

## Optimasi Wind Turbine dengan Proportional Integral Derivative Controller (PID) menggunakan metodel Imperialist Competitive Algorithm (ICA) dan Paticle Swarm Optimization (PSO)

Ronal Dwi Sanjaya<sup>1</sup>, Sandi Persia Adi<sup>2</sup>, Kadaryono<sup>3</sup>, Rukslin<sup>4</sup>  
<sup>(1,2,4)</sup>Teknik Elektro, Universitas Darul 'Ulum, Jombang  
<sup>(3)</sup>Teknik Mesin, Universitas Darul 'Ulum, Jombang  
<sup>1</sup>[ronalsanjay94@gmail.com](mailto:ronalsanjay94@gmail.com), <sup>2</sup>[shandy.persia@gmail.com](mailto:shandy.persia@gmail.com),  
<sup>3</sup>[kadaryono@ft-undar.ac.id](mailto:kadaryono@ft-undar.ac.id), <sup>4</sup>[rukslin@ft-undar.ac.id](mailto:rukslin@ft-undar.ac.id)

### Abstract

Power plants operating in Indonesia are generally dominated by generators whose primary energy comes from fossils. But fossils are a source of energy that can not be renewed and at times can run out. So it is necessary to find a power plant whose renewable energy sources, such as sunlight, geothermal power, or wind potential. Power plants that utilize wind energy sources have the advantage of being economically and environmentally friendly. Wind is a renewable energy source that can be utilized to overcome the scarcity of electrical energy by using wind turbines. However, because wind speeds are unstable and tend to vary over time resulting in low power efficiency resulting from wind turbines. To obtain the optimum power value of the wind turbine is used Proportional Integrator Derivative (PID) controller. PID controller is tuned using Imperialist Competitive Algorithm (ICA) and Paticle Swarm Optimization (PSO)method. The running program results show that the control system uses the most optimal and most stable ICA method compared to conventional PID, and PSO method.

**Keywords:** ICA, PSO, Wind Turbine, PID

### 1. PENDAHULUAN

Salah satu perhatian yang harus dilakukan yaitu mendorong kepada para praktisi dan akademisi untuk mengkaji potensi-potensi lain pembangkit listrik yang sumber energinya terbarukan, misalnya cahaya matahari, tenaga panas bumi, atau potensi angin. Pembangkit Listrik Tenaga Angin merupakan Pembangkit Listrik mempunyai keuntungan utama karena sifat bahannya terbarukan hal ini berarti aksplorasi sumber energi ini tidak akan membuat sumber daya angin yang berkurang seperti halnya penggunaan bahan bakar fosil.

Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) merupakan generator sinkron yang mempunyai magnet permanen. PMSG ini akan dikopel dengan turbine agar menghasilkan energi listrik. PMSG mempunyai efisiensi yang kurang optimal untuk menghasilkan daya listrik. Hal ini dipengaruhi oleh kecepatan angin, pitch angle dan lain-lain. Oleh karena itu, turbine perlu dikontrol untuk menghasilkan daya listrik yang optimal [1].

Pada paper ini akan dibahas tentang Imperialist Competitif Algorithm akan

mengontrol turbine untuk dapat menghasilkan daya output PMSG optimal. Paper ini terdiri dari pendahuluan, Model Wind Turbine, Imperialist Kompetitif Algorithm, Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG).[2]

### 2. STUDI PUSTAKA

#### 2.1. Model Wind Turbin

Aerodinamis Wind turbine bisa merubah energi angin menjadi energi kinetik yang kemudian digunakan untuk mengoperasikan generator listrik [2]. Angin yang melewati turbin akan menghasilkan energi yang sama dengan energi yang transformasikan oleh turbin.

Persamaan energi kinetik.[2]  $U = \frac{1}{2} (\rho A x) V^2$

Kekuatan angin ( $P_w$ ) adalah turunan dari energi kinetic  $P_w = \frac{1}{2} \rho A V^3$

Daya mekanik dan torsi yang di transformasikan adalah seperti persamaan:

$$P_r = P_w C_p = \frac{1}{2} C_p (\beta, \lambda) \rho \pi R^2 V^3$$

$$T_r = \frac{1}{2} C_T (\beta, \lambda) \rho \pi R^3 V^2$$

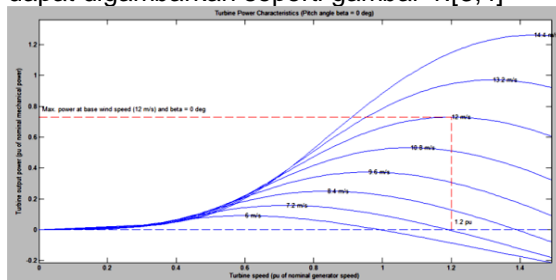
Nilai  $C_p$  sangat nonlinear dan bervariasi pada kecepatan angin, kecepatan rotasi turbin,

parameter blade turbin serta pitch angle. Hal ini dibatasi oleh batas Betz (59%).

