

DESAIN FREKUENSI KONTROL PADA HIBRID WIND-DIESEL DENGAN PID- PARTICLE SWARM OPTIMIZATION

Hidayatul Nurohmah¹, Choiruddin²

^{1,2}Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Darul Ulum Jombang
E-mail: nurohmah@ft-undar.ac.id, bangudinchoiruddin@gmail.com

Abstrak - Sistem pembangkit listrik hibrid adalah jaringan terkontrol dari beberapa pembangkit tenaga energi terbarukan seperti; turbin angin, sel surya, mikrohidro dan sebagainya. Fluktuasi frekuensi pada pembangkit terbarukan sangat mempengaruhi kualitas daya dalam hal ini turbin angin yang dihibrid dengan diesel. Permasalahan tersebut disebabkan, seperti tidak optimalnya setting gain dan kecilnya waktu konstan pada Automatic Voltage Regulator, terlalu banyak jaringan transmisi yang panjang sehingga kemampuan lemah (weak line). Dalam penerapannya sistem wind-diesel dikontrol dengan kontroler PID, penyetelan nilai gain dari PID masih dalam metode konvensional saja, sehingga sulit untuk mendapatkan nilai optimal. Dalam penelitian ini diterapkan desain kontrol dengan menggunakan Metode Cerdas dalam mencari nilai optimum Proporsional Intergral Derivatif (PID) untuk mengatur frekuensi beban dengan program Matlab/ Simulink. Pemodelan wind-diesel menggunakan fungsi transfer dari diagram turbin angin dan diesel. Respon sistem dengan Matlab/ Simulink dengan membandingkan dengan sistem tak terkontrol dan dengan metode PID-Trial Error, menunjukkan bahwa besar overshoot dan respon keadaan mantap (Settling Time) pada sistem terkontrol PID-PSO menjadi lebih halus dan lebih cepat.

Kata Kunci : Wind-Diesel, PID, PSO

Abstract - hybrid power generation system is a network controlled from several renewable energy power generation such as; wind turbines, solar cells, micro-hydro and so on. Frequency fluctuations in renewable generation greatly affect the quality of power in this case dihybrid wind turbines with diesel. These problems are caused, such as

not optimal setting of the gain and the small time constant of the Automatic Voltage Regulator, too many transmission lines are long so the ability is weak (weak line). In application of wind-diesel system is controlled with a PID controller, tuning of PID gain values are still in the conventional method, making it difficult to obtain the optimal value. In this study applied to design control by using Smart method in finding the optimum value proportional integral derivative (PID) to set the frequency of the load with Matlab / Simulink. Modeling wind-diesel using a transfer function diagram of the wind turbine and diesel. Response system with Matlab / Simulink by comparing the uncontrolled system and method PID-Trial Error, indicating that a large overshoot and steady state response (Settling Time) on the controlled system PID-PSO become smoother and faster.

Keywords: Wind-Diesel, PID, PSO

1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan sumber energi baru terbarukan sebagai sumber energi listrik, sudah semakin banyak digunakan. Tenaga angin sudah banyak digunakan sebagai sumber penggerak generator untuk menghasilkan energi listrik. Namun, pemanfaatan energi angin sangat bergantung pada kondisi angin di suatu daerah, sehingga untuk mengoptimalkan kinerja pembangkit listrik ini dibutuhkan pembangkit lain agar lebih optimal, dengan menggunakan diesel. Hibrid Wind-Diesel akan mampu melayani konsumen dengan optimal, karena kinerjanya yang lebih optimal dibanding dengan Wind Stand Alone. 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 frekwensi maka hal ini akan berpengaruh terhadap kualitas suplai tenaga yang ada pada sistem hibrid.

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 dilakukan 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*, diantaranya [1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11] Dari beberapa permasalahan pengaturan frekwensi yang menyebabkan fluktuasi aliran daya pada berbagai jenis pembangkitan sistem hibrid yang terkoneksi, maka peneliti mengambil tema Pengaturan Frekwensi Pada Sistem Daya Hibrid dengan Metode Cerdas *Particle Swarm Optimization* (PSO).

