

# Desain Kendali Pembangkit Listrik Tenaga Piko hidro Berbasis *Ant Colony Optimization* (ACO)

Muhamad Afif Dwi Wijaya<sup>1\*</sup>, Machrus Ali<sup>2</sup>, Rukslin<sup>3</sup>, Muhammad Agil Haikal<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Teknik Elektro, Universitas Darul 'Ulum, Jombang

<sup>1\*</sup>afif.wijaya20@gmail.com, <sup>2</sup>machrus7@gmail.com, <sup>3</sup>rukslin05@gmail.com, <sup>4</sup>agil.haikal86@gmail.com

## Article Info

### Article history:

Received March 9<sup>th</sup>, 2023

Revised March 20<sup>th</sup>, 2023

Accepted April 24<sup>th</sup>, 2023

### Keyword:

Ant Colony Optimization  
Picohydro Power Plant  
PID Controller

## ABSTRACT

Energy sources that are often used to generate electricity are non-renewable energy sources which, if used continuously, will run out, such as petroleum, natural gas and coal. So, renewable energy sources are needed which are in abundant supply and do not run out quickly, one of which is water energy. Picohydro power plants (PLTPH) are an alternative small-scale power plant that can be applied in rural areas where there is a river flow that has a continuous water discharge and a relatively low water fall to drive turbines that can produce electrical power. To be able to produce electrical power with such potential, a pico-hydro power plant is needed. To optimize the performance of a picohydro power plant, a controller called PID (Proportional Integral Derivative) is needed. Then this PID is combined with the ACO (Ant Colony Optimization) method. ACO is a method for optimizing PID control parameters in a system adapted from the ability of an ant colony to find the shortest path to a food source from its nest.

Copyright © 2023 Nucleus Journal  
All rights reserved.

DOI: <https://doi.org/10.32492/nucleus.v2i1.2104>

### Corresponding Author:

Muhamad Afif Dwi Wijaya

Teknik Elektro, Universitas Darul 'Ulum, Jombang

Address: Jl. Gus Dur No.29A, Mojongapit, Kec. Jombang, Kabupaten Jombang, Jawa Timur 61419

Email: afif.wijaya20@gmail.com

*Abstrak*— Sumber energi yang sering digunakan untuk pembangkitan listrik adalah sumber energi yang tidak diperbarui yang apabila digunakan secara terus menerus maka akan habis seperti minyak bumi, gas alam, dan batu bara. Sehingga, dibutuhkan sumber energi yang terbarukan yang persediaannya berlimpah dan tidak cepat habis, salah satunya adalah energi air. Pembangkit listrik tenaga piko hidro (PLTPH) merupakan salah satu alternative pembangkit listrik skala kecil yang dapat diterapkan di daerah pedesaan dimana tersedia aliran sungai yang mempunyai debit air yang kontinyu dan tinggi jatuh air yang relatif rendah untuk menggerakkan turbin yang dapat menghasilkan daya listrik. Untuk dapat menghasilkan daya listrik dengan potensi yang demikian, diperlukan pembangkit listrik tenaga skala piko hidro. Untuk mengoptimalkan kinerja dari pembangkit listrik tenaga piko hidro, diperlukan sebuah pengontrol yang disebut *PID* (*Proportional Integral Derivative*). Kemudian *PID* ini dikombinasikan dengan metode *ACO* (*Ant Colony Optimization*). *ACO* merupakan salah satu metode untuk mengoptimasi parameter kendali *PID* pada sebuah sistem yang diadaptasi dari kemampuan koloni semut yang mampu menemukan jalur terpendek menuju sumber makanan dari sarangnya.

---

## PENDAHULUAN

Disaat sumber energi lain mulai menipis dan memberikan dampak negatif, maka air menjadi sumber yang sangat penting karena dapat dijadikan sumber energi pembangkit listrik yang murah dan tidak menimbulkan polusi. Oleh karena itu Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro sangat tepat untuk digunakan pada wilayah terpencil[1][2][3]. Piko Hidro ini pun mudah dirakit dan dioperasikan serta bisa beroperasi selama 24 jam sesuai dengan debit air. Optimas sistem pengaturan tegangan Automatic voltage regulator (AVR)[4], dan Load-frequency control (LFC) [5] sangat diperlukan agar system menjadi stabil dan optimal pada pembangkit listrik tenaga air[6][7][3].

