

OPTIMISASI ECONOMIC DISPATCH PADA SISTEM KELISTRIKAN 150 kV BALI MENGGUNAKAN IMPERIALIST COMPETITIVE ALGORITHM

I G.N.Ayrthon Senapati¹, Ida Bagus Gede Manuaba², Rukmi Sari Hartati³

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Email : ayrthonsenapati@gmail.com¹, ibgmanuaba@unud.ac.id²,
rukmisari@unud.ac.id³

Tujuan dari Economic Dispatch adalah untuk menentukan pembagian masing-masing unit dalam menyediakan beban yang diminta, sehingga permintaan beban dapat dipenuhi dengan biaya serendah mungkin dengan mempertimbangkan keterbatasan pembangkit dan sistem yang tersedia. Peneliti pada umumnya menggunakan metode *Lagrange*, *Genetic Algorithm* (GA), atau metode optimisasi lainnya dalam teknologi *Artificial Intelligence* (AI) untuk menyelesaikan permasalahan *economic dispatch*. Seiring dengan berkembangnya teknologi *Artificial Intelligence* (AI), telah ditemukan sebuah metode baru yang dapat menyelesaikan permasalahan optimisasi yaitu metode *Imperialist Competitive Algorithm* (ICA) yang dimana dalam penelitian ini, metode ICA akan diaplikasikan untuk menyelesaikan permasalahan *economic dispatch* pada sistem kelistrikan 150 kV Bali dan dibandingkan dengan metode Iterasi *Lambda* dan metode *Particle Swarm Optimization* (PSO). Hasil simulasi menunjukkan bahwa metode ICA mampu memberikan solusi lebih baik dalam menyelesaikan permasalahan *economic dispatch* sistem kelistrikan 150 kV Bali. Selisih biaya pembangkitan antara metode *Imperialist Competitive Algorithm* (ICA) dengan metode *Particle Swarm Optimization* (PSO) sebesar 1685.19 \$/h atau penghematan dilakukan sebesar 0,24 %. Sedangkan selisih biaya pembangkitan antara metode *Imperialist Competitive Algorithm* (ICA) dengan metode Iterasi *Lambda* sebesar 7116.45 \$/h atau penghematan dilakukan sebesar 1,03 %.

Kata kunci : *Economic Dispatch, Imperialist Competitive Algorithm, Artificial Intelligence*

Abstract

The purpose of the Economic Dispatch is to determine the distribution of each unit in providing the requested load, so that the load demand can be met at the lowest possible cost taking into account the limitations of the generator and available system. Commonly the researcher use some methods to solve economic dispatch, such as Lagrange, Genetic Algorithm (GA), and others optimization methods. Latest Artificial Intelligent technology had invented the solution to solve the optimization problem especially for economic dispatch, its named Imperialist Competitive Algorithm (ICA) which in this project, ICA become the solution to solve economic dispatch problem in Bali 150 kV interconnection system. The simulation result the compared by the result using Lambda Iteration and Particle Swarm Optimization (PSO) method. Simulation result show that the ICA method is able to provide a better solution in Bali 150 kV interconnection system. The difference in generation costs between the Imperialist Competitive Algorithm (ICA) method and the Particle Swarm Optimization (PSO) method is 1685.19 \$/h or savings are made at 0.24%. While the difference in generation costs between the Imperialist Competitive Algorithm (ICA) method with the Lambda Iteration method is 7116.45 \$/h or savings are made at 1.03%.

Keyword: *Economic Dispatch, Imperialist Competitive Algorithm, Artificial Intelligence*

1. PENDAHULUAN

Dewasa ini bertambahnya kebutuhan listrik sejalan dengan bertambahnya peningkatan jumlah pembangunan infrastruktur dan populasi penduduk. Kemajuan perkembangan teknologi yang pesat juga memberikan kontribusi besar dalam pelonjakan kebutuhan akan tenaga

listrik, tetapi peningkatan akan kebutuhan tenaga listrik tidak boleh sembarangan diatasi dengan penambahan jumlah pembangkit tenaga listrik (*power plant*). Akibatnya perlu dilakukan suatu pengaturan atau pengelolaan terhadap pembangkitan listrik dengan baik agar keseluruhan beban masih mampu terpenuhi dan para pelaku

produsen tenaga listrik tidak mendapatkan kerugian yang sangat besar karena biaya operasionalnya.

