifi, R. M., ... Alsaaidah, A. (2020). Improved security particle swarm optimization (PSO) algorithm to detect radio jamming attacks in mobile networks. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11(4), 614–625. <http://doi.org/10.14569/IJACSA.2020.0110480>
- Ali, M., Budiman, Sujatmika, A. R., & Firdaus, A. A. (2021). Optimization of controller frequency in wind-turbine based on hybrid PSO-ANFIS. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1034(1), 12070. <http://doi.org/10.1088/1757-899x/1034/1/012070>
- Ali, M., Muhlasin, Nurohmah, H., Raikhani, A., Sopian, H., & Sutantra, N. (2018). Combined ANFIS method with FA, PSO, and ICA as Steering Control Optimization on Electric Car. In *2018 Electrical Power, Electronics, Communications, Controls and Informatics Seminar, EECCIS 2018* (pp. 299–304). <http://doi.org/10.1109/EECCIS.2018.8692885>
- El-Sharkawi, M. A., El-Samahy, A. A., & El-Sayed, M. L. (1994). High Performance Drive of DC Brushless Motors Using Neural Network. *IEEE Transactions on*

- Energy Conversion*, 9(2), 317–322.  
<http://doi.org/10.1109/60.300142>
- Hartlambang, Y. G., Nurohmah, H., & Ali, M. (2017). Optimasi Kecepatan Motor DC Menggunakan Algoritma Kelelawar (Bat Algorithm). In *SEMANTIKOM 2017, Universitas Madura* (pp. 1–8). Retrieved from  
[http://semantikom.unira.ac.id/2017/SEMANTIKOM\\_2017\\_paper\\_2.pdf](http://semantikom.unira.ac.id/2017/SEMANTIKOM_2017_paper_2.pdf)
- Khanna, A., & Gaur, T. (2017). Model Predictive Control Of Dc Motor Model In Matlab. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 8(4), 82–85. Retrieved from <http://www.ijser.org>
- Masrukhan, M. N., Mulyo, M. P., Ajiatmo, D., & Ali, M. (2016). Optimasi Kecepatan Motor DC Menggunakan PID dengan Tuning Ant Colony Optimization (ACO) Controller. *Prosiding SENTIA-2016*, 8(1), B49–B52.
- Noushabadi, A. S., Dashti, A., Raji, M., Zarei, A., & Mohammadi, A. H. (2020). Estimation of cetane numbers of biodiesel and diesel oils using regression and PSO-ANFIS models. *Renewable Energy*, 158, 465–473.  
<http://doi.org/10.1016/j.renene.2020.04.146>
- Patel, V. V. (2020). Ziegler-Nichols Tuning Method: Understanding the PID Controller. *Resonance*, 25(10), 1385–1397. <http://doi.org/10.1007/s12045-020-1058-z>
- Silarbi, S., Tlemsani, R., & Bendahmane, A. (2021). Hybrid PSO-ANFIS for speaker recognition. *International Journal of Cognitive Informatics and Natural Intelligence*, 15(2), 96–109.  
<http://doi.org/10.4018/IJCINI.20210401.oa7>
- Wang, D., Tan, D., & Liu, L. (2018). Particle swarm optimization algorithm: an overview. *Soft Computing*, 22(2), 387–408. <http://doi.org/10.1007/s00500-016-2474-6>