

Kontrol Frekuensi Wind-Diesel Menggunakan Hibrid Kontroller PID-BA-ANFIS

Machrus Ali , Miftachul Ulum

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Darul Ulum Jombang

Alamat : Jalan Gus Dur 29 A , Jombang

Universitas Trunojoyo Madura. Raya Telang, Perumahan Telang Inda, Telang,

Kamal, Kabupaten Bangkalan, Jawa Timur 69162

E-mail: machrus7@gmail.com, miftachul.ulum@trunojoyo.ac.id

Abstrak

Sistem wind diesel sangat dipengaruhi oleh besar dan kecepatan angin yang kemudian digabungkan dengan mesin diesel. Optimasi sistem wind-diesel diperlukan untuk mendapatkan kualitas frekuensi yang baik dan daya yang optimal. Tidak optimalnya pengaturan gain dan waktu konstan pada Load Frequency Control (LFC), menyebabkan kemampuannya kesetabilan frekuensi menjadi lemah. Dalam prakteknya, sistem wind-diesel dikendalikan dengan kontroler PID dan Fuzzy Logic Controller. Saat ini pengaturan nilai gain dari PID masih dalam metode konvensional, sehingga sulit untuk mendapatkan nilai optimal. Dalam penelitian ini diterapkan perancangan kontrol dengan menggunakan Metode Cerdas dalam mencari nilai optimum Proportional Integral Derivative (PID) dengan berbasis Bat Algoritma (BA). Sebagai perbandingan, metode digunakan tanpa metode kontrol, metode PID konvensional, metode PID auto tune matlab, metode PID-BA, dan PID-BA-ANFIS. Pemodelan wind-diesel menggunakan fungsi transfer diagram turbin angin dan diesel. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa undershoot terkecil pada PID-BA-ANFIS, overshoot terkecil pada PID-BA-ANFIS, dan settling time tercepat sebesar pada PID-BA-ANFIS. Penelitian ini nantinya bisa diteruskan dengan menggunakan metode kecerdasan buatan lainnya.

Kata Kunci: Anfis, frekuensi, kontrol, wind-diesel

PENDAHULUAN

1.1 Pendahuluan

Dalam penelitian ini mengambil permasalahan tentang sistem hibrid, yaitu PID-BA-ANFIS (PID (*Proportional Integral Derivative* - dengan *Bat Algorithm* dan *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*) . Sistem hibrid adalah suatu jaringan yang terkontrol dari beberapa sumber energi terbarukan seperti turbin angin, photovoltaic, mikrohidro, dan sebagainya. Akan tetapi dalam prakteknya karena adanya perbedaan pengaturan fluktuasi maka hal ini akan berpengaruh terhadap kualitas suplai tenaga yang ada pada sistem hibrid (Bhuvanawari and Balasubramanian, 2010). Pada penelitian sebelumnya studi kestabilan operasi sistem hibrid membahas teknik pengaturan frekwensi serta mendiskusikan teknik gabungan sistem fuel cell dan elektrolisa hibrid untuk meningkatkan kemampuan sistem mikrogrid dalam peningkatan kualitas daya dari permasalahan fluktuasi frekwensi.

Pengaturan yang diajukan dan sistem pemantauan (monitoring) yang dilakkan adalah untuk menjaga kualitas daya, juga untuk menjaga kestabilan fluktuasi frekwensi yang disebabkan adanya daya random pada pembangkitan serta pada sisi beban juga untuk menjaga kestabilan fluktuasi aliran daya pada tieline aliran daya yang diakibatkan fluktuasi frekwensi dari interkoneksi sistem hibrid. Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas pengaturan frekuensi pada Wind-Diesel (Sebastián, 2009). Dari beberapa permasalahan pengaturan frekwensi yang menyebabkan fluktuasi aliran daya pada berbagai jenis pembangkitan sistem hibrid yang terkoneksi.

Referensi

Artificial Intelegent (AI) sering digunakan untuk mengembangkan berbagai keilmuan sebagai control turbin angin (Ali and Robandi, 2015) (Rachman, Muttaqin and Ali, 2017), hybrid wind-diesel (Arrohman *et al.*, 2018) (Nurohmah, Ali and Djalal, 2015) (Djalal and

Ali, 2016), steer kendaraan (Kusuma, Ali and Sutantra, 2016), sebagai kontrol sudu turbin angin (Ali and Robandi, 2015), sebagai kontrol mikrohidro (Siswanto, Kusuma and Raikhani, 2016), sebagai kontrol kecepatan motor DC (Ali and Muhlasin, 2017). Diantaranya juga menggunakan metode Ant Colony Optimization (ACO) (Masrukhan *et al.*, 2016) (Ali, Umami and Sopian, 2015) (Dorigo, Birattari and Stutzle, 2006), Firefly Algorithm (FA) (Ali and Suhadak, 2017) (Nurohmah, Raikhani and Ali, 2017) (Arrohman *et al.*, 2018) (Budiman, Ali and Djalal, 2017), Differential Evolution (DE) (Padhye, Mittal and Deb, 2013), dan Bat Algorithm (BA) (Yang, 2011) (Hartlambang, Nurohmah and Ali, 2017). Maka pada penelitian ini digunakan kecerdasan buatan DE dan BA sebagai tuning PID Controller

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian menggunakan perpaduan (hybrid) antara PID controller dengan Kecerdasan buatan BA dan ANFIS

2.1. PID Kontroller

1. Kontrol Proporsional (Kp)

Kontrol proporsional (P) jika $G(s) = k_p$, dengan k adalah konstanta. Jika $u = G(s) \cdot e$ maka $u = K_p \cdot e$ dengan K_p adalah Konstanta Proporsional. K_p berlaku sebagai penguat tanpa memberikan efek dinamik kepada kinerja kontroler. Penggunaan kontrol P memiliki kelemahan karena tidak dinamik. Tetapi aplikasi-aplikasi dasar yang sederhana kontrol P ini mampu untuk memperbaiki respon transien khususnya rise time dan settling time. Pengontrol proporsional memiliki keluaran yang sebanding/proporsional dengan besarnya sinyal kesalahan (selisih antara besaran yang diinginkan dengan harga aktualnya).