$$C_p(\lambda, \beta) = \lambda C_t(\lambda, \beta)$$

Koefisien  $C_t$  merupakan fungsi yang sangat nonlinear dari rasio kecepatan tip, dan blade pitch angle  $\beta$ .

Karakteristik operasi dari variabel kecepatan variable-pitch wind turbine bisa digambarkan dari kurva daya, yang memberi perkiraan dari output daya sebagai fungsi dari kecepatan angin. Wilayah operasi wind turbine dapat digambarkan seperti gambar 1.[3,4]

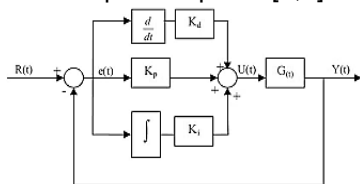


Gambar 1. Karakteristik wind turbine

Wilayah operasi wind turbine terdapat tiga titik yang berbeda; Cut-in wind speed: kecepatan angin terendah dimana wind turbine mulai menghasilkan daya listrik, Rated wind speed: kecepatan angin pada saat wind turbine menghasilkan daya listrik, yang biasanya merupakan daya maksimum dari wind turbine, Cut-out wind speed: kecepatan angin yang dapat menghentikan dan mematikan wind turbine agar terlindung dari kerusakan mekanik.[2]

**2.2. PID Controller**

PID (Proportional Integral Derivative) Controller merupakan controller untuk menentukan kepresisian suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik / feed back pada sistem tersebut. Komponen PID terdiri dari 3 jenis, yaitu Proportional, Integratif, dan Derivatif. Ketiganya dapat dipakai bersamaan maupun sendiri-sendiri, tergantung dari respon yang diinginkan terhadap suatu plant. [2,3]



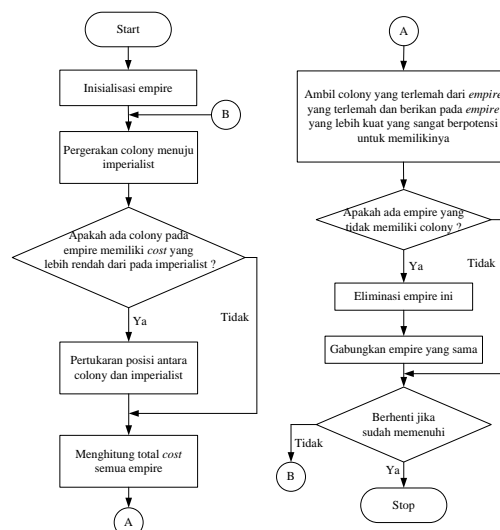
Gambar 2. Blok Diagram PID Controller

Ada 3 macam control PID yaitu control PI, PD, dan PID. PI adalah kontrol yang menggunakan komponen proportional dan integratif. PD adalah kontrol yang menggunakan komponen proportional dan derivatif. Dan PID adalah kontrol yang menggunakan komponen proportional, integratif, dan derivatif

**3. METODE PENELITIAN**

**3.1. Imperialist Competitive Algorithm (ICA)**

ICA merupakan algoritma evolusioner yang terinspirasi dengan kompetisi kekuasaan (imperialist competitive). Algoritma optimasi ICA dikenalkan oleh Esmail Atashpaz dan pada tahun 2007. ICA mensimulasikan proses sosial politik dari imperialisme dan kompetisi kekuasaan. Langkah-langkah utama pada ICA dapat dirangkum dalam pseudo-code berikut; Pilih titik random pada fungsi dan inialisasi empire. Gerakkan koloni menuju imperialis yang relevan. Jika ada sebuah koloni yang memiliki cost lebih baik dari pada imperialis, ubahlah posisi dari koloni tersebut dengan imperialis. Gabungkan empire yang sama. Hitung total cost dari semua empire. Ambil koloni terlemah dari empire terlemah dan berikan kepada salah satu empire. Hilangkan empire yang paling lemah. Jika kondisi berhenti dipenuhi, berhenti, jika tidak, ke langkah 2. Dan juga bisa dengan cara yang lain, yaitu ketika hanya satu *empire* yang tersisa maka ICA akan berhenti[1,5]. Seperti pada flowchart



