

## *Flower Polination Algorithm Sebagai Optimalisasi LFC Pada Hybrid Pembangkit Wind-Diesel*

Machrus Ali <sup>1\*</sup>, Agus Siswanto <sup>2</sup>, Mudofar Baehaqi <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Teknik Elektro, Universitas Darul Ulum

<sup>2,3</sup> Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 1945 Cirebon

<sup>1</sup> machrus7@gmail.com, <sup>2</sup> asiswanto.untagcrb@gmail.com, <sup>3</sup> mudofarbaehaqi@gmail.com

### Article Info

#### Article history:

Received February 22<sup>th</sup>, 2024

Revised March 4<sup>th</sup>, 2024

Accepted May 23<sup>th</sup>, 2024

#### Keyword:

Wind Diesel

PID

LFC

FPA

### ABSTRACT

As input power, the amount of wind and wind speed greatly influences the wind power generation system. A combination of a wind-diesel power generation system is needed to obtain optimal power quality. A hybrid system is a controlled network of multiple renewable energy generators such as wind turbines, solar cells, micro-hydro, and so on. Gain settings that are not optimal and the time constant is small in Load Frequency Control (LFC), causing its ability to be weak (weak line). In practice, the wind-diesel system is controlled with a PID controller. Setting the gain value of the PID is still in the conventional method, so it is difficult to get the optimal value. In this research, a control design was implemented using the Smart Method to find the optimum value of the Proportional Integral Derivative (PID) based on the FPA (Flower Pollination Algorithm). For comparison, methods were used without control methods, conventional PID methods, PID Auto tuning methods, and FPA (Flower Pollination Algorithm) methods. Wind-diesel modeling uses transfer function diagrams of wind and diesel turbines. This study compares several uncontrolled methods and conventional PID, PID-Auto tuning, and PID-FPA. The results of the research that has been carried out show that the smallest undershoot is  $-1.187 \cdot 10^{-04}$  for PID-FPA, the smallest overshoot is 0 for PID-FPA, and the fastest settling time is 9.827 s for PID-FPA. So it can be concluded that PID-FPA is the best controller in this research. This research can later be continued using other artificial intelligence methods.

Copyright © 2024 FORTEI Regional VII Jawa Timur.  
All rights reserved.

### Corresponding Author:

Machrus Ali

Email: machrus7@gmail.com

## 1. PENDAHULUAN

Saat ini semakin banyak energi yang digunakan masyarakat menggunakan energi terbarukan. Generator dapat menggunakan tenaga angin untuk menghasilkan energi listrik[1]. Namun, karena kondisi angin tidak stabil di beberapa tempat, pembangkit lain harus digunakan untuk memaksimalkan kinerja pembangkit listrik ini dengan menggunakan diesel. Karena kinerjanya yang lebih baik dibandingkan dengan *Wind Stand Alone*, *Hybrid Wind-Diesel* akan memenuhi kebutuhan konsumen dengan sempurna[2]. Jaringan yang mendukung berbagai sumber energi terbarukan, seperti turbin angin, photovoltaic, dan mikrohidro, dikenal sebagai sistem hybrid. Namun, dalam kehidupan nyata, pengaturan fluktuasi frekuensi berbeda, yang berdampak pada kualitas pasokan daya sistem *hybrid*. Kontroler digunakan untuk aplikasi kontrol frekuensi yang strukturnya sederhana dan algoritmanya mudah dipahami.

Untuk menghindari *lossis* pada beban dan pembangkitan tenaga listrik, ketidakstabilan frekuensi sangat diperhatikan. Ketidakstabilan frekuensi dapat berupa kestabilan frekuensi jangka panjang atau jangka pendek. Ketidakstabilan frekuensi jangka pendek terjadi ketika pembangkit yang bekerja secara mandiri mengalami under frequency karena pembangkit tidak mampu memenuhi beban daya listrik yang dibutuhkannya, sehingga pemadaman terjadi pada pelanggan dalam beberapa detik. Pada situasi yang lebih kompleks, ketidakstabilan frekuensi jangka panjang dapat terjadi karena proteksi dan pengaturan reactor atau boiler, atau karena kontrol turbin yang terlalu cepat. Ini dapat menyebabkan sistem[3][4]