Optimalisasi diperlukan untuk menghasilkan hasil kontrol yang baik dan canggih, karena hasil yang lebih stabil dan efisien dibandingkan dengan kontrol konvensional. Kontrol cerdas berbasis Artificial Intelligence telah banyak berkembang diantaranya menggunakan metode kontrol PID[8], kontrol Fuzzy[9], Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)[10][11], Design Capacitive Energy Storage (CES)[12][13], Superconducting Magnetic Energy Storage (SMES)[14], dan jenis kontroler lainnya. ACO (*Ant Colony Optimization*)[15] sudah banyak berhasil mengoptimasi system control dengan baik[16][17], maka penulis meneliti tentang desain kendali pembangkit listrik tenaga pikohidro berbasis ACO.

### I. Metode Penelitian

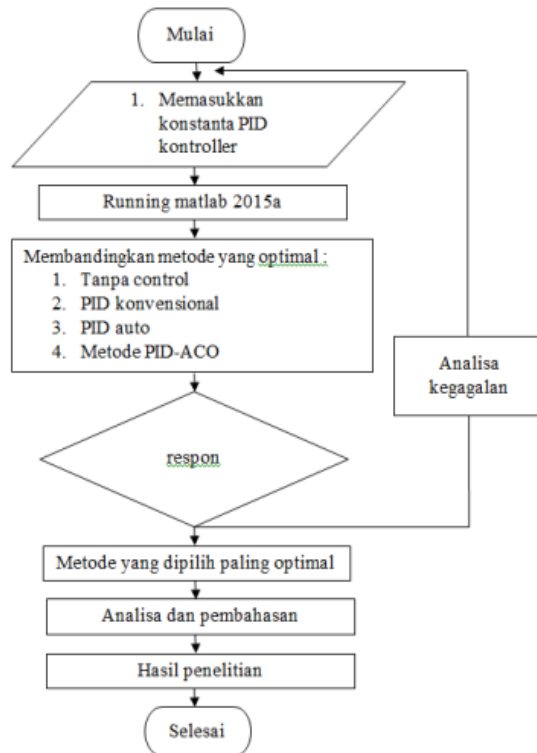
#### A. Metode

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang ada pada PLTPH. Adapun data-data yang dibutuhkan dalam perhitungan adalah sebagai berikut:

1. Membuat desain pada PLTPH meliputi desain turbin, desain generator, desain kontroler.
2. Menentukan konstanta PID kontroler.
3. Membandingkan kestabilan PLTPH antara tidak menggunakan PID kontroler, menggunakan PID kontroler konvensional, menggunakan PID auto dan menggunakan PID ACO.
4. Mengukur, mencatat dan menganalisa tentang tegangan sistem.

#### B. Gambar flowchart penelitian

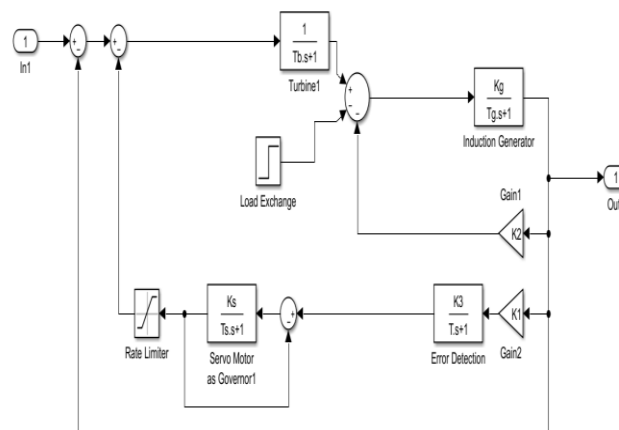
Flowchat penelitian dapat dilihat pada gambar 1



Gambar 1. Flowchart Penelitian PLTPH

## II. Hasil dan Pembahasan

Diagram blok sistem PLTPH dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini:



Gambar 2. Diagram blok PLTPH

Parameter ACO dan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro dapat dilihat pada table 1 dan table 2;