Analisis aliran daya optimal untuk meminimalkan biaya pembangkitan biasa dikenal dengan istilah "*Economic Dispatch*". Tujuan dari *Economic Dispatch* adalah untuk menentukan pembagian masing-masing unit dalam menyediakan beban yang diminta, sehingga permintaan beban dapat dipenuhi dengan biaya serendah mungkin dengan mempertimbangkan keterbatasan pembangkit dan sistem yang tersedia. Permasalahan optimasi pada *Economic Dispatch* terdiri dari batasan yang kompleks dan dapat dinyatakan dalam bentuk pemrograman tak linear atau *nonlinear programming* [1]

Pada penelitian ini dirancang suatu optimasi *Economic Dispatch* dengan menggunakan *Imperialist Competitive Algorithm* (ICA) yang diaplikasikan pada sistem kelistrikan 150 kV Bali. Metode *Imperialist Competitive Algorithm* (ICA) ini diharapkan dapat memperoleh nilai daya output yang optimal sehingga mampu mendapatkan biaya pembangkitan yang minimal.

2. KAJIAN PUSTAKA

Penelitian berikut ini membahas tentang *Imperialist Competitive Algorithm* dalam menyelesaikan optimisasi *Economic Dispatch* dalam sistem kelistrikan 150 kV Bali. Teori mengenai *Imperialist Competitive Algorithm* dan *Economic Dispatch* dapat dijelaskan sebagai berikut:

2.1 Economic Dispatch

Tujuan dari *Economic Dispatch* adalah untuk menentukan pembagian masing-masing unit dalam menyediakan beban yang diminta, sehingga permintaan beban dapat dipenuhi dengan biaya serendah mungkin dengan mempertimbangkan keterbatasan pembangkit dan sistem yang tersedia [2].

Economic Dispatch merupakan salah satu permasalahan optimisasi yang kompleks. Biaya bahan bakar pembangkitan merupakan parameter yang dioptimisasi didalam permasalahan optimisasi *Economic Dispatch* yang dimana memiliki karakteristik yang tidak linear [3]. Persamaan fungsi biaya pembangkit yaitu dalam persamaan polinomial orde dua dan dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$F_i(P_i) = a_i + b_i P_i + c_i P_i^2 \quad (1)$$

Dengan :

F_i = Biaya pembangkitan pembangkit ke - i (Rp)

P_i = *Output daya* dari pembangkitan ke - i (MW)

Koefisien biaya produksi dari operasi suatu pembangkit ditunjukkan dalam variabel a , b , dan c .

Dari persamaan (1), menunjukkan hubungan antara daya yang dibangkitkan dari generator tidak linear terhadap biaya pembangkitan

$$P_{Gi \min} \leq P_{Gi} \leq P_{Gi \max} \quad (2)$$

Besar daya yang dibangkitkan generator ke- i disebut dengan P_{Gi} . Persamaan (2) disebut *inequality constraint*. Total daya terbangkitan oleh generator harus diantara batas pembangkitan minimum dan maksimum dari suatu generator.

$$\sum P_i = P_d + P_L \quad (3)$$

Persamaan (3) disebut *equality constraint*. Besarnya daya yang dibangkitkan generator harus mampu mencukupi kebutuhan pada beban dan losses.

Permasalahan *Economic Dispatch* menjadi rumit disebabkan *Equality constraint* dan *inequality constraint*. Hanya dengan metode iterasi yang bisa dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan *Economic Dispatch* [4].