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Hibrid

Pembangkit listrik tenaga angin adalah suatu pembangkit listrik yang menggunakan angin sebagai sumber energi untuk menghasilkan energi listrik. Pembangkit ini dapat mengkonversikan energi angin menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin angin atau kincir angin. Sistem pembangkitan listrik menggunakan angin sebagai sumber energi merupakan sistem alternatif yang sangat berkembang pesat, mengingat angin merupakan salah satu energi yang tidak terbatas di alam. Hibrid diesel-turbin angin *stand alone* mungkin secara ekonomis dapat diterapkan dalam beberapa kasus penyediaan energi listrik pada daerah terpencil misalnya wilayah

pegunungan atau kepulauan dimana tingkat kecepatan angin cukup signifikan untuk menggerakkan generator dalam memproduksi listrik tetapi untuk penyediaan energi pada sistem jaringan terkoneksi tidak ekonomis [8]. Diharapkan hasil pembangkitan energi listrik dari sistem hibrid Turbin Angin-Diesel dapat menyediakan pelayanan yang baik bagi pelayanan beban ke konsumen, namun semua itu tergantung pada tipe dan karakteristik kontrol pembangkitan.

PLTH (Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid) adalah membangkitkan listrik digunakan lebih dari 1 macam pembangkit. Tetapi yang agak berbeda adalah kombinasi ini menggabungkan sumber energi yang dapat diperbaharui (*renewable*) dengan yang tidak dapat diperbaharui (*unrenewable*). Pada PLTH, *renewable energy* yang digunakan dapat berasal dari energi matahari, angin, dan lain-lain yang dikombinasikan dengan Diesel-Generator Set sehingga menjadi suatu pembangkit yang lebih efisien, efektif dan handal untuk dapat mensuplai kebutuhan energi listrik baik sebagai penerangan rumah atau kebutuhan peralatan listrik yang lain seperti TV, pompa air, strika listrik serta kebutuhan industri kecil di daerah tersebut. Dengan adanya kombinasi dari sumber-sumber energi tersebut, diharapkan dapat menyediakan catu daya listrik yang kontinyu dengan efisiensi yang paling optimal.

3. PARTICLE SWARM OPTIMIZATION (PSO)

Particle swarm optimization, disingkat sebagai PSO, didasarkan pada perilaku sebuah kawanan serangga, seperti semut, rayap, lebah atau burung. Algoritma PSO meniru perilaku sosial organisme ini. Perilaku sosial terdiri dari tindakan individu dan pengaruh dari individu-individu lain dalam suatu kelompok. Kata partikel menunjukkan, misalnya, seekor burung dalam kawanan burung. Setiap individu atau partikel berperilaku secara terdistribusi dengan cara menggunakan kecerdasannya (*intelligence*) sendiri dan juga dipengaruhi perilaku kelompok kolektifnya. Dengan demikian, jika satu partikel atau seekor burung menemukan jalan yang tepat atau pendek menuju ke sumber makanan, sisa kelompok yang lain juga akan dapat segera

mengikuti jalan tersebut meskipun lokasi mereka jauh di kelompok tersebut.

Setiap partikel bergerak dalam ruang/space tertentu dan mengingat posisi terbaik yang pernah dilalui atau ditemukan terhadap sumber makanan atau nilai fungsi objektif. Setiap partikel menyampaikan informasi atau posisi bagusnya kepada partikel yang lain dan menyesuaikan posisi dan kecepatan masing-masing berdasarkan informasi yang diterima mengenai posisi yang bagus tersebut. Sebagai contoh, misalnya perilaku burung-burung dalam kawanan burung. Meskipun setiap burung mempunyai keterbatasan dalam hal kecerdasan, biasanya ia akan mengikuti kebiasaan (*rule*) seperti berikut :

- Seekor burung tidak berada terlalu dekat dengan burung yang lain
- Burung tersebut akan mengarahkan terbangnya kearah rata-rata keseluruhan burung
- Akan memposisikan diri dengan rata-rata posisi burung yang lain dengan menjaga sehingga jarak antar burung dalam kawanan itu tidak terlalu jauh.