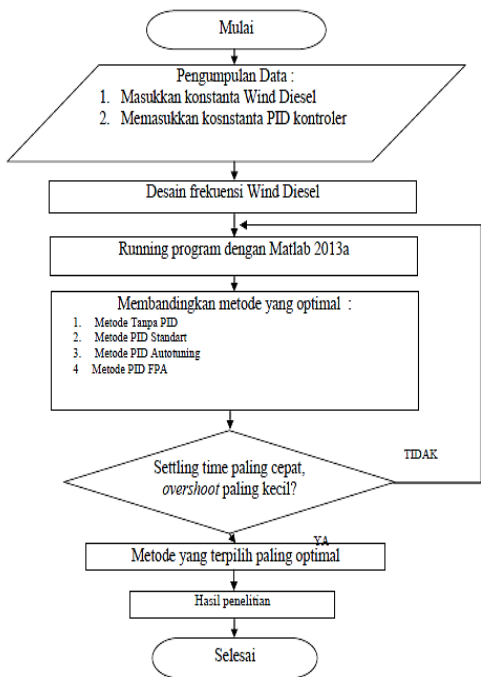
Kebutuhan industri berbasis otomasi semakin meningkat sebagai akibat dari kemajuan teknologi. Sistem kontrol yang andal diperlukan untuk meningkatkan keandalan dan efisiensi. Salah satu contoh otomatisasi

industri penting adalah mengontrol proses pemanasan sistem tungku. Untuk menghasilkan produk dengan nilai tambah yang tinggi, pengendalian proses harus diperhatikan. Parameter kontrol proses harus disesuaikan agar kinerja sistem memenuhi tujuan operasi. Untuk mendapatkan hasil kontrol suhu yang baik, optimalisasi diperlukan karena kontrol konvensional memberikan hasil yang tidak stabil dan tidak efisien. Metode yang telah diteliti dan berhasil dalam optimasi sistem kontrol PID adalah *Particle Swarm Optimization* (PSO)[5][6][7], *Firefly Algorithm* (FA)[8][9][10][11], *Imperialist Competitive Algorithm* (ICA)[12][13], *Bat algorithm* (BA)[14][15], *Ant Colony Optimization* (ACO)[16], dan *Flower Pollination Algorithm* (FPA)[17][18]. Setiap metode memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing.

**2. METODE PENELITIAN**

**A. Diagram Alir Penelitian**

Metoda dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

**B. Flower Pholination Algorithm (FPA)**

Flower Pholination Algorithm (FPA) adalah metode yang mengambil dari proses penyerbukan Bunga. Diperkirakan ada lebih dari seperempat juta jenis tanaman layu di Alam dan sekitar 80% dari semua jenis tumbuhan mengambang spesies. Tanaman berbunga telah berkembang sekurang-kurangnya lebih dari 125 juta tahun dan telah menjadi sangat penting dalam evolusi, tak terbayangkan seperti apa wujud tanaman dunia tanpa adanya. Tujuan utama seorang ower pada akhirnya adalah reproduksi melalui penyerbukan.

Penyerbukan bunga biasanya terkait dengan transfer serbuk sari, dan pengalihan tersebut sering

dikaitkan dengan penyerbuk seperti nsek, burung, kelelawar dan hewan lainnya. Sebenarnya, beberapa serangga dan serangga telah berevolusi menjadi kemitraan ower-pollinator yang sangat khusus. Sebagai contoh, beberapa owers hanya bisa menarik dan hanya bisa bergantung pada spesies serangga atau burung tertentu untuk penyerbukan yang berhasil.

Penyerbukan bisa mengambil dua bentuk utama: abiotik dan biotik. Sekitar 90% tanaman layu termasuk dalam penyerbukan biotik. Artinya, serbuk sari ditransfer oleh penyerbuk seperti serangga dan hewan. Sekitar 10% penyerbukan mengambil bentuk abiotik yang tidak memerlukan penyerbuk. Angin dan betina membantu penyerbukan tanaman yang mengiringinya, dan rumput adalah contoh bagus penyerbukan abiotik. Penyerbuk, atau kadang disebut vektor serbuk sari, bisa sangat beragam. Diperkirakan setidaknya ada sekitar 200.000 varietas penyerbuk seperti serangga, kelelawar dan burung.

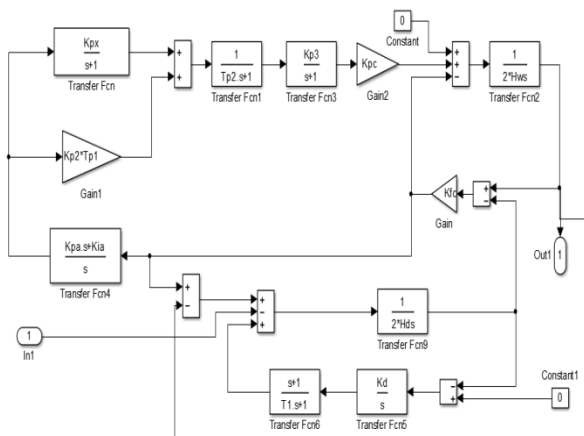
*Honeybees* adalah penyerbuk yang mengembangkan *ower constancy* yang cenderung mengunjungi spesies ower tertentu secara eksklusif sementara melewati spesies ower lainnya. Keteguhan seperti itu mungkin memiliki keuntungan evolusioner karena ini akan memaksimalkan transfer serbuk sari ower ke tanaman yang sama atau konsekuen, dan dengan demikian memaksimalkan reproduksi spesies ower yang sama. Keteguhan seperti itu mungkin menguntungkan bagi penyerbuk juga, karena mereka dapat memastikan bahwa persediaan nektar tersedia dengan memori terbatas mereka yang tidak terbatas biaya belajar, beralih atau menjelajahi. Alih-alih berfokus pada beberapa spesies ower baru yang tidak dapat diprediksi namun berpotensi lebih menguntungkan, keteguhan mungkin memerlukan biaya investasi minimum dan kemungkinan asupan nektar yang lebih tinggi.