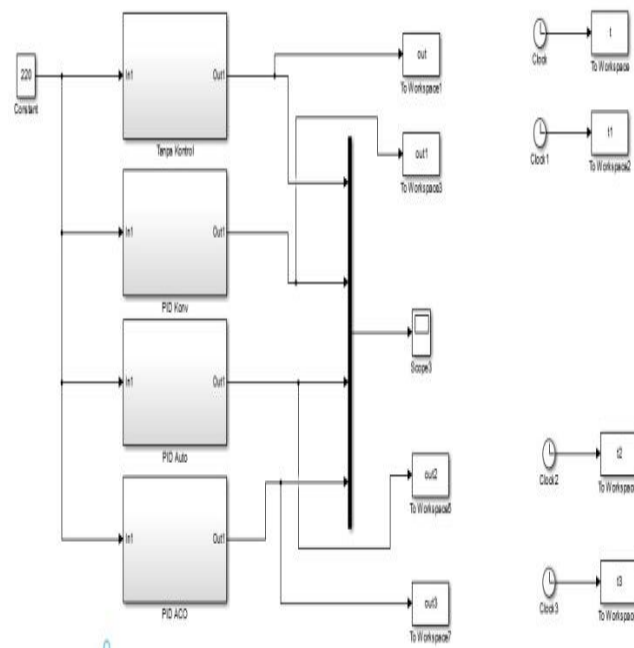
Tabel 1. Parameter ACO

Parameters	Value
Node	100
Max_It	50
Alpha	1
Beta	2
rho	0.1
c	100
Kp_aco	0 – 600
Ki_aco	0 – 10
Kd_aco	0 – 10

Tabel 2. Parameter Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro

	Nilai	Keterangan
$T_b$	1	Respon waktu turbin air (s)
$K_g$	1	Penguatan pengatur generator induksi (s)
$T_g$	13,333	Respon waktu generator induksi (s)
$K_1$	5	Konstanta penguatan <i>Error Detection</i>
$K_2$	8,52	Konstanta penguatan deviasi frekuensi
$K_3$	0,004	Penguatan pengatur <i>Error Detection</i>
$T$	0,02	Respon waktu <i>Error Detection</i>
$T_s$	0.1	Konstanta waktu governor
$K_S$	2,5	Penguatan pengatur governor

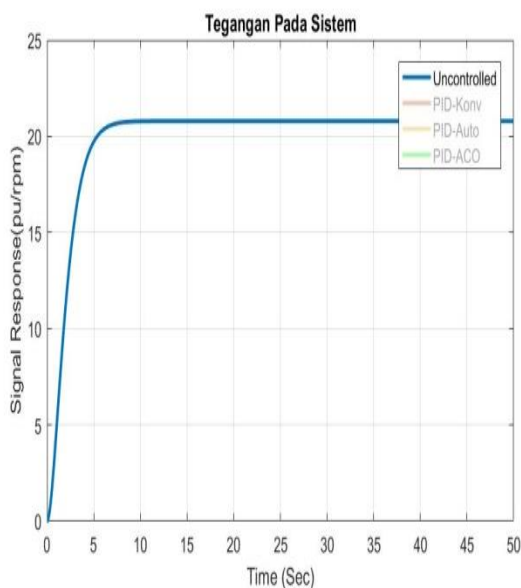
Rancangan simulasi Pembangkit PikoHidro dalam berbagai macam kontrol dapat dilihat pada gambar 3 dibawah ini:



Gambar 3. Model Simulasi beberapa macam control

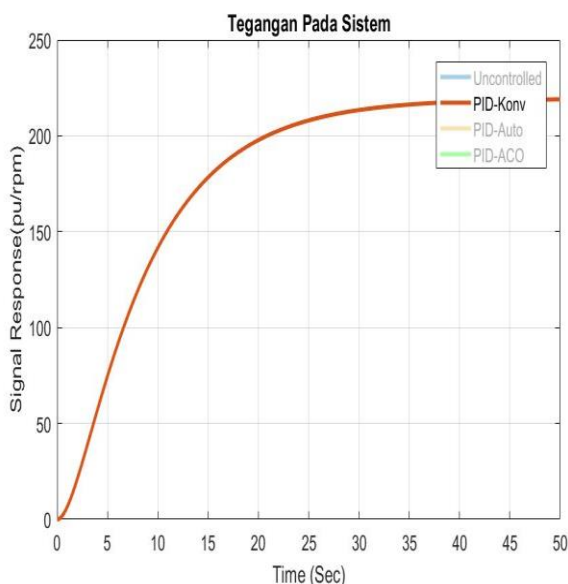
Dengan memasukkan parameter-parameter dan running program pada plan pembangkit pikohidro didapatkan nilai konstanta pada masing-masing model.