Ciri-ciri kontrol proporsional adalah:

1. Jika nilai K_p kecil, hanya mampu melakukan koreksi kesalahan yang kecil, sehingga akan menghasilkan respon sistem yang lambat.
2. Jika nilai K_p dinaikkan, respon/tanggapan sistem akan mengurangi rise time.
3. Jika nilai K_p terlalu besar akan mengakibatkan sistem bekerja tidak stabil atau respon sistem akan berosilasi.
4. Nilai K_p dapat diset sehingga dapat mengurangi steady state error hingga sangat kecil.

2. Kontrol Integratif (Ki)

Pengontrol Integral (k_i) dapat menghasilkan respon sistem yang memiliki kesalahan keadaan mantap nol (Error Steady State = 0). Jika sebuah pengontrol tidak memiliki unsur integrator, pengontrol proporsional tidak mampu menjamin keluaran sistem dengan kesalahan keadaan mantapnya nol.

Jika $G(s)$ adalah kontrol I maka u dapat dinyatakan sebagai $u(t) = \int e(t) dt$ K_i dengan K_i adalah konstanta Integral, dan dari persamaan di atas, $G(s)$ dapat dinyatakan sebagai $u = K_d \cdot \frac{e}{s}$. Jika $e(T)$ mendekati konstan (bukan nol) maka $u(t)$ akan menjadi sangat besar sehingga diharapkan dapat memperbaiki error. Jika $e(T)$ mendekati nol maka efek kontrol I ini semakin kecil. Kontrol I dapat memperbaiki sekaligus menghilangkan respon steady-state, namun pemilihan K_i yang tidak tepat dapat menyebabkan respon transien yang tinggi sehingga dapat menyebabkan ketidakstabilan sistem. Pemilihan K_i yang sangat tinggi justru dapat menyebabkan output berosilasi karena menambah orde sistem

Keluaran pengontrol ini merupakan hasil penjumlahan yang terus menerus dari perubahan masukannya. Jika sinyal kesalahan tidak mengalami perubahan, maka keluaran akan menjaga keadaan seperti sebelum terjadinya perubahan masukan. Sinyal keluaran pengontrol integral merupakan luas bidang yang dibentuk oleh kurva kesalahan / error.

Ciri-ciri pengontrol integral :

1. Keluaran pengontrol integral membutuhkan selang waktu tertentu, sehingga pengontrol integral cenderung memperlambat respon.
2. Ketika sinyal kesalahan berharga nil, keluaran pengontrol akan bertahan pada nilai sebelumnya.
3. Jika sinyal kesalahan tidak berharga nol, keluaran akan menunjukkan kenaikan atau penurunan yang dipengaruhi oleh besarnya sinyal kesalahan dan nilai K_i .
4. Konstanta integral K_i yang berharga besar akan mempercepat hilangnya offset. Tetapi semakin besar nilai konstanta K_i akan mengakibatkan peningkatan osilasi dari sinyal keluaran pengontrol.

3. Kontrol Derivatif (Kd)

Keluaran pengontrol diferensial memiliki sifat seperti halnya suatu operasi derivatif.

Perubahan yang mendadak pada masukan pengontrol akan mengakibatkan perubahan yang sangat besar dan cepat. Ketika masukannya tidak mengalami perubahan, keluaran pengontrol juga tidak mengalami perubahan, sedangkan apabila sinyal masukan berubah mendadak dan menaik (berbentuk fungsi *step*), keluaran menghasilkan sinyal berbentuk impuls. Jika sinyal masukan berubah naik secara perlahan (fungsi *ramp*), keluarannya justru merupakan fungsi *step* yang besar magnitudenya sangat dipengaruhi oleh kecepatan naik dari fungsi *ramp* dan factor konstanta K_d .

Sinyal kontrol u yang dihasilkan oleh kontrol D dapat dinyatakan sebagai $G(s)=s.K_d$. Dari persamaan di atas, nampak bahwa sifat dari kontrol D ini dalam konteks “kecepatan” atau rate dari error. Dengan sifat ini ia dapat digunakan untuk memperbaiki respon transien dengan memprediksi error yang akan terjadi. Kontrol Derivative hanya berubah saat ada perubahan error sehingga saat error statis kontrol ini tidak akan bereaksi, hal ini pula yang menyebabkan kontroler Derivative tidak dapat dipakai sendiri

Ciri-ciri pengontrol derivatif :