Dengan demikian perilaku kawanan burung akan didasarkan pada kombinasi dari 3 faktor simpel berikut, Kohesi - terbang bersama, separasi - jangan terlalu dekat, dan penyesuaian (*alignment*) mengikuti arah bersama. Jadi PSO dikembangkan dengan berdasarkan pada model berikut:

- Ketika seekor burung mendekati target atau makanan (atau bisa minimum atau maximum suatu fungsi tujuan) secara cepat mengirim informasi kepada burung-burung yang lain dalam kawan anter tentu.
- Burung yang lain akan mengikuti arah menuju ke makanan tetapi tidak secara langsung
- Ada komponen yang tergantung pada pikiran setiap burung, yaitu memorinya tentang apa yang sudah dilewati pada waktu sebelumnya.

Model ini akan disimulasikan dalam ruang dengan dimensi tertentu dengan sejumlah iterasi sehingga di setiap iterasi, posisi partikel akan semakin mengarah ke target yang dituju (minimasi atau maksimasi fungsi). Ini dilakukan hingga maksimum iterasi dicapai atau bisa juga digunakan kriteria penghentian yang lain.

3.1. Implementasi Particle Swarm Optimization Untuk Tuning Pi

Berikut ini adalah step-step dalam Particle Swarm Optimization (PSO) untuk tuning PID:

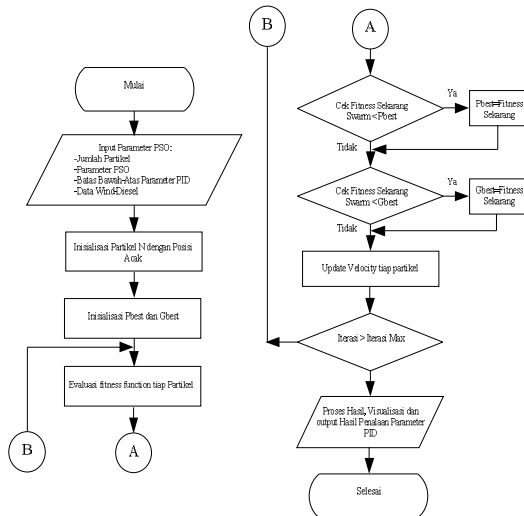
1. Menentukan parameter awal dari PSO seperti $c = 0.2$ dan $w = 0.05$
2. Menentukan nilai K_p dan K_i dengan menggunakan metode *Ziegler Nichols*
3. Menentukan banyaknya swarm ($n = 5$)
4. Menentukan posisi awal dari tiap swarm (sumbu $x = K_p$, sumbu $y = K_i$)
5. Mencoba nilai posisi (K_p dan K_i) tiap-tiap swarm yang telah dipilih dan lihat responnya
6. Ambil hasil nilai *Overshoot*, *Rise Time*, dan *Settling Time* dari masing-masing swarm yang telah dipilih
7. Tentukan *objective function* dari tiap-tiap swarm, di mana nilai yang paling kecil merupakan swarm yang paling optimal. Di mana P_{best} adalah nilai paling optimal di swarm itu sendiri. Dan G_{best} adalah nilai paling optimal dari keseluruhan swarm.
8. Cek apakah solusi yang sekarang sudah konvergen. Jika posisi *Overshoot*, *Rise Time*, dan *Settling Time* semakin kecil, maka hal tersebut hamper konvergen. Jika belum maka diulang dengan memperbarui iterasi $i = i + 1$, dengan cara menghitung nilai baru dari P_{best} dan G_{best} .

3.2. Penalaan PID dengan PSO

Gambar 4 menunjukkan diagram alir algoritma metode PSO yang digunakan pada penelitian ini untuk menala parameter PID. Fungsi objektif yang digunakan adalah dengan *Integral Time Absolut Error* (ITAE).