2.2 Imperialist Competitive Algorithm

Pada tahun 2007, Eshmaily Atshpaz Gargari, mempublikasikan salah satu metode *artificial intelligence* baru yang dinamakan *Imperialist Competitive algorithm* (ICA), yang dimana terinspirasi berdasarkan evolusi sosial politik manusia. Dimulai dengan populasi awal yang dinamakan *colony* yang dimana setiap individu dari populasi tersebut disebut dengan *country*. Beberapa *country* terbaik akan dipilih menjadi *imperialist*. *Colony* kemudian akan dibagi diantara para *imperialist* dan salah satu *imperialist* terkuat akan menjadi sebuah *empire*.

2.2.1 Inisialisasi Empire

Imperialist Competitive Algorithm akan menyusun *array* dari nilai variabel yang dioptimisasi. Populasi awal dinamakan

colony yang dimana setiap individu dari populasi tersebut disebut dengan *country*. Country dengan nilai terbaik akan dipilih menjadi *imperialist* yang akan memimpin sebuah *empire*. Populasi yang tidak terpilih akan membentuk *colony* yang dimiliki oleh *imperialist* dalam suatu *empire*. Sebuah *empire* akan terdiri dari beberapa *colony* dan satu *imperialist*. *Imperialist* dengan jumlah *colony* yang terbanyak akan menjadi *imperialist* yang paling kuat [6]

Inisialisasi *country* memiliki persamaan sebagai berikut.

$$Country = [P_1, P_2, P_3, \dots, P_{Nvar}] \quad (4)$$

Variabel yang akan dioptimisasi adalah Variabel $(P_1, P_2, P_3, \dots, P_{Nvar})$ sejumlah $Nvar$, persamaan (5) menunjukkan *cost* tiap *country* yang diketahui dengan cara mengevaluasi posisi *country* yang dapat ditunjukkan didalam persamaan:

$$Cost=f(country)=f(P_1, P_2, P_3, \dots, P_{Nvar}) \quad (5)$$

Kekuatan dari *imperialist* dapat menentukan dasar dalam pembagian *colony*. *Cost imperialist* wajib dinormalisasi sebelumnya untuk menentukan pembagian *colony* menurut *imperialist* yang tepat, dengan persamaan sebagai berikut:

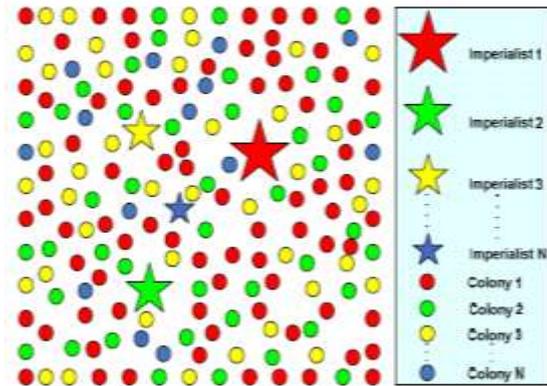
$$C_n = c_n - \max\{c_i\} \quad (6)$$

Dengan C_n adalah *cost* yang sudah dinormalisasi dan c_n merupakan *cost* dari *imperialist* ke- n .

Kemudian jumlah *colony* awal untuk sebuah *empire* ke- n adalah

$$N.C.n = \text{round} \{P_n \cdot N_{col}\} \quad (7)$$

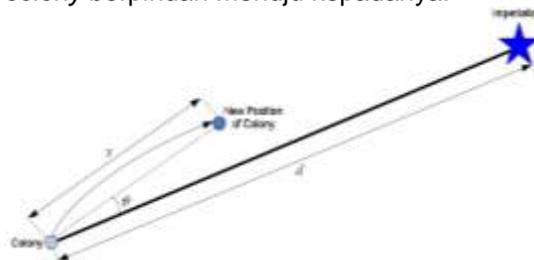
Keseluruhan jumlah awal *colony* dari *empire* ke- n ditunjukkan dengan $N.C.n$ dan N_{col} adalah jumlah *colony* awal. *Imperialist* ke- n dengan *colony* tersebut akan mendirikan *empire* ke- n . *Empire* awal akan terbentuk dari *empire* tersebut dan dapat ditunjukkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Hasil *Empire* Awal