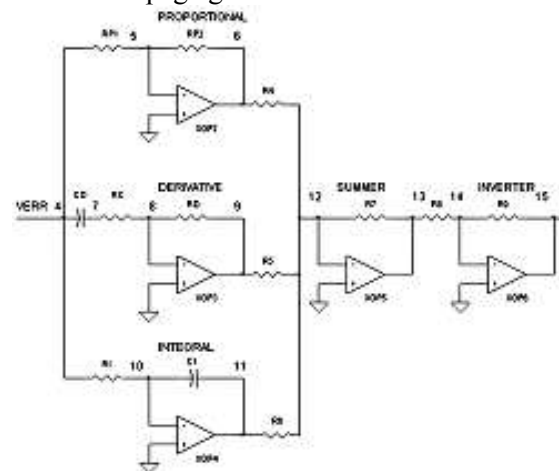
1. Pengontrol tidak dapat menghasilkan keluaran jika tidak ada perubahan pada masukannya (berupa perubahan sinyal kesalahan)
2. Jika sinyal kesalahan berubah terhadap waktu, maka keluaran yang dihasilkan pengontrol tergantung pada nilai K_d dan laju perubahan sinyal kesalahan.
3. Pengontrol diferensial mempunyai suatu karakter untuk mendahului, sehingga pengontrol ini dapat menghasilkan koreksi yang signifikan sebelum pembangkit kesalahan menjadi sangat besar. Jadi pengontrol diferensial dapat mengantisipasi pembangkit kesalahan, memberikan aksi yang bersifat korektif dan cenderung meningkatkan stabilitas sistem.
4. Dengan meningkatkan nilai K_d , dapat meningkatkan stabilitas sistem dan mengurangi *overshoot*.

Kontrol PID (*Proportional Integral Derivative*) 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. K_p , dinaikkan dari 0 hingga nilai kritis K_p , sehingga diperoleh keluaran yang terus-menerus berosilasi dengan amplitudo yang sama. Nilai kritis K_p ini disebut sebagai *ultimated gain*. Nilai *ultimated period*, T_u , diperoleh setelah keluaran sistem mencapai kondisi yang terus menerus berosilasi.

4. OpAmp Sebagai PID Controller

Kontroler PID membawa sistem output berupa suhu, kecepatan, cahaya - untuk set point yang diinginkan dapat menyesuaikan dengan cepat dan akurat. Meskipun ada sejumlah cara untuk melakukannya, sirkuit di bawah memisahkan tiga istilah dalam tiga rangkaian op amp individu. Kami akan membangun di SPICE, menguji setiap istilah dan akhirnya menempatkannya di dalam controller kecepatan motor bagi Anda untuk menyetel. Berikut ini ditunjukkan secara singkat dari PID Control. Gambar rangkaian bias dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian Op-Amp sebagai PID controller

2.2. Bat Algorithm (BA)

Berdasarkan persamaan konsep ekolokasi dari kelelawar pada pembahasan sebelumnya maka berikut ini akan di berikan suatu pseudocode dari algoritma kelelawar yang dikembangkan oleh Yang. Pseudocode BA dapat dilihat pada gambar 2.

Fungsi objektif $f(x)$, $x = (x_1, \dots, x_d)^T$
--

```

Inisiasi populasi kelelawar  $x_i$ , ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) dan  $v_i$ 
Definisikan frekuensi  $f_i$  pada  $x_i$ 
Inisiasi laju emisi gelombang  $r_i$  dan tingkat kekerasan  $A_i$ 
while ( $t < \text{iterasi maksimum}$ )
  Bangkitkan solusi baru dengan mengatur frekuensi
  Perbaharui kecepatan dan lokas
  if ( $\text{rand} > r_i$ )
    pilih solusi diantara solusi terbaik
    bangkitkan solusi lokal diantara solusi terbaik
  end
  if ( $\text{rand} < A_i$  &  $f(x_i) < f(x_*)$ )
    terima solusi yang baru
    perbaharui  $r_i$  dan  $A_i$ 
  end
Urutkan setiap kelelawar dan pilih  $x_*$  yang baru
End
    
```

Gambar 2. Pseudocode Bat Algorithm(Hassanien and Emary, 2015)(Kusuma, Ali and Sutantra, 2016)(Hartlambang, Nurohmah and Ali, 2017)

2.3. Adaptive Neuro Fuzzy Inference System.

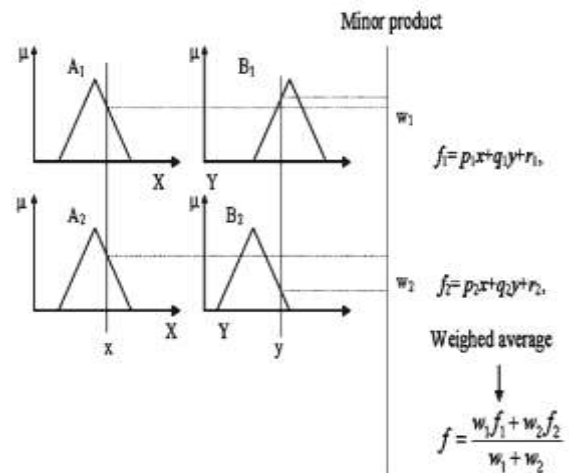
Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) adalah penggabungan mekanisme fuzzy inference system yang digambarkan dalam arsitektur jaringan syaraf. Sistem inferensi fuzzy yang digunakan adalah sistem inferensi fuzzy model Tagaki-Sugeno-Kang (TSK) orde satu dengan pertimbangan kesederhanaan dan kemudahan komputasi.

Salah satu contoh ilustrasi mekanisme inferensi fuzzy TSK orde satu dengan dua masukan x dan y (Gambar 2). Basis aturan dengan dua aturan fuzzy if-then seperti dibawah ini:

Rule 1 : if x is A_1 and y is B_1 then $f_1 = p_1x + q_1y + r_1$

Rule 2 : if x is A_2 and y is B_2 then $f_2 = p_2x + q_2y + r_2$

Input: x and y . Consequent is f .