Penyerbukan dapat dicapai dengan penyerbukan sendiri atau penyerbukan silang. Penyerbukan silang, atau al-logamy, berarti penyerbukan dapat terjadi dari serbuk sari di tanaman yang berbeda, sementara penyerbukan sendiri adalah pemupukan satu ower, seperti persik, dari serbuk sari dari ower atau oferan yang sama. dari tanaman yang sama, yang sering terjadi bila tidak ada penyerbuk yang andal tersedia. Biotik, penyerbukan silang dapat terjadi pada jarak jauh, dan penyerbuk seperti lebah, kelelawar, burung dan burung dapat berada pada jarak yang jauh, sehingga dapat dianggap sebagai penyerbukan global. Selanjutnya, ketentruman ower dapat dianggap sebagai langkah kenaikan dengan menggunakan kemiripan atau perbedaan dua owers.

**B. Pemodelan**

**a) Model Wind Diesel**

Diagram blok sistem Wind Diesel dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini:



Gambar 2. Diagram blok sistem Wind Diesel

**b) Parameter Wind Diesel**

Pada diagram blok diatas terdapat parameter-parameter yang menunjukkan masing-masing bagian dari pembangkit listrik tenaga. Selain parameter – parameter yang telah ditentukan sebelumnya, terdapat juga nilai input pada generator yang berasal dari *Load Exchange* atau perubahan frekuensi beban[16]. Sinyal input akibat perubahan beban ini merupakan bagian yang sangat menentukan bagaimana system pengaturan frekuensi ini berjalan. Nilai sinyal ini dapat berubah-ubah nilainya, tergantung besar atau kecilnya beban daya listrik yang digunakan oleh pelanggan[19]. Parameter pembangkit listrik wind diesel dapat dilihat pada table 1.

Tabel 1. Parameter pembangkit listrik *hybrid wind diesel*.

$\Delta\omega_1$	Frekuensi generator Angin (hz)	50
$\Delta P_{load}$	Perubahan Beban Masuk (p.u.kW)	1
$\Delta P_{wtg}$	Pembangkit Tenaga Angin (p.u.kW)	1
$H_w$	Konstanta dari Sistem Angin (s)	3.5
$H_d$	Konstanta dari Sistem Angin (s)	8.5
S	Laplace Komplek Frekuensi Generator	1
$\Delta P_{max}$	Pengaturan Daya Maksimum	1
$\Delta P_t$	Pembangkit Tenaga Diesel (p.u.kW)	1
$P_r$	Kapasitas Area (kW)	350
$\Delta\omega_2$	Frekuensi generator Diesel (hz)	50
$K_{pc}$	Karakteristik Gain Blade	0.08
$K_{FC}$	Gain Fluida Kopling	16.2
$K_{p3}$	Gain Data Respon Lapangan	1.4
$K_{p2}$	Gain Aktuator Hidrolik	1.25
$K_{p1}$	Gain Kontrol Program	4
$Tp_1, Tp_2$	Waktu Konstan dari Aktuator Hidrolik	0.6 , 0.041

**3. HASIL DAN ANALISA**

*Wind Diesel* adalah suatu system pembangkit listrik yang terdiri dari satu atau lebih turbin angin digabungkan dengan satu atau lebih generator diesel yang dihubungkan secara parallel untuk memasokan listrik secara bergantian dan secara otomatis. Pada waktu angin tinggi, turbin angin akan lebih banyak memasok listrik kekonsumen, sedangkan waktu angin rendah, pemasokan listrik akan dialihkan secara otomatis kepembangkit diesel yang ada. Dengan adanya system *Wind Diesel* listrik konsumen dipasok secara bergantian oleh turbin angin dan genset yang bertujuan untuk menghemat bahan bakar solar untuk pengoprasian genset dan porsi penghematannya tergantung pada potensi energy angin yang tersedia di lokasi dan permintaan.