Hasil dari simulasi PID tanpa kontroler pada AVR dapat dilihat pada gambar 4



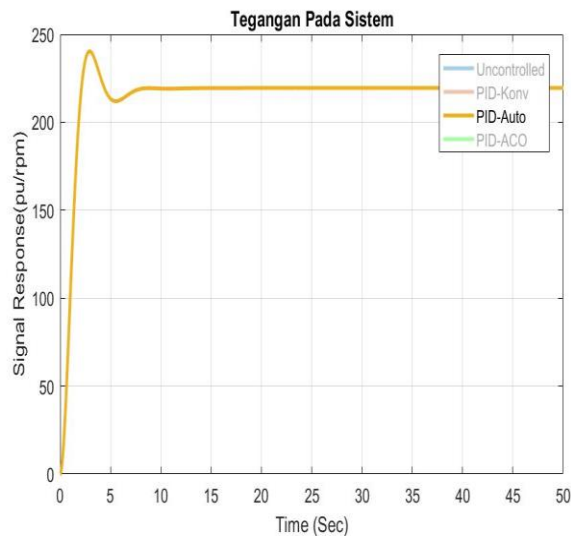
Gambar 4. Hasil Respon AVR tanpa kontrol

Dari gambar 4 merupakan hasil dari simulasi PID tanpa kontroler. menunjukkan bahwa model tanpa kontroler tidak memiliki nilai  $k_p$ ,  $k_i$ , dan  $k_d$  dengan nilai overshoot nol (0), undershoot 198.7 , dan tidak memiliki settling time karena tidak pernah mencapai titik atau setpoint yang diinginkan.



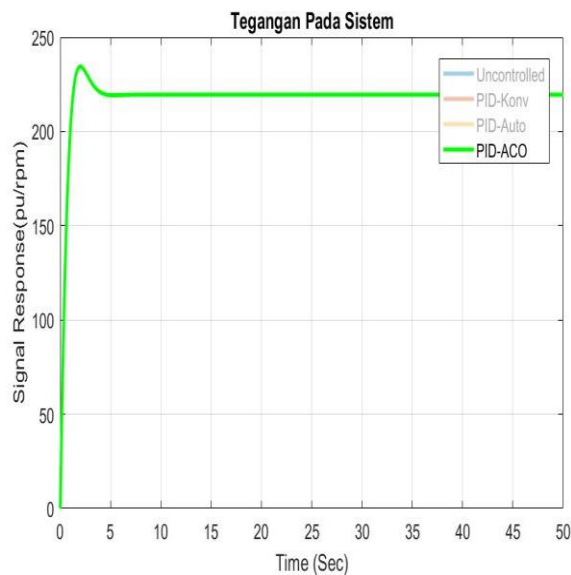
Gambar 5. Hasil Respon AVR dengan PID konvensional

Dari gambar 5 merupakan hasil dari simulasi PID konvensional yang memiliki nilai  $k_p = 1$ ,  $k_i = 1$ , dan  $k_d = 0$  dengan nilai overshoot nol (0), undershoot 0, dan memiliki settling time 31.71 s.



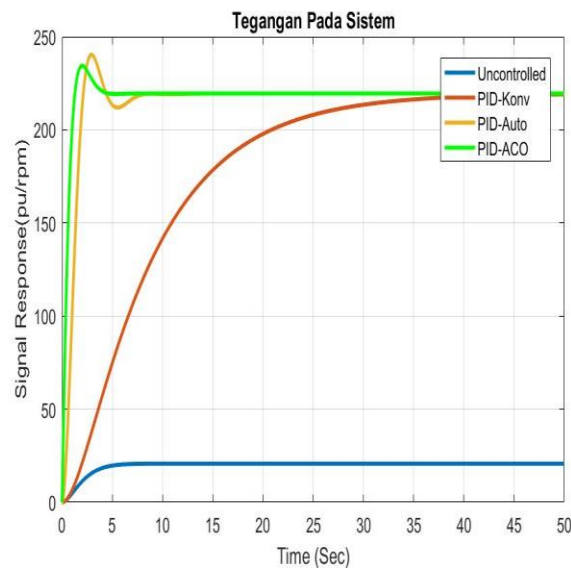
Gambar 6. Hasil Respon AVR dengan PID Auto

Dari gambar 6 merupakan hasil dari simulasi PID auto yang memiliki nilai  $k_p = 20.026$ ,  $k_i = 9.250$ , dan  $k_d = 0.199$  dengan nilai overshoot = 20.8, undershoot 7.5, dan memiliki settling time 8.5 s.



Gambar 7. Hasil Respon AVR dengan PID-ACO

Dari gambar 7 merupakan hasil dari simulasi PID-ACO yang memiliki nilai  $k_p = 47.195$ ,  $k_i = 25.997$ , dan  $k_d = 19.200$  dengan nilai overshoot = 14.91, undershoot 0.25, dan memiliki settling time 4.5 s.