Gambar 2. Fuzzy inference system

PEMBAHASAN

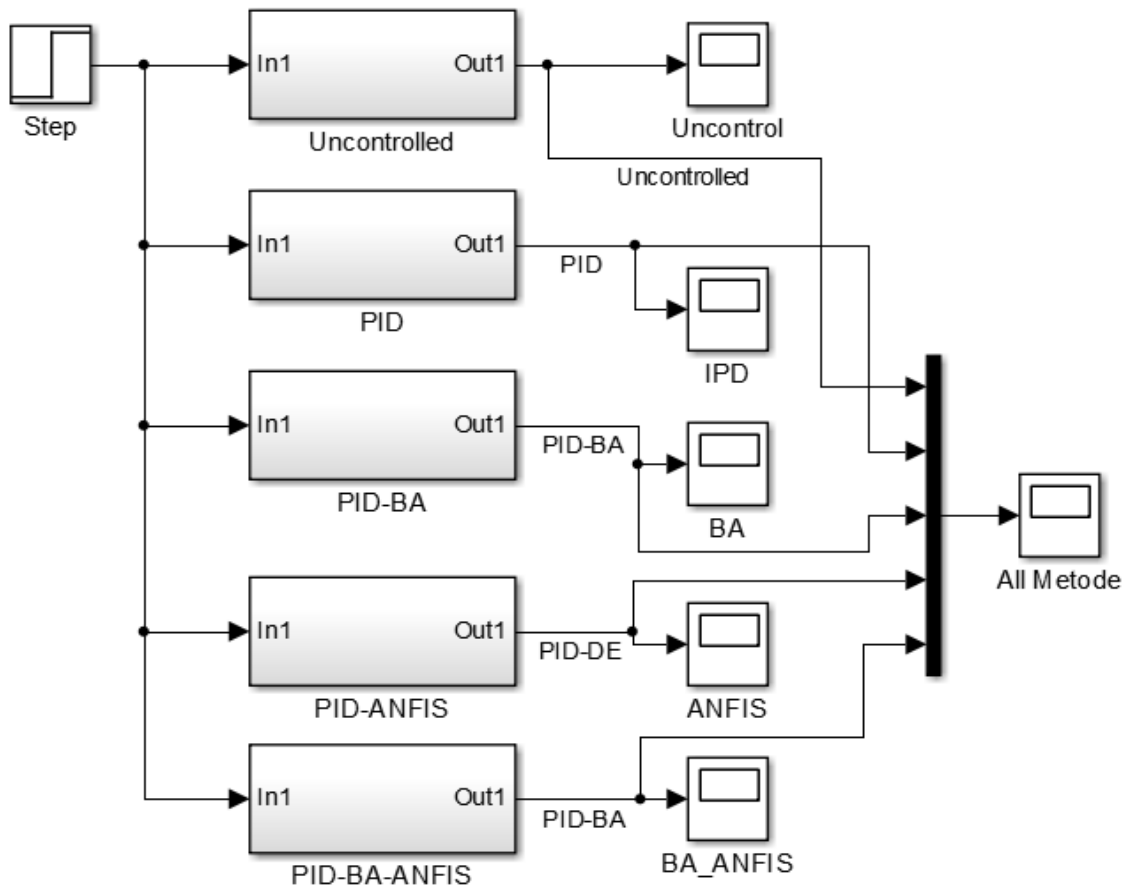
a. Konstanta PID Wind-Diesel

Dengan memasukkan parameter-parameter dan running program pada plant pembangkit hibrid wind-diesel didapatkan nilai konstanta PID pada masing-masing model. Konstanta K_p , K_i dan K_d pada PID dapat dilihat pada table 1. dibawah ini:

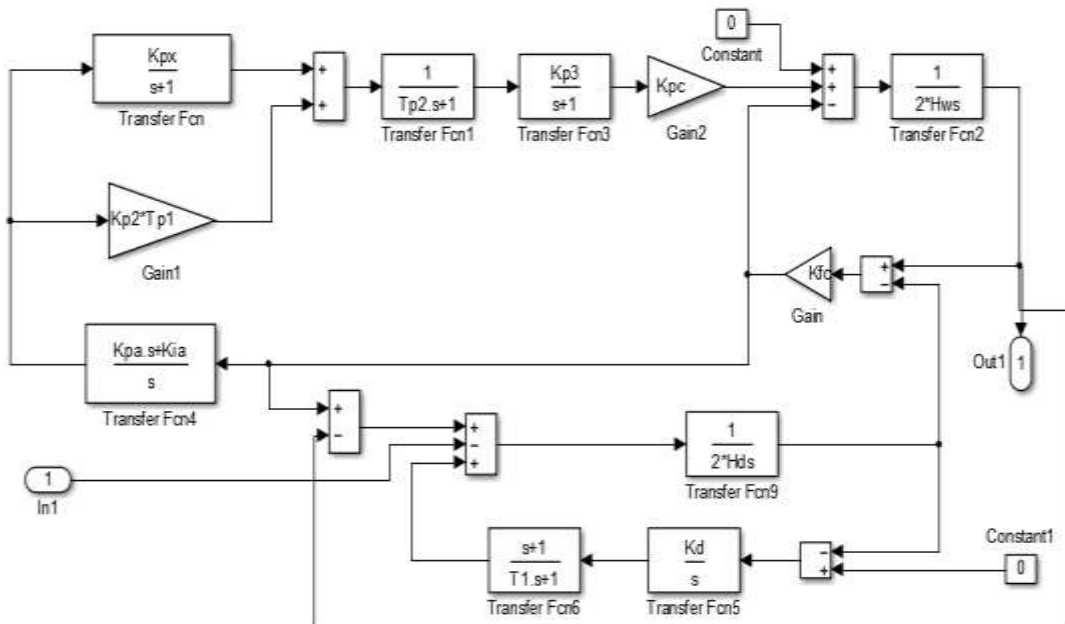
Tabel 1. Konstanta PID Wind Diesel

	Unc	PID	BA
K_p	-	1	4.94284
K_i	-	1	0.49509
K_d	-	0	4.84530

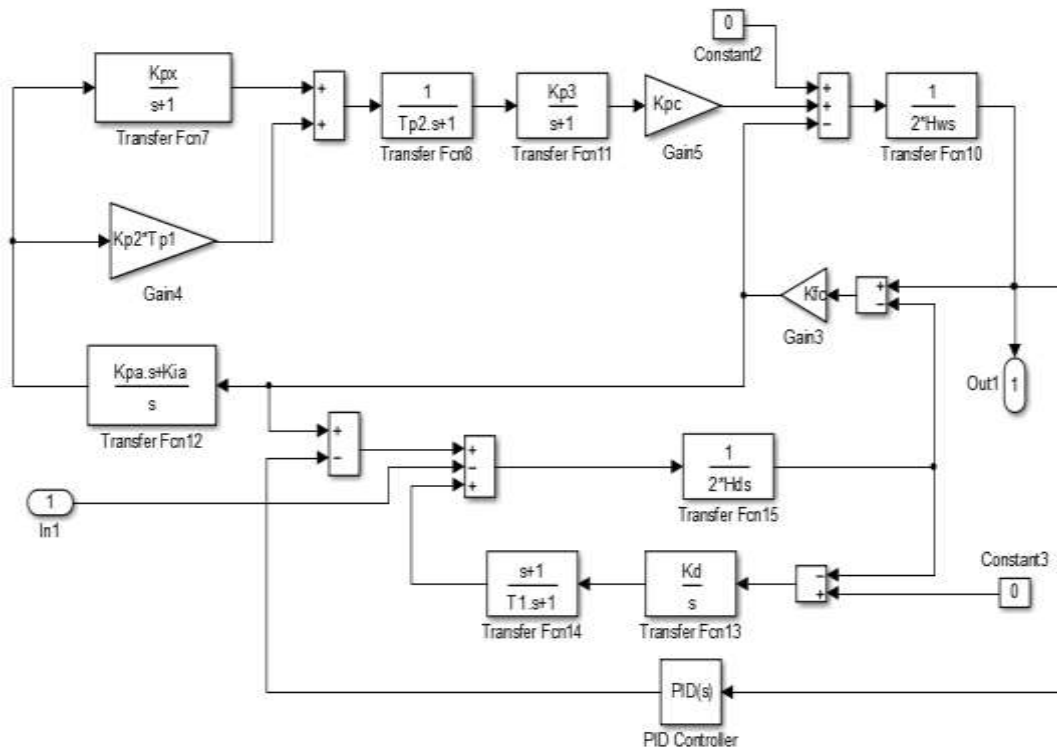
Gambar blok rancangan simulasi Wind-Diesel dapat dilihat pada gambar 3:



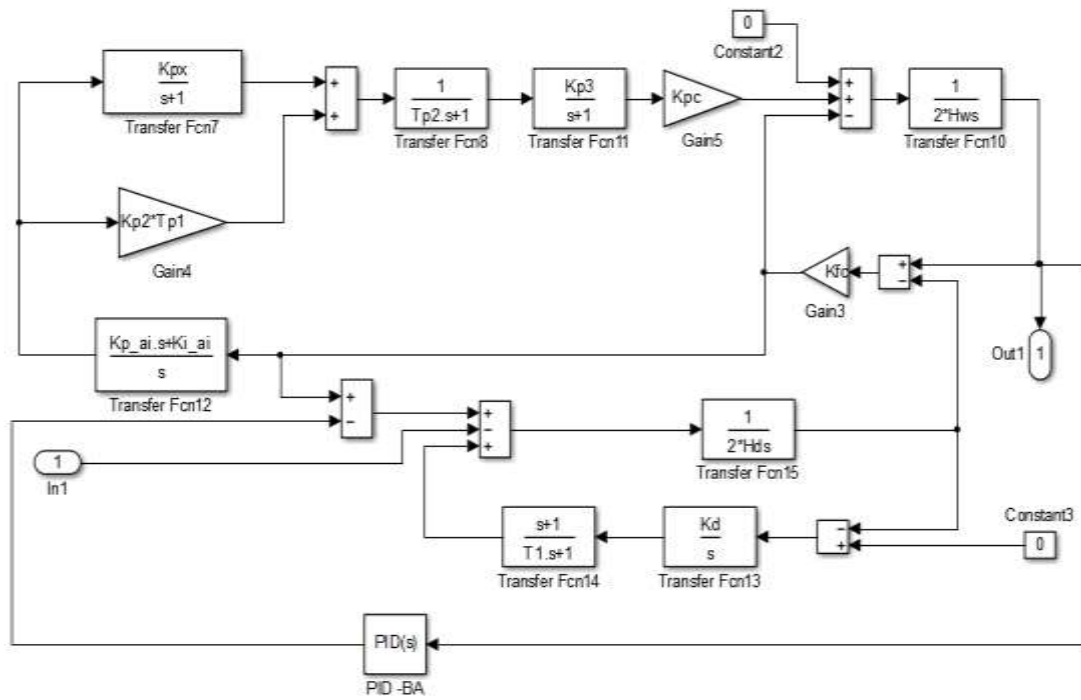
(a)