2.2.2 Pergerakan *Colony* Menuju *Imperialist*

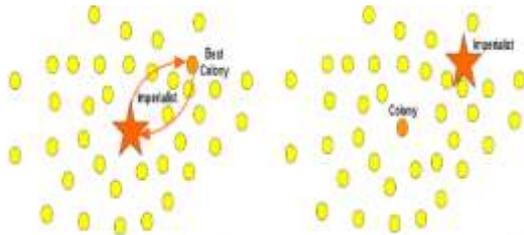
Colony yang dimiliki oleh *imperialist* akan berusaha diperbaiki yaitu dengan menggerakkan keseluruhan *colony* mengarah kepadanya. Gambar 2 menunjukkan pergerakan *colony* ini dan bila pergerakan ini terus dilakukan maka *imperialist* akan membuat keseluruhan *colony* berpindah menuju kepadanya.



Gambar 2. Pergerakan *Colony* Menuju *Imperialist*

2.2.3 Pertukaran Posisi Antara *Imperialist* dengan *Colony*

Saat *colony* bergerak menuju *imperialist*, satu buah *colony* mungkin memiliki nilai *cost* yang lebih bagus daripada yang dipunyai oleh *imperialist*nya. Saat kejadian ini terjadi, maka akan ada perpindahan posisi antara *colony* dengan *imperialist*. Algoritma kemudian akan melanjutkan dengan *colony* dan *imperialist* yang baru [6]



Gambar 3. Pertukaran Posisi Antara *Imperialist* dengan *Colony*

2.2.4 Penggabungan *Empire* yang Sama

Saat pergerakan *imperialist* dan *colony* untuk mencapai global minimum, beberapa *imperialist* mungkin bergerak ke arah posisi yang sama. Apabila jarak diantara 2 *imperialist* terlalu dekat, maka *empire* baru akan terbentuk dan akan membuat sebuah *imperialist* baru di posisi dimana 2 *imperialist* itu bertemu [6]

2.2.5 Total Kekuatan dari Sebuah *Empire*

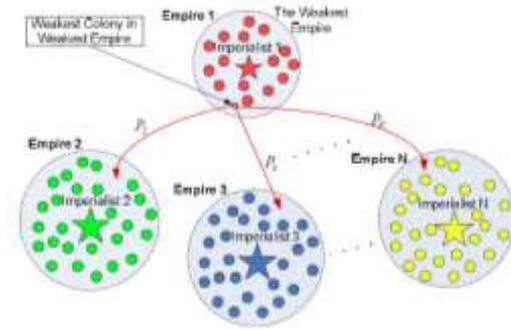
Dalam kekuatan sebuah *empire*, *Imperialist* mempunyai pengaruh yang sangat besar, *colony* juga memiliki pengaruh walau sangat kecil. Keseluruhan *cost* satu *empire* dapat disimpulkan sebagai jumlah antara *cost imperialist* dengan rata-rata *cost colony-colony* yang dimiliki *imperialist* dari satu *empire*. Nilai ξ menunjukkan pengaruh kontribusi dari *colony*.

$$T.C.n = \cos(imperialist_n) + \xi \text{ mean } \{Cost(colonies \text{ of } empire)\} \quad (10)$$

Dengan $T.C.n$ adalah keseluruhan *cost* sebuah *empire* ke- n dan juga nilai positif yang kurang dari 1, sehingga *imperialist* memberi pengaruh yang besar dalam kekuatan total *empire* daripada *colony* [6]

2.2.6 *Imperialistic Competition*

Semua *empire* berjuang untuk mendapatkan *colony* dan menguasai mereka dari *empire* lain. *Imperialistic competition* secara perlahan memberikan penurunan kekuatan dari *empire* yang lemah dan memberikan kekuatan kepada *empire* yang lebih kuat. [6].