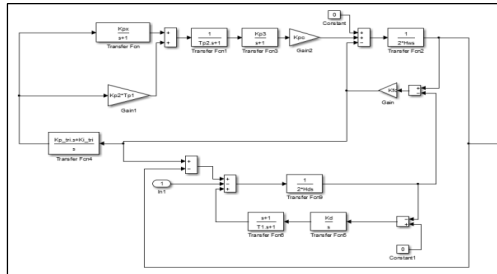
$$ITAE = \int_0^t |\Delta\omega(t)| dt \quad (5)$$

Parameter PID yang ditala oleh PSO adalah K_p , K_i dan K_d . Adapun untuk diagram alir proses penalaan parameter PID dengan menggunakan metode PSO ditunjukkan oleh *flowchart* pada Gambar berikut.

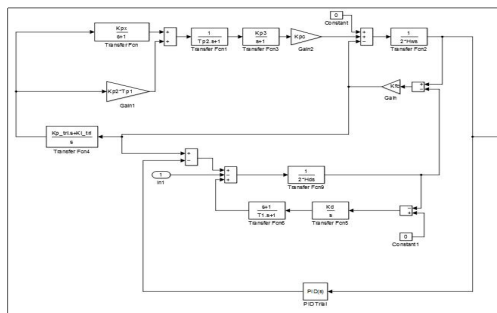


Gambar 1. Diagram alir penelitian

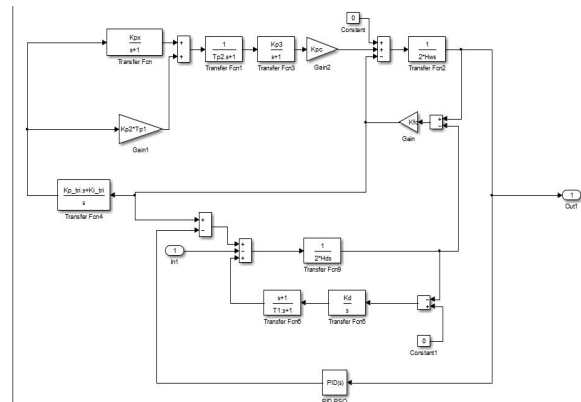
Berikut pemodelan untuk masing-masing model kontrol pada Simulink Matlab 2013, untuk Wind-Diesel tanpa Kontrol, dengan PID-Trial, dan dengan PID-PSO.



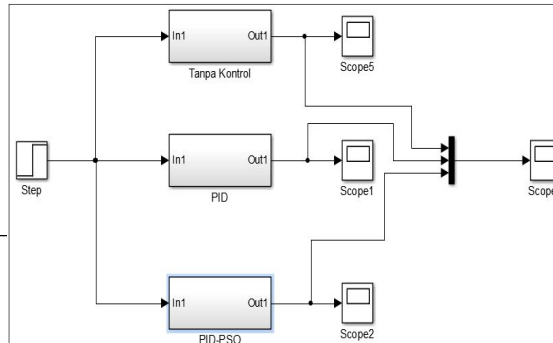
Gambar 2. Pemodelan Simulink Tanpa Kontrol



Gambar 3. Pemodelan Simulink PI-Trial Error



Gambar 4. Pemodelan Simulink PID-PSO



Gambar 5. Pemodelan Simulink Semua Model

Tabel 1. Parameter PSO

Parameter	Nilai
Jumlah Partikel	30
Max Iterasi	50
Jumlah Variabel	3
C2 (Social Constant)	2
C1 (Cognitive Constant)	2
W (Momentum Inersia)	0.9

Berikut hasil optimasi dengan metode PSO.

Tabel 2. Hasil Optimasi PID dengan PSO

ans = 2.7336e-05
 fitness_terbaik_global = 3.5098e-05
 Kp_pso = 89.0120
 Ki_pso = 56.5314
 Kd_pso = 14.8705

Hasil optimasi PSO didapatkan nilai *fitness function* sebesar $3.5098e-05$, dengan 50 iterasi.