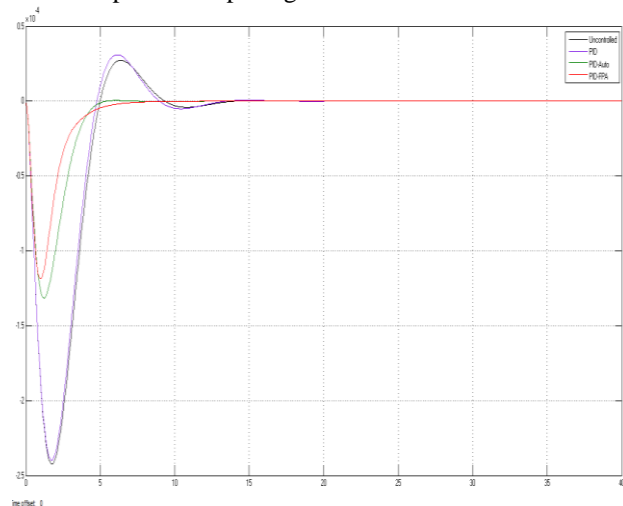
**a) Model Kontrol**

Dengan memasukkan parameter-parameter dan running program pada plan pembangkit hibrid didapatkan nilai konstanta PID pada masing-masing model[20]. Konstanta Kp, Ki dan Kd pada PID dapat dilihat pada table 2:

Tabel 2. Konstanta Kp, Ki dan Kd Wind Diesel

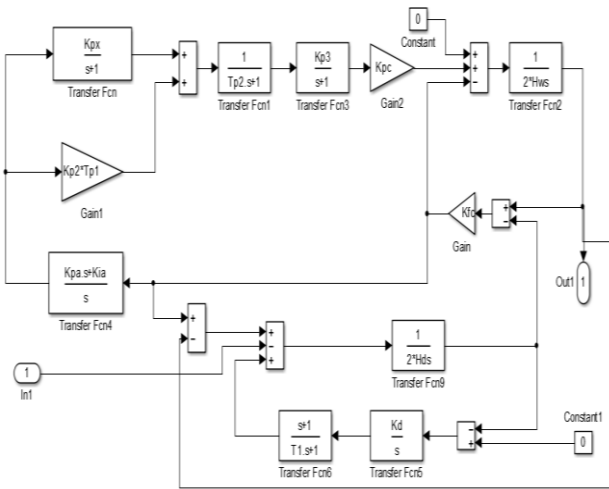
	Uncont	PID	PID-FPA
$Kp_{ai}$	-		1.9872
$Ki_{ai}$	-		0.0157
$Kd$	-		16.5
$Kp_{fpa}$	-	1	4.94285
$Ki_{fpa}$	-	1	0.49509
$Kd_{fpa}$	-	0	4.84531

Gambar rancangan simulasi Pembangkit Wind Diesel dapat dilihat pada gambar 3 dibawah ini:

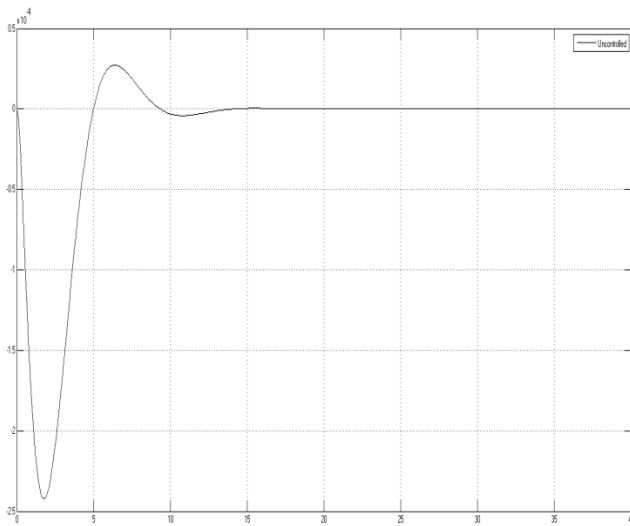


Gambar 3. Model Simulasi beberapa macam control

Pada sub-sistem *Uncontrolled* atau tanpa adanya pengontrolan dapat dimodelkan seperti pada gambar 3.