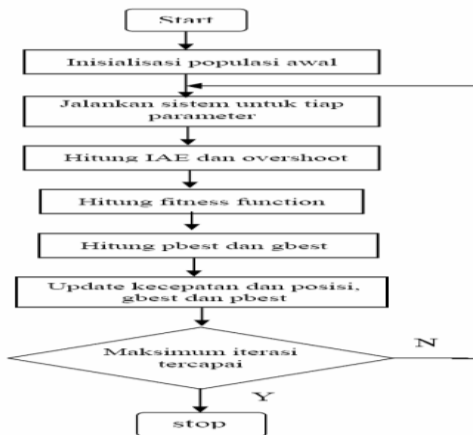
Gambar 3. Flowchart Algoritma ICA

**3.2. 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.

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.[4]

Flowcart kontroler PID-PSO ditunjukkan pada gambar 4

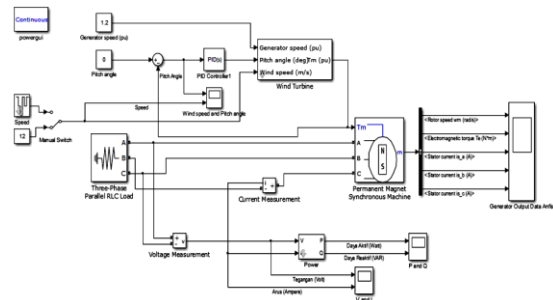


Gambar 4. Algoritma PSO [8]

**4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**4.1. Model Wind Turbine**

Pembangkit Listrik Tenaga Angin mengkonversikan energi angin menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin angin. Energi angin yang memutar turbin angin, diteruskan memutar rotor pada generator, sehingga akan menghasilkan energy listrik. Energi listrik ini akan disimpan kedalam baterai sebelum dapat dimanfaatkan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Angin (Wind-Turbine). Secara teknis, Wind Turbine memiliki tiga komponen utama yaitu angin, turbin dan generator[1]. Pengaturan torsi dan putaran wind turbine dapat dimodelkan seperti pada gambar 1. berikut ini:

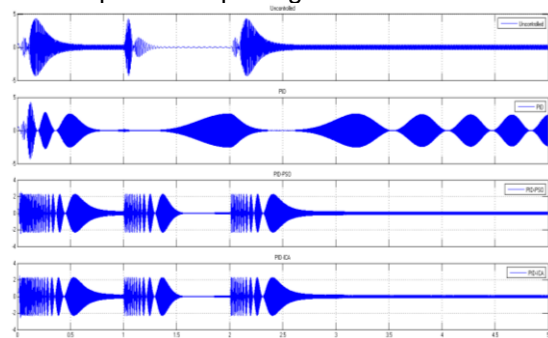


Gambar 1. Pemodelan pada Wind Turbine  
Tabel 3. Konstanta PID Wind Turbine

	Unc	PID	ICA	PSO
Kp	-	1	1.09645	8.046956
Ki	-	1	-41.63832	-6.362656
Kd	-	0	0.00388	7.445624

**4.2.1. Respon Wind Turbine**

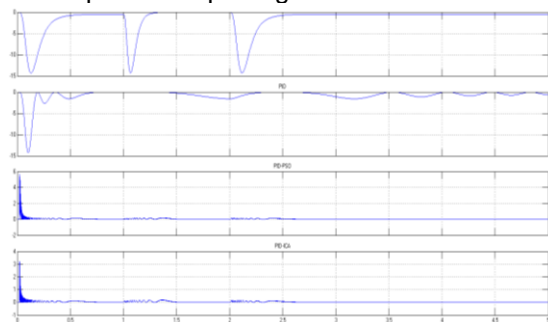
Hasil output Daya Aktif (P) dalam satuan Watt dapat dilihat pada gambar 3. berikut ini:



Gambar 3. Daya Aktif (Watt)

Gambar diatas menunjukkan rata-rata daya aktif pada uncontrolled paling kecil dan tidak stabil, yaitu 0,3305 Watt dengan frekuensi 10/ms. Untuk PID menunjukkan 1,4984 Watt dengan frekuensi 20/ms. Untuk model PID-ICA menunjukkan 2,451 Watt dengan frekuensi 180/ms. Untuk model PID-PSO menunjukkan 2,298 Watt dengan frekuensi 180/ms.