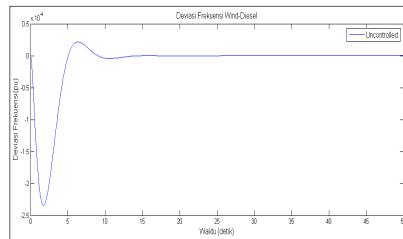
Tabel 3. Hasil Penalaan Parameter

Parameter	Konstrain		Hasil CSA
	Bawah	Atas	
K_p	80	90	89.0120
K_i	50	60	56.5314
K_d	10	15	14.8705

4. HASIL SIMULASI & ANALISA

4.1 Respon Frekuensi Wind-Diesel Uncontroller

Simulasi penelitian yang pertama adalah simulasi open loop wind-diesel tanpa *controller*. Berikut ditunjukkan grafik hasil simulasi *wind-diesel* tanpa kontroler.



Gambar 6. Frekuensi Wind-Diesel tanpa kontroler

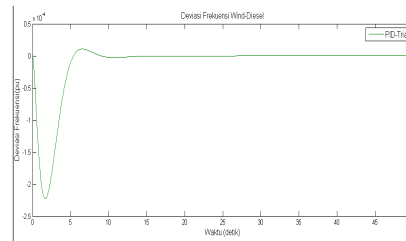
Gambar 6 menunjukkan grafik respon frekuensi *Wind-Diesel open loop* atau tanpa dilengkapi *controller*. Dari grafik tersebut didapatkan nilai *overshoot* dan *settling time*.

Tabel 4. Nilai *overshoot* dan *settling time*

Karakteristik	Nilai
<i>Overshoot</i> (pu)	-0.0002344 & $2.15e-05$
<i>Settling time</i> (detik)	13.2

4.2 Respon Frekuensi Wind-Diesel Menggunakan Controller PID Trial-Error

Simulasi berikut adalah dengan menggunakan kontrol PID-Trial Error, dari hasil simulasi didapatkan grafik berikut :



Gambar 7. Grafik respon frekuensi Wind-Diesel dengan controller PID-Trial Error

Adapun nilai *overshoot* yang terjadi dan juga *settling time* nya detailnya dapat dilihat pada tabel berikut.

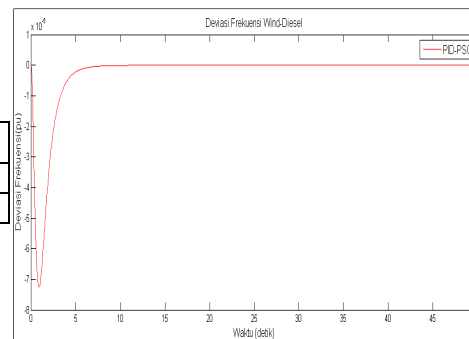
Tabel 5. Nilai *overshoot* dan *settling time* sistem dengan controller PID-Trial Error

Karakteristik	Nilai
<i>Overshoot</i> (pu)	-0.0002227 & $1.076e-05$
<i>Settling time</i> (detik)	12.8

Dari hasil simulasi PID-Trial Error *Overshoot* nya menjadi lebih kecil, namun tidak direkomendasikan digunakan sebagai pengontrol.

4.3 Respon Frekuensi Wind-Diesel Menggunakan Controller PID-PSO

Simulasi berikut dengan menggunakan kontroler PID-PSO, dari hasil simulasi didapatkan :



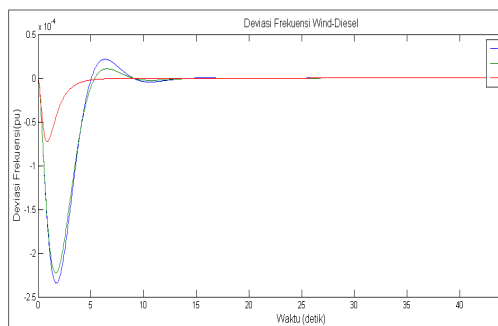
Gambar 8. Grafik respon frekuensi Wind-Diesel yang dilengkapi controller PID-PSO

Gambar 8 hasil respon frekuensi untuk sistem Wind-Diesel dengan controller PID-PSO. Dari grafik tersebut juga dapat diketahui nilai *overshoot* dan nilai *settling time* seperti pada tabel berikut.