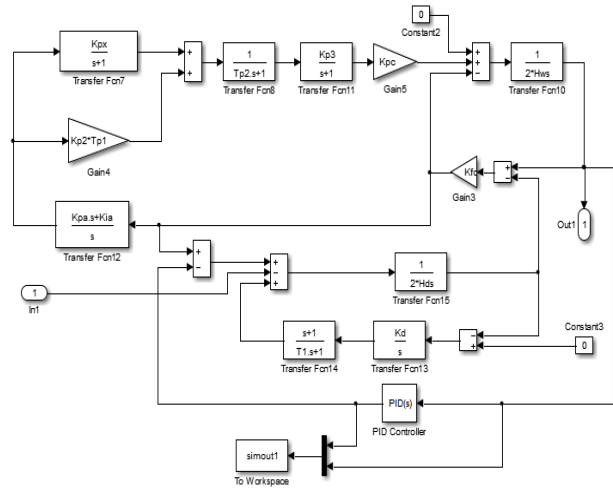
Gambar 4. Model Simulasi Uncontrolled



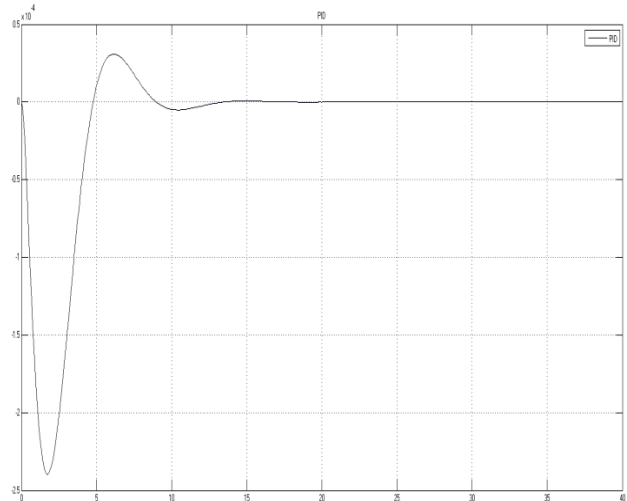
Gambar 5. Hasil Simulasi Uncontrolled

Dari hasil running program didapatkan nilai undershoot pada  $t = 1,8$  sebesar  $-2,243 \cdot 10^{-4}$  dan overshoot pada  $t = 6,4$  sebesar  $2,722 \cdot 10^{-5}$  dengan settling time 27,5 detik.

Pada sub-sistem *PID Controller* atau dengan pengontrolan PID controller dapat dimodelkan seperti pada gambar 6.



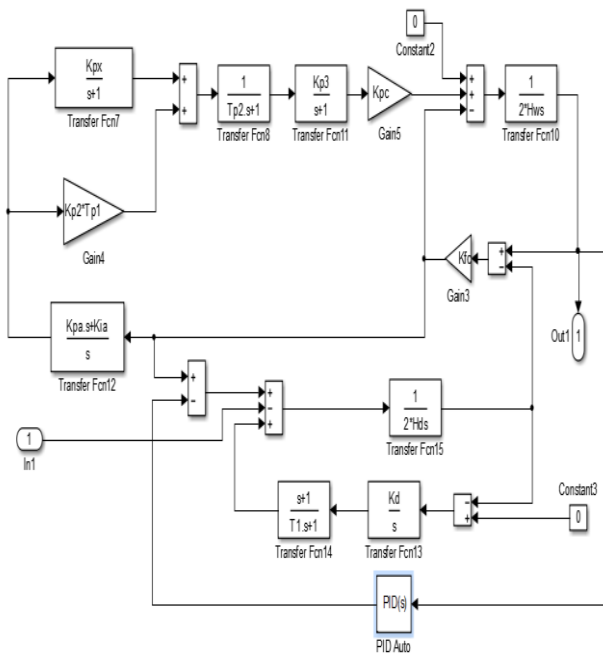
Gambar 6. Model SimulasiPID Controller



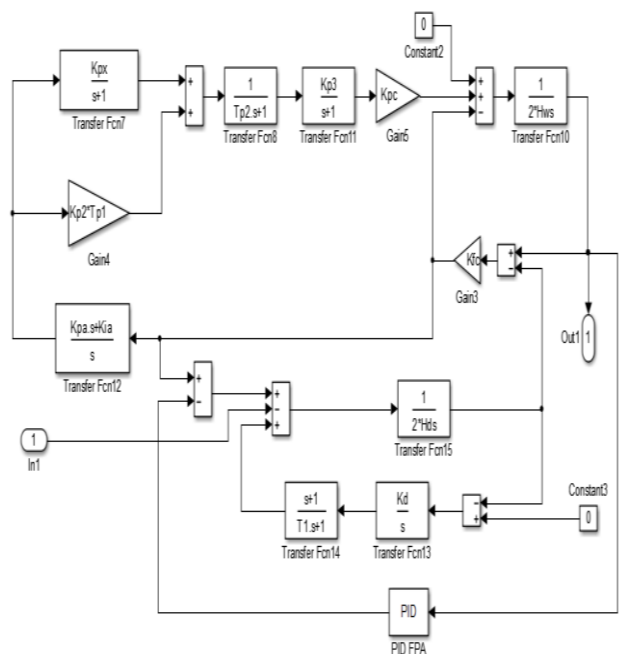
Gambar 7. Hasil Simulasi PID Controller

Dari hasil running program didapatkan nilai undershoot pada  $t = 1,6$  sebesar  $-2,238 \cdot 10^{-4}$  dan overshoot pada  $t = 6,14$  sebesar  $3,092 \cdot 10^{-5}$  dengan settling time 23,4 detik.