Gambar 4. *Imperialistic competition*

Sebelum memulai kompetisi, maka harus mencari probabilitas kepemilikan dari setiap *empire* didasarkan dari total kekuatannya. Normalisasi total *cost* dan probabilitas kepemilikan dari *empire* ke- n secara berurutan dapat dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut

$$N.T.C.n = T.C.n - \max \{T.C.i\} \quad (11)$$

2.2.7 Eliminasi *Empire* Terendah

Colony dari *empire* terlemah yang sudah runtuh di dalam kompetisi kekuasaan tersebut akan diberikan untuk *empire* yang lain. Jika sebuah *empire* kehilangan semua koloninya maka *empire* tersebut akan runtuh dan tereliminasi [6]

2.2.8 Konvergensi

Setelah keseluruhan *empire* tereliminasi kecuali satu yang paling kuat, maka keseluruhan *colony* akan dikuasai *empire* yang paling kuat. Pada *empire* ideal yang baru, keseluruhan *colony* akan memiliki *cost* dan posisi yang identik dengan *imperialist*. Pada kondisi ini, maka kompetisi kekuasaan berakhir dan algoritma berhenti [6].

3. METODE PENELITIAN

3.1 Inisialisasi Data

1. Mempersiapkan parameter-parameter data yang akan digunakan, seperti *single line* diagram sistem kelistrikan 150 kV Bali, data parameter saluran transmisi sistem kelistrikan 150 kV Bali, data pembebanan untuk masing – masing gardu induk, data kapasitas pembangkit serta karakteristik input output semua unit pembangkit,

2. Melakukan perhitungan *load flow* menggunakan metode *Newton Raphson* dalam *software* MATLAB dengan menginisialisasi data beban masing – masing gardu induk serta data saluran transmisi sistem kelistrikan 150 kV Bali
3. Karakteristik *input-output* unit pembangkit didapatkan dengan mengolah data *heatrate* dengan daya *output* unit, sehingga didapatkan hubungan antara *input* biaya bahan bakar (\$/h) dengan daya *output* (MW).
4. Perhitungan *Economic Dispatch* dengan menggunakan ICA dapat dilakukan dengan memasukkan data daya kapasitas pembangkit dan hasil dari pengolahan data yang telah dilakukan sebelumnya.

3.2 Tahap Penelitian

1. Studi literatur dan mencari data penelitian yang berasal dari PT Indonesia Power UP Bali, PT General Energy Bali, PT PLN (PERSERO) UPT Bali dan PT PLN (PERSERO) UP2B Bali
2. Menentukan parameter – parameter yang akan dioptimasi dan input data dalam program, seperti melakukan inisial parameter dalam program dan data – data yang diperlukan.
3. Membuat algoritma *Imperialist Competitive Algorithm* menggunakan *software* MATLAB.
4. Mensimulasikan algoritma dari metode *Imperialist Competitive Algorithm* pada sistem kelistrikan 150 kV Bali. dengan menggunakan *software* MATLAB.
5. Membandingkan dan menganalisis hasil optimisasi *Economic Dispatch* dengan metode *imperialist competitive algorithm* pada sistem kelistrikan 150 kV Bali

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Simulasi Pengujian Economic Dispatch (ED)

Pada penelitian ini , metode *Imperialist Competitive Algorithm* (ICA) akan diaplikasikan pada sistem tenaga listrik IEEE 26 bus dan sistem kelistrikan 150 kV Bali. Hasil simulasi ICA akan dibandingkan dengan metode Iterasi *Lambda* dan metode PSO.