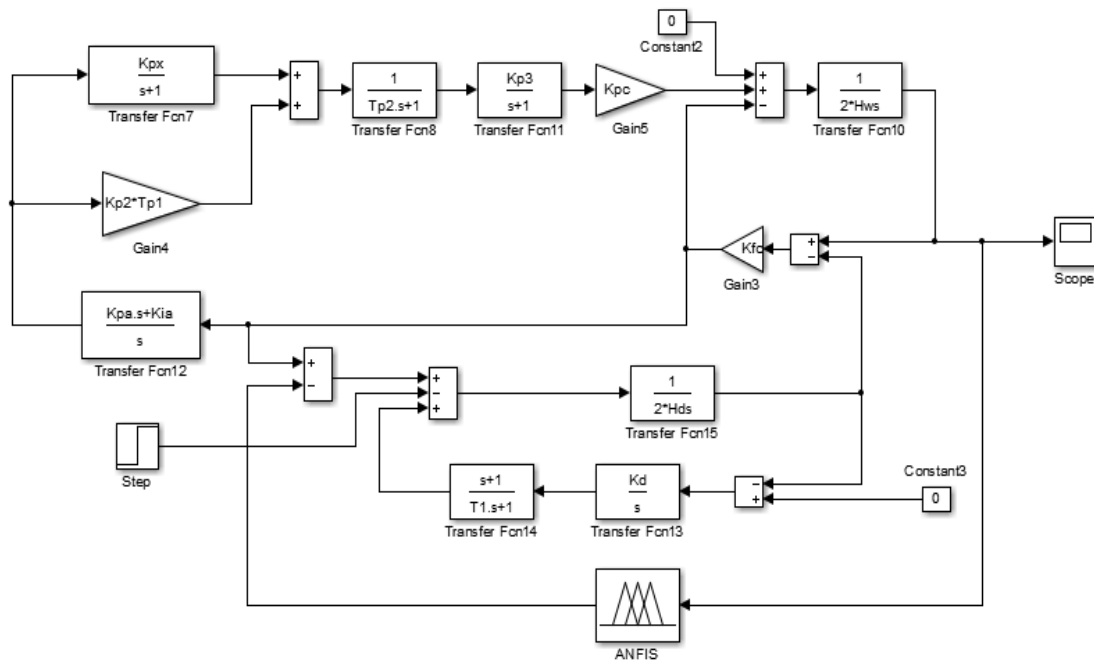
(b)



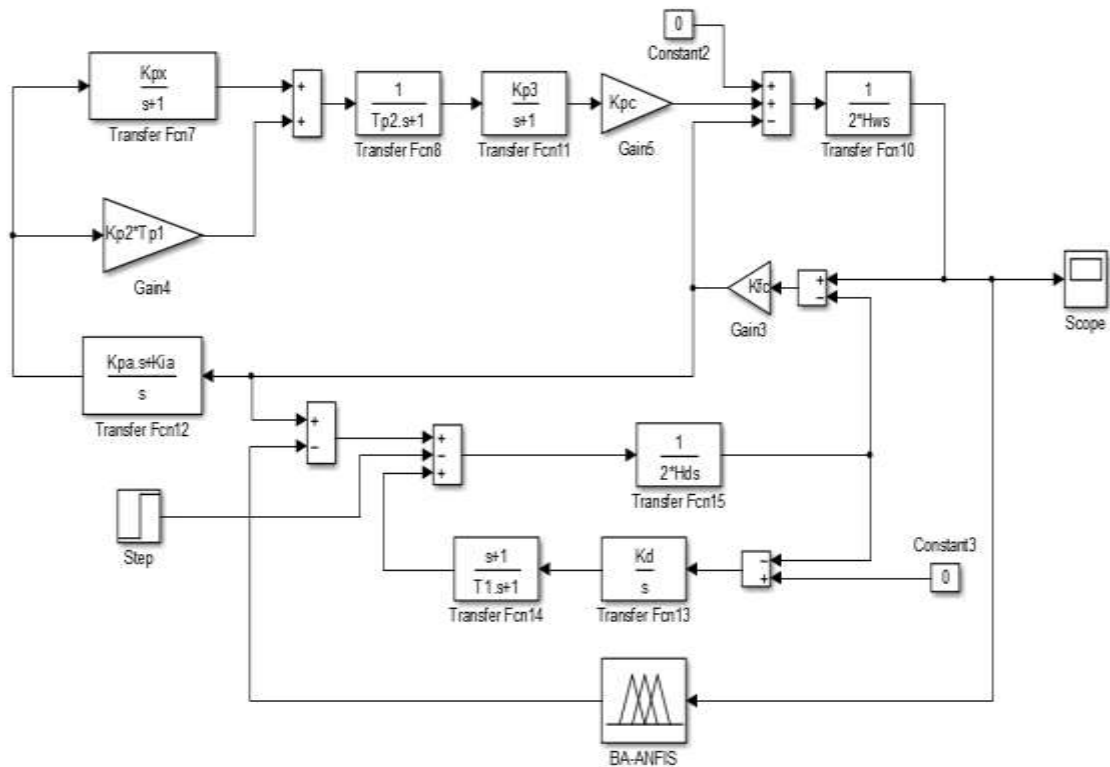
(c)



(d)