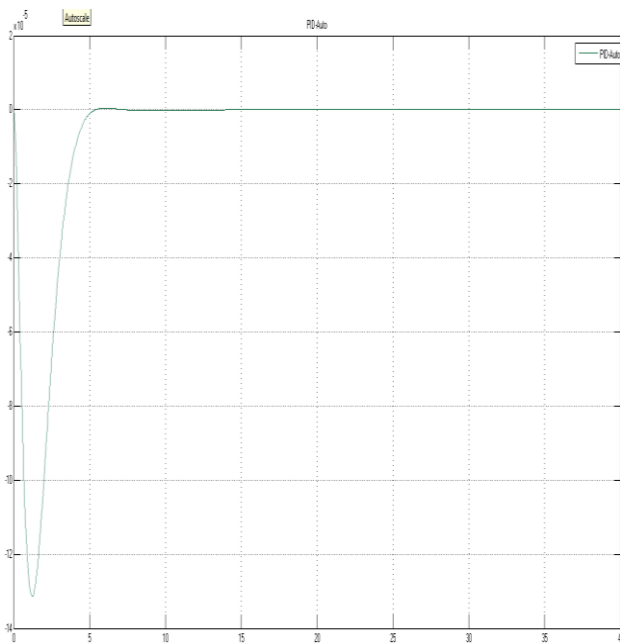
Pada sub-sistem *PID Autotuning matlab* atau dengan pengontrolan PID Auto dapat dimodelkan seperti pada gambar 8.



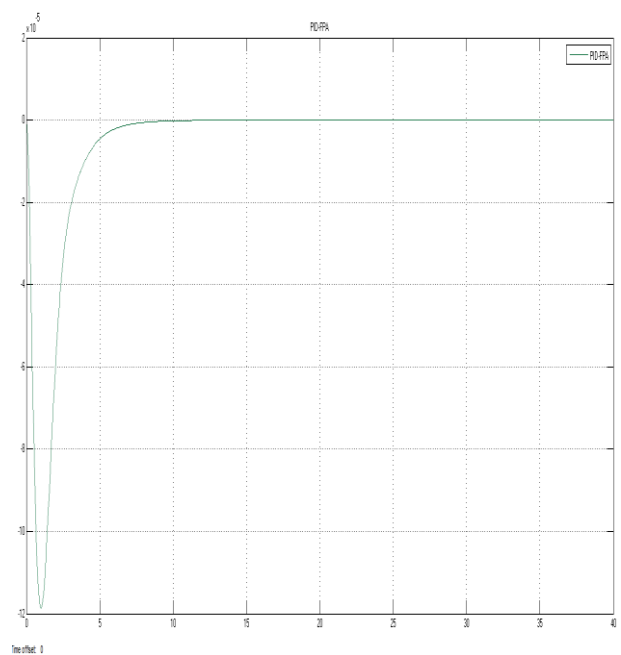
Gambar 8. Model Simulasi PID Autotuning



Gambar 11. Model Simulasi PID-FPA Controller



Gambar 9. Hasil Simulasi PID Autotuning



Gambar 12 Hasil Simulasi PID-FPA Controller

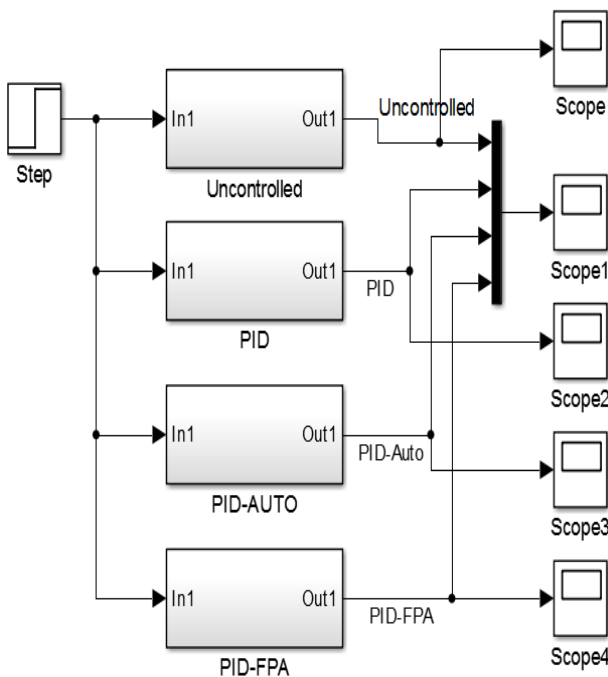
Dari hasil running program didapatkan nilai undershoot pada  $t = 1,23$  sebesar  $-1,314 \cdot 10^{-4}$  dan overshoot pada  $t = 6,05$  sebesar  $0,49 \cdot 10^{-5}$  dengan settling time 16,44 detik.