4.2 Sistem Tenaga Listrik IEEE 26 Bus

Pengujian sistem 26 bus ini dimaksudkan untuk mengamati biaya pembangkitan yang dihasilkan oleh metode *Imperialist Competitive Algorithm* (ICA) yang dimana akan dibandingkan dengan metode lain seperti metode Iterasi *Lambda* dan metode PSO. Sistem ini menggunakan *base* daya sebesar 100 MVA, terdiri dari 6 unit pembangkit dengan beban sistem sebesar 1263 MW.dan Bus 1 sebagai *slack* bus.

4.2.1 Hasil Simulasi Optimisasi Economic Dispatch pada Sistem IEEE 26 Bus

Simulasi dengan menggunakan metode Iterasi *Lambda* menghasilkan daya pembangkitan total sebesar 1.276, 99 MW dengan biaya pembangkitan sebesar 15.461,7 \$/jam. Secara detail hasil simulasi ditunjukkan oleh Tabel 1

Tabel 1. Hasil Simulasi dengan Menggunakan Metode Iterasi *Lambda*

No	Pembangkit	Daya Output (MW)
1	P1	449,45
2	P2	173,28
3	P3	266,24
4	P4	127,35
5	P5	174,52
6	P26	86,15
Total Daya (MW)		1276,99
Total Biaya (\$/h)		15.461,7

Hasil simulasi *Economic Dipatch* menggunakan metode *Particle Swarm Optimization* (PSO). pada sistem tenaga listrik IEEE 26 bus ditunjukkan pada Tabel 2, berdasarkan hasil simulasi dapat diketahui daya total pembangkitan sebesar 1.276,08 MW, sedangkan didapatkan biaya pembangkitan sebesar 15.455 \$/jam.

Tabel 2. Hasil Simulasi dengan Menggunakan Metode PSO

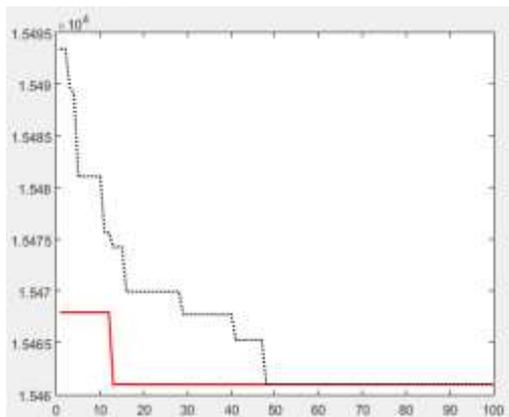
No	Pembangkit	Daya Output (MW)
1	P1	462,57
2	P2	174,80
3	P3	265,89
4	P4	109,65
5	P5	182,67
6	P26	80,50
Total Daya (MW)		1276,08
Total Biaya (\$/h)		15.455

Hasil simulasi *Economic Dispatch* menggunakan metode ICA pada sistem tenaga listrik IEEE 26 bus ditunjukkan pada Tabel 3, berdasarkan hasil simulasi dapat diketahui daya total pembangkitan sebesar 1.275,39 MW, sedangkan didapatkan biaya pembangkitan sebesar 15.452,1 \$/jam.

Tabel 3. Hasil Simulasi dengan Menggunakan Metode ICA

No	Pembangkit	Daya (MW)	Output
1	P1	438,15	
2	P2	191,01	
3	P3	250,49	
4	P4	150	
5	P5	169,78	
6	P26	75,95	
Total Daya (MW)		1275,38	
Total Biaya (\$/h)		15.452,1	

Simulasi menghasilkan konvergensi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. ICA mencapai titik konvergensi pada *decade* ke 14



Gambar 5 konvergensi ICA pada sistem IEEE 26 Bus

Berdasarkan hasil simulasi dapat diketahui bahwa, metode *Imperialist Competitive Algorithm* (ICA) mampu menghasilkan total biaya pembangkitan paling minimum jika dibandingkan dengan metode *Iterasi Lambda* dan metode *Particle Swarm Optimization* (PSO). Selisih biaya pembangkitan antara metode *Imperialist Competitive Algorithm* (ICA) dengan metode PSO sebesar 2,9 \$/h atau dengan kata lain penghematan dilakukan sebesar 0.018 %. Sedangkan selisih biaya pembangkitan antara metode *Imperialist Competitive Algorithm* (ICA) dengan metode *Iterasi Lambda* sebesar 9.6 \$/h atau dengan kata lain penghematan dilakukan sebesar 0.062 %.