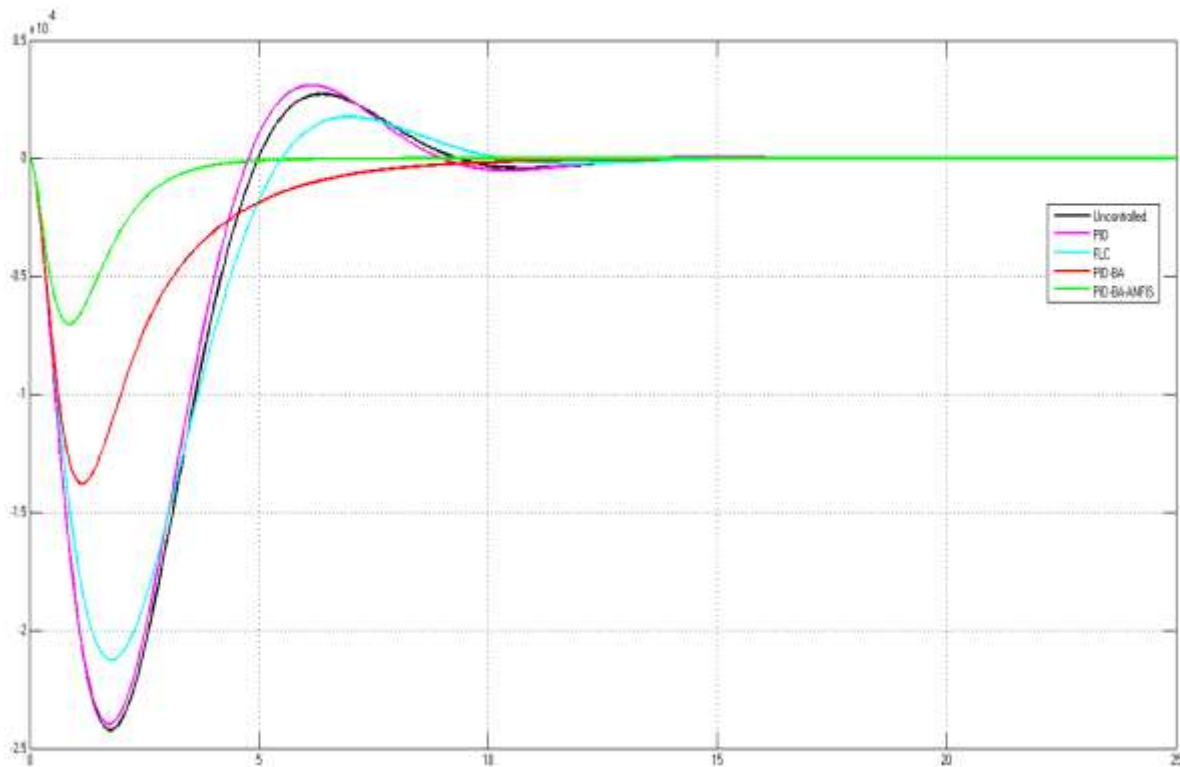
(d)



(e)

Gambar 3. (a) Desain controller, (b) tanpa kontrol, (c) dengan PID kontrol, (d) dengan PID-BA control, (e) dengan PID-BA-ANFIS controller Pemodelan blok Wind-Diesel.

Hasil penelitian dari beberapa metode kontrol dapat digambarkan pada gambar 4.



Gambar 4. Hasil Respon Wind Diesel berbagai Kontroler

Dari hasil grafik diatas dapat dijelaskan sebagai berikut: tanpa controller didapatkan nilai undershoot sebesar $-2.4243e-4$ overshoot sebesar $2.7225e-05$ settling time sebesar 24.82s, PID didapatkan nilai undershoot sebesar $-2.21763e-04$ overshoot sebesar $3.1054e-05$ settling time sebesar 23.23s, PID-BA didapatkan nilai undershoot sebesar $-1.7262e-04$ overshoot sebesar 0 settling time sebesar 22.53s, dan PID-BA-ANFIS didapatkan nilai undershoot sebesar $-1.438e-04$ overshoot sebesar 0 (nol) settling time sebesar 20.23s

2. KESIMPULAN

Gabungan kontrol (*Hybrid*) antara PID, BA dan ANFIS dapat memperbaiki hasil control yang lebih optimal dibandingkan dengan control PID biasa, PID yang detuning dengan BA. Hasil simulasi menunjukkan bahwa PID-BA-ANFIS mempunyai settling time lebih cepat dengan tanpa overshoot. Penelitian ini akan dikembangkan dengan menggunakan kecerdasan buatan lainnya, sehingga ditemukan metode terbaik untuk control frekuensi wind-diesel. Sehingga akan didapatkan hasil optimasi control yang terbaik.

PUSTAKA

Ali, M. and Muhlasin, M. (2017) 'Auto-Tuning Method for Designing Matlab DC Motor Speed Control With PID (Proportional Integral Derivative)', *ADRI International Journal of Sciences, Engineering and Technology*, 1(2), pp. 5–8.

Ali, M. and Robandi, I. (2015) 'Desain Pitch Angle Controller Turbin Angin Dengan Permanent Magnetic Synchronous Generator (PMSG) Menggunakan Imperialist Competitive Algorithm (ICA)', *Prosiding SENTIA 2015 – Politeknik Negeri Malang*, 7(1), pp. 2085–2347. Available at: <http://sentia.polinema.ac.id/index.php/SENTIA2015/article/view/186>.

Ali, M. and Suhadak, A. (2017) 'Optimisasi Steering Control Mobil Listrik Auto-Pilot Menggunakan Metode Firefly Algorithm (FA)', in *Semnasinotek 2017, UN PGRI, Kediri*. Kediri, pp. 61–68.