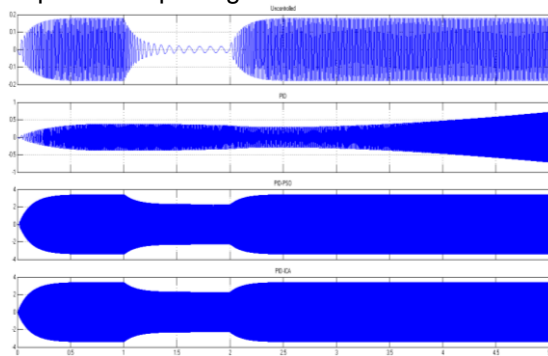
Hasil output Daya Reaktif (Q) dalam satuan Var dapat dilihat pada gambar 4. berikut ini:



Gambar 4. Daya Reaktif (Var)

Gambar menunjukkan rata-rata daya reaktif model uncontrolled adalah paling besar dan tidak stabil, yaitu -14,31 Var dengan frekuensi 10/ms. Untuk PID menunjukkan -1,5798 Var dengan frekuensi 20/ms. Untuk model PID-ICA yaitu -0,12323 Var dengan frekuensi 180/ms, untuk model PID-PSO yaitu -0,1918 Var dengan frekuensi 180/ms.

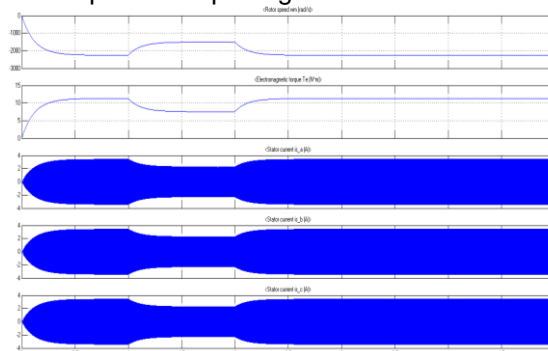
Hasil output arus dalam satuan ampere dapat dilihat pada gambar 5. berikut ini:



**Gambar 5.** Arus (Ampere)

Gambar diatas menunjukkan bahwa arus maksimal model uncontrolled adalah paling kecil dan tidak stabil, yaitu 0,1807 A dengan frekuensi 10/ms, PID menunjukkan arus 0,7155 A dengan frekuensi 20/ms, model PID-ICA yaitu 3,425 A dengan frekuensi 180/ms, model PID-PSO adalah 3,206 A dengan frekuensi 180/ms.

Hasil output Generator pada model PID-ICA dapat dilihat pada gambar 6. berikut ini:



**Gambar 6.** Hasil Output Generator

Dari keempat gambar output generator diatas menunjukkan bahwa daya yang bisa dibangkitkan pada model uncontrolled adalah paling kecil dan tidak stabil, dan model PID-ICA adalah yang terbaik.

## 5. KESIMPULAN

Dari keempat model kontrol menunjukkan bahwa daya aktif, arus, tegangan dan output generator terbaik yaitu model PID-ICA adalah yang terbaik. Dibuktikan dengan nilai daya aktif terbesar, daya reaktif terkecil, tegangan terbesar, arus terbesar, dan daya output generator terbaik.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Machrus Ali, Soedibyo, Imam Robandi, Desain Pitch Angle Controller Turbin Angin Dengan Permanent Magnetic Synchronous Generator (PMSG) Menggunakan Imperialist Competitive Algorithm (ICA), SENTIA-2015, Polinema, Malang, Indonesia, pp: B128-B131
- [2] Rukslin, Muhlasin, Penggunaan Metode Ant Colony Algorithmmuntuk Pengaturan Pitch Angle pada Turbin Angin, Semnasinotek-2017, UN PGRI, Kediri, pp: 35-42
- [3] Abdulhamed Hwas, Reza Katebi, Wind Turbine Control Using PI Pitch Angle Controller. IFAC Conference on Advances in PID Control, Brescia (Italy), March 28-30, 2012.
- [4] A. Benie Zakariya I, Stephan, Fachrudin, Imam Robandi "Optimal Performance of Wind-Diesel Hybrid Power System (WDHPS) on Isolated Area with Superconducting Magnetic Energy Storage (SMES) using Particle Swarm Optimization (PSO)", Proceedings of Internasional Seminar on Applied Technology, Science, Arts(2nd APTECS), Surabaya, 2010.
- [5] Atashpaz-Gargari E, Lucas C. Imperialist competitive algorithm: an algorithm for optimization inspired by imperialistic competition, Congress on Evolutionary Computation (CEC) IEEE (2007) 4661–4667