Hasil pengujian terhadap sistem tenaga listrik IEEE 26 bus didapatkan bahwa metode *Imperialist Competitive Algorithm* (ICA) mampu menghasilkan biaya pembangkitan yang lebih optimal, maka metode *Imperialist Competitive Algorithm* (ICA) ini layak untuk diaplikasikan pada sistem yang lebih besar, seperti sistem kelistrikan 150 kV Bali.

4.3 Sistem Kelistrikan 150 kV Bali

Sistem kelistrikan 150 kV Bali merupakan sistem yang menyalurkan daya kepada pelanggan di berbagai area di pulau Bali. Daya yang disalurkan berasal dari daya listrik yang diproduksi oleh berbagai sumber pembangkit seperti PLTDG dan PLTG Pesanggaran, PLTU Celukan Bawang, PLTG Gilimanuk dan PLTG Pamaron.

Pengujian pada sistem kelistrikan 150 kV Bali memiliki nilai parameter ICA yang paling optimal yaitu dengan kombinasi 100 *country* terdiri dari 50 *imperialist* dan 50 *colony*, nilai koefisien asimilasi adalah 2 dan nilai koefisien revolusi adalah 0,3. Sistem ini menggunakan *base* daya sebesar 100 MVA dan terdiri dari 4 unit pembangkit dengan total beban sistem pada saat terjadi beban puncak adalah sebesar 854,66 MW

4.3.1 Hasil Simulasi Optimisasi Economic Dispatch pada Sistem Kelistrikan 150 kV Bali

Simulasi dengan menggunakan metode *Iterasi Lambda* menghasilkan daya pembangkitan total sebesar 915 MW dengan biaya pembangkitan sebesar 686.986,2 \$/h. Hasil simulasi secara rinci ditunjukkan oleh Tabel 4

Tabel 4. Hasil Simulasi dengan Menggunakan Metode *Iterasi Lambda*

No	Pembangkit	Daya (MW)	Output
1	Pesanggaran	324,6	
2	Celukan Bawang	380	
3	Pamaron	130,4	
4	Gilimanuk	80	
Total Daya (MW)		915	
Total Biaya (\$/h)		686.986,2	

Simulasi dengan menggunakan metode *Particle Swarm Optimization* (PSO) menghasilkan daya pembangkitan total sebesar 912,4 MW dengan biaya pembangkitan sebesar 681.554,9 \$/h. Secara detail hasil simulasi ditunjukkan oleh Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Simulasi dengan Menggunakan Metode PSO

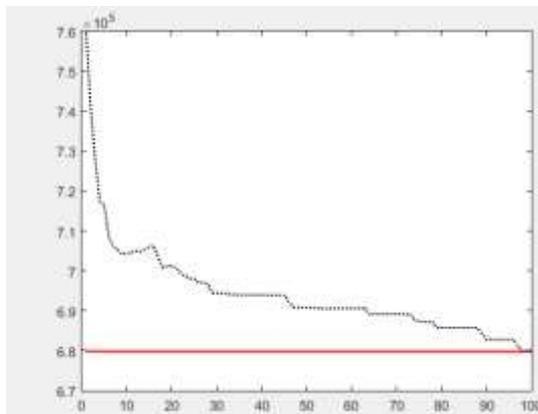
No	Pembangkit	Daya (MW)	Output
1	Pesanggaran		322
2	Celukan Bawang		380
3	Pemaron		130,4
4	Gilimanuk		80
Total Daya (MW)			912,4
Total Biaya (\$/h)			681.554,9

Simulasi dengan menggunakan metode ICA pada sistem kelistrikan 150 kV Bali ditunjukkan pada Tabel 6, berdasarkan hasil simulasi dapat diketahui daya total pembangkitan sebesar 911,66 MW, sedangkan didapatkan biaya pembangkitan sebesar 679.869,75 \$/h.