Gambar 8. Hasil Respon AVR berbagai metode

### III. Kesimpulan

Dari hasil simulasi yang ditunjukkan oleh gambar 8 dan table 2 menunjukkan bahwa metode optimasi terbaik dihasilkan oleh metode PID- Ant Colony Optimization dengan menghasilkan overshoot = 14.91, undershoot = 0.25, dan settling time pada 4.5 detik yang merupakan nilai terkecil, Sedangkan Desain tanpa kontrol tidak pernah mencapai steady state dengan undershot paling besar = 198.7. sehingga dipilih PID- Ant Colony Optimization sebagai metode terbaik dan cocok digunakan dalam kontrol PLTPH. Dengan diterapkan metode PID- Ant Colony Optimization pada PLTPH maka diharapkan akan bias menghasilkan output yang maksimal.

### IV. Daftar Pustaka

- [1] S. Bandri, A. Premadi, and R. Andari, "STUDI PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PICOHYDRO (PLTPH) RUMAH TANGGA," *J. Sains dan Teknol. J. Keilmuan dan Apl. Teknol. Ind.*, vol. 21, no. 1, p. 16, 2021, doi: 10.36275/stsp.v21i1.345.
- [2] A. Pratama, N. Akhiriyanto, and W. W. A, "Design and Development of Maximum Power Point Tracking for Picohydro in Renewable Energy Harvesting Hybrid Systems," *Indones. J. Energy Miner.*, vol. 3, no. 2, pp. 117–128, 2023, doi: 10.53026/ijoem/2023/3.2/1170.
- [3] Y. Apriani, Z. Saleh, Suppermen, and I. M. Sofian, "Automatic voltage regulator as a voltage control in 1 phase axial generator system," *J. Robot. Control*, vol. 2, no. 5, pp. 429–434, 2021, doi: 10.18196/jrc.25118.
- [4] D. K. Gupta, A. V. Jha, B. Appasani, A. Srinivasulu, N. Bizon, and P. Thounthong, "Load frequency control using hybrid intelligent optimization technique for multi-source power systems," *Energies*, vol. 14, no. 6, 2021, doi: 10.3390/en14061581.
- [5] M. Ali, M. R. Djalal, S. Arfaah, Muhlasin, M. Fakhurozi, 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.

- 
- [6] Hidayatul Nurohmah, M. Ali, Rukslin, Dwi Ajiatmo, and Muhammad Agil Haikal, "Komparasi PID, FLC, dan ANFIS sebagai Kontroler Dual Axis Tracking Photovoltaic berbasis Bat Algorithm," *J. JEETech*, vol. 3, no. 2, pp. 71–77, Sep. 2022, doi: 10.48056/jeetech.v3i2.197.
- [7] N. Kanagaraj, "An Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System to Improve Fractional Order Controller Performance," *Intell. Autom. Soft Comput.*, vol. 35, no. 3, pp. 3213–3226, 2023, doi: 10.32604/iasc.2023.029901.
- [8] Machrus Ali, Ruslan Hidayat, and Iwan Cahyono, "Penggunaan ANFIS pada Pengaturan Debit Air Berdasarkan Volume Air Dalam Tangki," *ALINIER J. Artif. Intell. Appl.*, vol. 1, no. 1, pp. 24–32, 2020, doi: 10.36040/aliner.v1i1.2519.
- [9] 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.
- [10] M. Ali, R. Rukslin, and C. Hasyim, "Hybrid System of Dual Axis Photovoltaic Tracking System Using Pid-Ces-Aco," *JEEMECs (Journal Electr. ...)*, vol. 4, no. 2, pp. 59–68, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.unmer.ac.id/index.php/jeemecs/article/view/6138>
- [11] Kadaryono, Rukslin, M. Ali, Askan, A. Parwanti, and I. Cahyono, "Comparison of LFC Optimization on Micro-hydro using PID, CES, and SMES based Firefly Algorithm," in *2018 5th International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics (EECSI)*, IEEE, Oct. 2018, pp. 204–209. doi: 10.1109/EECSI.2018.8752733.
- [15] 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.
- [16] C. Blum, "Ant colony optimization: Introduction and recent trends," 2005. doi: 10.1016/j.plrev.2005.10.001.
- [17] A. Sharma, S. Sharma, and D. Gupta, "Ant Colony Optimization Based Routing Strategies for Internet of Things," *Evergreen*, vol. 10, no. 2, pp. 998–1009, 2023, doi: 10.5109/6793654.