Tabel 6. Nilai *overshoot* dan *settling time* sistem dengan *controller PID-PSO*

Karakteristik	Nilai
<i>Overshoot (pu)</i>	-7.253e-05 & 7.439e-10
<i>Settling time (detik)</i>	5.8

Nilai *overshoot* yang pada kontrol ini menjadi lebih kecil, -7.253e-05 hingga 7.439e-10. Dari hasil yang telah disimulasikan, berikut ini dapat dilihat perbandingan model kontrol yang telah disimulasikan.



Gambar 9. Grafik perbandingan respon frekuensi keempat kontroler

Jenis *kontroller PID-PSO* yang diajukan dalam penelitian ini memiliki respon yang signifikan dalam peredaman osilasi tersebut dan cocok diterapkan untuk sistem pembangkit hibrid *Wind-Diesel*, di mana untuk metode penalaannya dengan menggunakan metode cerdas *Artificial Intelligent Particle Swarm Optimization*.

5. SIMPULAN

Dengan menggunakan metode cerdas *Particle Swarm Optimization (PSO)* sebagai metode penalaan *controller PID*, didapatkan hasil penalaan parameter nilai *PID* yang optimal di mana, $K_p_{pso} = 89.0120$, $K_i_{pso} = 56.5314$, $K_d_{pso} = 14.8705$.

Dengan menggunakan *PID-PSO* pada sistem kontrol *Load Frequency Control (LFC)* yang dirancang, dapat memperbaiki respon frekuensi sebuah sistem *Wind-Diesel*. Hal ini ditunjukkan dengan nilai *settling time*

sebesar 5.8 detik yang merupakan nilai *settling time* tercepat dan juga nilai *overshoot* sebesar -7.253e-05 hingga 7.439e-10 puyang merupakan nilai *overshoot* terkecil dari model kontroler yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T.S. Bhatti,(1995) : *Load frequency control of isolated wind diesel hybrid power systems*. Sciencedirect: Energy Conversion and Management. 1995.
- [2] S.C.Tripathy. (1995) : *Dynamic Performance Of Wind-Diesel Power System With Capacitive Energy Storage*. Indian Institute Of Technology. India.
- [3] S.C.Tripathy. (1995) : *Improved Load-Frequency Control With Capacitive Energy Storage*.1995.
- [4] T.S. Bhatti,(1997) : *Load-frequency control of isolated wind-diesel-microhydro hybrid power systems (WDMHPS)*. Centre for Energy Studies, Indian Institute of Technology, India. 1997.
- [5] Tomas,P. (2003) : *Modelling of Wind Turbines for Power System Studies*. 2003.
- [6] Robandi,I. (2006) : *Modern Power System Control*. ANDI, Yogyakarta. 2006.
- [7] Robandi,I. (2006) : *Desain Sistem Tenaga Modern: Optimasi, Logika Fuzzy, dan Algoritma Genetika*.ANDI. 2006.
- [8] Abidin,Z. (2010) : *Pengaturan Frekuensi Beban Hibrid Turbin Angin Diesel Dengan Menggunakan Algoritma Genetika*. Jurnal Teknika.2010.
- [9] Mohit Singh. (2011) : *Dynamic Models for Wind Turbines and Wind Power Plants*. 2011.
- [10] Tan Wen,(2011) : *Load frequency control for wind-diesel hybrid systems*. Control Conference (CCC), 2011 30th Chinese.
- [11] Hou,J. (2012) : *Load frequency control of wind diesel hybrid power systems via predictive control*. Control Conference (CCC), 2012 31st Chinese.