Tabel 6. Hasil Simulasi dengan Menggunakan Metode ICA

No	Pembangkit	Daya (MW)	Output
1	Pesanggaran		321,26
2	Celukan Bawang		380
3	Pemaron		130,4
4	Gilimanuk		80
Total Daya (MW)			911,66
Total Biaya (\$/h)			679.869,75

Simulasi menghasilkan konvergensi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. ICA mencapai titik konvergensi pada decade ke 2



Gambar 6 konvergensi ICA pada sistem kelistrikan 150kV Bali

Hasil simulasi dapat diketahui bahwa, metode *Imperialist Competitive Algorithm* (ICA) mampu menghasilkan total biaya pembangkitan paling minimum jika dibandingkan dengan metode Iterasi *Lambda* dan metode *Particle Swarm Optimization* (PSO). Selisih biaya pembangkitan antara metode *Imperialist Competitive Algorithm* (ICA) dengan metode *Particle Swarm Optimization* (PSO) sebesar 1685.19 \$/h atau dengan kata lain penghematan dilakukan sebesar 0,24 %. Sedangkan selisih biaya pembangkitan antara metode *Imperialist Competitive Algorithm* (ICA) dengan metode Iterasi *Lambda* sebesar 7116.45 \$/h atau dengan kata lain penghematan dilakukan sebesar 1,03 %.

5. SIMPULAN

Hasil simulasi *Economic Dispatch* (ED) dengan menggunakan metode *Imperialist Competitive Algorithm* (ICA), *Particle Swarm Optimization* (PSO) dan Iterasi *Lambda*, dapat disimpulkan bahwa kinerja metode *Imperialist Competitive Algorithm* (ICA) mampu menghasilkan nilai yang lebih optimal dibandingkan metode *Particle Swarm Optimization* (PSO) dan Iterasi *Lambda* dengan penghematan biaya sebesar 1685,19 \$/h atau penghematan dilakukan sebesar 0,24 % dibandingkan dengan metode *Particle Swarm Optimization* (PSO), dan penghematan biaya pembangkitan sebesar 7116.45 \$/h atau penghematan dilakukan sebesar 1,03 % dibandingkan dengan metode Iterasi *Lambda*.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Subramani, Siva S. dan Rjaeswari, Raja P. 2008. *A modified Particle Swarm Optimization for Economic Dispatch with Non-Smooth Cost Functions*. International Journal of Soft Computing 3, Medwell Journals.
- [2] Zhu, J. 2009. *Optimization of Power System Operation*. New York: John Willey & Sons Inc.
- [3] Wood, A.J. and Wollenberg, B.F. 1996. *Power Generation, Operation and Control (Second Edition)*. New York: John Wiley & Sons.
- [4] Saadat, H. 1999. *Power System Analysis 2nd Edition*. McGrawHill. Ch1.
- [5] Trisiana, Y. 2010. *Optimisasi Economic Dispatch Menggunakan*

- Imperialist Competitive Algorithm (ICA)*
pada Sistem Tenaga Listrik. Surabaya:
Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [6] Gargari, E.A. and Lucas, C. 2007.
*Imperialist Competitive Algorithm: An
Algorithm for Optimization Inspired by
Imperialistic Competition*. IEEE
Congress on Evolutionary
Computation
- [7] Jalilzadeh, Saeid dan Nikkhah,
Saman. 2015. Economic Dispatch
Optimization Using Imperialist
Competitive Algorithm (ICA) and
Compare with PSO Algorithm Result.
Iran: University of Zanjan.