Pada sub-sistem *PID-FPA Controller* atau dengan pengontrolan PID-FPA controller dapat dimodelkan seperti pada gambar 10.

Dari hasil running program didapatkan nilai undershoot pada  $t = 0,993$  sebesar  $-1,1877 \cdot 10^{-4}$  dengan overshoot 0 pada  $t = 1,01$  dengan settling time 9,827 detik.

**b) Hasil Penelitian**

Hasil penelitian dapat digambarkan pada gambar 13.



Gambar 13. Hasil Respon Wind Diesel berbagai

Dari hasil grafik diatas dapat dijelaskan pada tabel 4 sebagai berikut :

Tabel 4. Grafik respon PID

	PID-un Kontrol	PID-Standart	PID-Auto Tuning	PID-FPA
Time Under	1,8	1,6	1,23	0,993
Under shoot	-2,243.10 <sup>-4</sup>	-2,238.10 <sup>-4</sup>	-1,314.10 <sup>-4</sup>	-1,187.10 <sup>-4</sup>
Time Over	6,4	6,14	6,05	1,01
Over shoot	2,722.10 <sup>-5</sup>	3,092.10 <sup>-5</sup>	0,49.10 <sup>-5</sup>	0
Settling time	27,5	23,4	16,44	9,827

**4. KESIMPULAN**

Dari hasil running program tanpa control didapatkan nilai undershoot pada  $t = 1,8$  sebesar  $-2,243.10^{-4}$  dan overshoot pada  $t = 6,4$  sebedar  $2,722.10^{-5}$  dengan settling time 27,5 detik. Hasil running program PID Standar didapatkan nilai undershoot pada  $t = 1,6$  sebesar  $-2,238.10^{-4}$  dan overshoot pada  $t = 6,14$  sebedar  $3,092.10^{-5}$  dengan settling time 23,4 detik. Hasil running PID-Auto Tuning program didapatkan nilai undershoot pada  $t = 1,23$  sebesar  $-1,314.10^{-4}$  dan overshoot pada  $t = 6,05$  sebesar  $0,49.10^{-5}$  dengan settling time 16,44 detik. Hasil running program didapatkan nilai undershoot pada  $t = 0,993$  sebesar  $-1,187.10^{-4}$  dengan overshoot 0 pada  $t = 1,01$  dengan settling time 9,827 detik. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa settling time tercepat pada PID FPA, undershoot dan overshoot terkecil pada PID-FPA. Hal ini

menunjukkan bahwa dengan model control PID-FPA sistem akan lebih cepat merespon dan memperbaiki frekuensi agar tetap konstan.

**REFERENSI**

[1] I. C. Gunadin *et al.*, “Stability Margin When Wind Turbine Large Scale Penetrated to South Sulawesi-Indonesia Power System Using Optimally Pruned Extreme Learning Machine (OPELM),” 2024, pp. 224–234. doi: 10.2991/978-94-6463-366-5\_21.

[2] K. Kavadias and P. Triantafyllou, “2.23 - Wind-Based Stand-Alone Hybrid Energy Systems,” in *Comprehensive Renewable Energy, Second Edition: Volume 1-9*, vol. 1–2, 2022, pp. 749–793. doi: 10.1016/B978-0-12-819727-1.00162-X.

[3] G. A. P. P., O. Penangsang, A. Priyadi, A. S. Sistem, and T. Listrik, “Analisis Stabilitas Transient Pada Sistem Tenaga Listrik dengan Mempertimbangkan Beban Non - Linear,” vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2012.

[4] M. M. Gulzar, M. Iqbal, S. Shahzad, H. A. Muqet, M. Shahzad, and M. M. Hussain, “Load Frequency Control (LFC) Strategies in Renewable Energy-Based Hybrid Power Systems: A Review,” *Energies*, vol. 15, no. 10, 2022, doi: 10.3390/en15103488.

[5] Mansur, S. Pranoto, A. Siswanto, and L. Pagiling, “Analisis Pembangkit Hybrid Energi Terbarukan Dengan Metode Particle Swarm Optimization (Pso),” *Pros. Semin. Nas. Tek. Elektro dan Inform.*, pp. 372–375, 2022.

[6] M. Ali *et al.*, “The comparison of dual axis photovoltaic tracking system using artificial intelligence techniques,” *IAES Int. J. Artif. Intell.*, vol. 10, no. 4, p. 901, Dec. 2021, doi: 10.11591/ijai.v10.i4.pp901-909.