Ali, M., Umami, I. and Sopian, H. (2015) 'Optimisasi Steering Control Mobil Listrik Auto-Pilot Menggunakan Metode Ant Colony Optimization (ACO)', *Jurnal Intake*, 6(1), pp. 34–50. Available at: <http://ejournal.undar.ac.id/index.php/intake/article/view/367>.

- Arrohman, M. *et al.* (2018) 'Optimasi Frekuensi Kontrol pada Sistem Hybrid Wind-Diesel Menggunakan PID Kontroler Berbasis ACO dan MFA', *Jurnal Rekayasa Mesin*, 9(1), pp. 65–68. doi: 10.21776/ub.jrm.2018.009.01.10.
- Bhuvanewari, G. and Balasubramanian, R. (2010) 'Hybrid wind-diesel energy systems', in *Stand-Alone and Hybrid Wind Energy Systems - Technology, Energy Storage and Applications*, pp. 191–215. doi: 10.1533/9781845699628.2.191.
- Budiman, Ali, M. and Djalal, M. R. (2017) 'Kontrol Motor Sinkron Permanen Magnet Menggunakan Algoritma Firefly', in *SEMANTIKOM 2017, Universitas Madura*. Pamekasan, pp. 9–16. Available at: http://semantikom.unira.ac.id/2017/SEMANTIKOM_2017_paper_3.pdf.
- Djalal, M. R. and Ali, M. (2016) 'Particle Swarm Optimization Untuk Mengontrol Frekuensi Pada Hibrid Wind-Diesel', *Jurnal Intake*, 7(2), pp. 1–13. Available at: <http://ejournal.undar.ac.id/index.php/intake/article/view/372>.
- Dorigo, M., Birattari, M. and Stutzle, T. (2006) 'Ant colony optimization', *IEEE Computational Intelligence Magazine*, 1(4), pp. 28–39. doi: 10.1109/MCI.2006.329691.
- Hartlambang, Y. G., Nurohmah, H. and Ali, M. (2017) 'Optimasi Kecepatan Motor DC Menggunakan Algoritma Kelelawar (Bat Algorithm)', in *SEMANTIKOM 2017, Universitas Madura*. Pamekasan, pp. 1–8. Available at: http://semantikom.unira.ac.id/2017/SEMANTIKOM_2017_paper_2.pdf.
- Hassanien, A. and Emary, E. (2015) 'Bat Algorithm (BA)', in *Swarm Intelligence*, pp. 15–44. doi: 10.1201/b19133-3.
- Kusuma, D. H., Ali, M. and Sutantra, N. (2016) 'The comparison of optimization for active steering control on vehicle using PID controller based on artificial intelligence techniques', in *2016 International Seminar on Application for Technology of Information and Communication (ISEMANTIC)*. IEEE, pp. 18–22. doi: 10.1109/ISEMANTIC.2016.7873803.
- Masrukhan, M. N. *et al.* (2016) 'Optimasi Kecepatan Motor DC Menggunakan Pid Dengan Tuning Ant Colony Optimization (ACO) Controller', in *SENTIA-2016, Polinema, Malang*. Malang, pp. B49–B52. Available at: <http://sentia.polinema.ac.id/index.php/SENTIA-2016/article/view/76>.
- Nurohmah, H., Ali, M. and Djalal, M. R. B. (2015) 'Desain Frekuensi Kontrol pada Hibrid Wind-Diesel Dengan PID-Imperialist Competitive Algorithm (ICA)', *Jurnal Intake*, 6(2), pp. 35–42. Available at: <http://ejournal.undar.ac.id/index.php/intake/article/view/405>.
- Nurohmah, H., Raikhani, A. and Ali, M. (2017) 'Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Radial Menggunakan Modified Firefly Algorithms (MFA) Pada Penyulang Tanjung Rayon Jombang', *JEEE-U (Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA)*, 1(2), p. 13. doi: 10.21070/jeee-u.v1i2.1064.
- Padhye, N., Mittal, P. and Deb, K. (2013) 'Differential evolution: Performances and analyses', in *2013 IEEE Congress on Evolutionary Computation, CEC 2013*, pp. 1960–1967. doi: 10.1109/CEC.2013.6557799.
- Rachman, M. F., Muttaqin, S. and Ali, M. (2017) 'Penggunaan Metode Imperialist Competitive Algorithm (ICA) untuk kontrol Frekuensi pada Wind-Turbine dan Hybrid Wind-Diesel', in *SAINTEK II-2017, UB, Malang*. Malang: Universitas Brawijaya, Malang, pp. 99–102. Available at: <http://saintek.ub.ac.id/prosiding/e19.pdf>.
- Sebastián, R. (2009) 'Simulation of the transition from wind only mode to wind diesel mode in a no-storage wind diesel system', *IEEE Latin America Transactions*, 7(5), pp. 539–544. doi: 10.1109/TLA.2009.5361191.
- Siswanto, T., Kusuma, D. H. and Raikhani, A. (2016) 'Desain Optimal Load Frequency Control (Lfc) Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pltmh) Menggunakan Metode Particle Swarm Optimization (Pso) B-35 B-36', *Prosiding SENTIA 2016 – Politeknik Negeri Malang*, 8, pp. 35–39.
- Yang, X. (2011) 'Bat Algorithm for Multiobjective Optimization', *International Journal of Bio-Inspired Computation*, 3(5), pp. 267–274. doi: 10.1504/IJBIC.2011.042259.