[7] Muhammad Agil Haikal, Dandy Tulus Herlambang, Machrus Ali, and Muhlasin, “Desain Optimasi PID Controller Pada Heating Furnace Temperature Menggunakan Metode Particle Swarm Optimization (PSO),” *ALINIER J. Artif. Intell. Appl.*, vol. 2, no. 2, pp. 77–82, Nov. 2021, doi: 10.36040/alinier.v2i2.5162.

[8] M. Ali, “Optimasi Pemograman Sistem Pengendalian Mesin CNC Pengebor PCB Berdasar Metode Firefly Algorithm,” *ALINIER J. Artif. Intell. Appl.*, vol. 3, no. 2, pp. 28–37, 2022, doi: 10.36040/alinier.v3i2.5840.

[9] M. Ali, H. Suyono, M. A. Muslim, M. R. Djalal, Y. M. Safarudin, and A. A. Firdaus, “Determination of the parameters of the firefly



- method for PID parameters in solar panel applications,” *SINERGI*, vol. 26, no. 2, p. 265, Jun. 2022, doi: 10.22441/sinergi.2022.2.016.
- [10] M. Ali *et al.*, “Determining firefly ideal parameter for tuning Kp, Ki, And Kd parameter in photovoltaic application,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1034, no. 1, p. 12078, Feb. 2021, doi: 10.1088/1757-899X/1034/1/012078.
- [11] M. Siswanto, S. Arfaah, R. Rukslin, M. Muhlasin, and M. Ali, “Rekonfigurasi 33 Kanal Irigasi Menggunakan Metode Firefly Algorithm (MFA),” *J. FORTECH*, vol. 4, no. 1, pp. 43–47, Jun. 2023, doi: 10.56795/fortech.v4i1.4106.
- [12] M. Ali, A. Raikhani, H. Sopian, and I. Umami, “Optimasi Pengaturan Kecepatan Motor Shunt Berbasis Imperialist Competitive Algorithm (ICA),” *J. Intake J. Penelit. Ilmu Tek. dan Terap.*, vol. 9, no. 1, pp. 26–31, Apr. 2020, doi: 10.32492/jintake.v9i1.756.
- [13] M. Ali, Muhlasin, H. Nurohmah, A. Raikhani, H. Sopian, and N. Sutantra, “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)*, IEEE, Oct. 2018, pp. 299–304. doi: 10.1109/EECCIS.2018.8692885.
- [14] M. Ali and H. Sucipto, “Ant Colony Optimization Algorithm Implementation for Distribution of Natural Disaster Relief Logistics in Jombang Regency Web Base,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 704, no. 1, p. 12008, Mar. 2021, doi: 10.1088/1755-1315/704/1/012008.
- [15] B. Budiman and M. Ali, “PID Controller Design for Heating Furnace Temperature Based on Bat Algorithm (BA),” *JEEMECs (Journal Electr. Eng. Mechatron. Comput. Sci.)*, vol. 6, no. 1, pp. 45–50, 2023, doi: 10.26905/jeemecs.v6i1.9307.
- [16] M. Arrohman, R. Fajardika, M. Muhlasin, and M. Ali, “Optimasi Frekuensi Kontrol pada Sistem Hybrid Wind-Diesel Menggunakan PID Kontroler Berbasis ACO dan MFA,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 9, no. 1, pp. 65–68, May 2018, doi: 10.21776/ub.jrm.2018.009.01.10.
- [17] M. Ali, M. R. Djalal, S. Arfaah, Muhlasin, M. Fakhrurozi, and R. Hidayat, “Application of Energy Storage-PID For Load Frequency Control In Micro-hydro Using Flower Pollination Algorithm,” in *2021 3rd International Conference on Research and Academic Community Services (ICRACOS)*, IEEE, Oct. 2021, pp. 281–285. doi: 10.1109/ICRACOS53680.2021.9702063.
- [18] M. Ali, M. R. Djalal, M. Fakhrurozi, Kadaryono, Budiman, and D. Ajiatmo, “Optimal Design Capacitive Energy Storage (CES) for Load Frequency Control in Micro Hydro Power Plant Using Flower Pollination Algorithm,” in *2018 Electrical Power, Electronics, Communications, Controls and Informatics Seminar (EECCIS)*, IEEE, Oct. 2018, pp. 21–26. doi: 10.1109/EECCIS.2018.8692997.
- [19] M. R. Djalal, M. Ali, H. Nurohmah, and D. Ajiatmo, “Aplikasi Algoritma Differential Evolution untuk Desain Optimal Load Frequency Control pada Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid Angin dan Diesel,” *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 5, no. 5, p. 511, 2018, doi: 10.25126/jtiik.201855430.
- [20] M. Ali, Budiman, A. R. Sujatmika, and A. A. Firdaus, “Optimization of controller frequency in wind-turbine based on hybrid PSO-ANFIS,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1034, no. 1, p. 12070, Feb. 2021, doi: 10.1088/1757-899X/1034/1/012070.