

ECONOMIC DISPATCH MENGGUNAKAN IMPERIALIST COMPETITIVE ALGORITHM (ICA) PADA SISTEM KELISTRIKAN LOMBOK

Khaerul Hazi¹, Rosmaliati², Misbahuddin³

ABSTRAK

Penelitian ini membahas tentang optimalisasi pada sisi pembangkit untuk pemilihan daya yang dibangkitkan pada masing – masing generator dengan tujuan untuk mendapatkan biaya yang ekonomis khususnya pada Sistem Kelistrikan Lombok, tentunya dengan memperhatikan daya beban dan losses.

Economic Dispatch (ED) menggunakan metode Imperialist Competitive Algorithm (ICA) ini dapat menghasilkan kombinasi daya pembangkitan dan biaya termurah dengan perlakuan Parameter ICA optimasi ED Kelistrikan Lombok dengan kombinasi country = 150 dan imperialist = 5, koefisien asimilasi $\beta = 1.5$ dan koefisien revolusi = 0.3.

Biaya total pembangkitan yang dihasilkan oleh metode Imperialist Competitive Algoritma sebesar 72.881.839 Rp/jam lebih kecil dibandingkan dengan metode Algoritma Genetika (GA) sebesar 73.230.930 Rp/jam sehingga dengan menggunakan kombinasi daya pembangkitan metode ICA dapat menghemat biaya sebesar 349.090 Rp/jam dibandingkan dengan metode GA.

Kata Kunci: Economic Dispatch, Pembangkit Termal, Imperialist Competitive Algorithm.

PENDAHULUAN

Komponen biaya operasi terbesar pada sistem pengoperasian tenaga listrik adalah biaya bahan bakar. Penghematan biaya bahan bakar dalam persentase yang kecil akan memberi dampak yang besar dalam jumlah rupiah, mengingat besarnya jumlah biaya bahan bakar tersebut. Oleh karenanya efisiensi pemakaian bahan bakar sangat besar pengaruhnya terhadap penghematan biaya operasi.

Optimalisasi aliran daya diperlukan saat pembangkitan energi listrik untuk menghemat biaya pembangkitan energi listrik melalui *economic dispatch* (ED). ED adalah pembagian daya yang harus dibangkitkan oleh generator dalam suatu sistem tenaga listrik sehingga dapat memenuhi kebutuhan beban dengan biaya minimum(optimal).

Usulan penelitian tugas akhir ini akan mencoba melakukan perhitungan *Economic Dispatch* (ED) pada sistem kelistrikan Lombok dengan menggunakan metode *Imperialist Competitive Algorithm* (ICA) kemudian mencoba membandingkan hasil perhitungannya dengan hasil penelitian sebelumnya menggunakan metode *Genetic Algoritma* (GA).

Economic Dispatch (ED). *Economic Dispatch* (ED) adalah pembagian beban pada pembangkit-pembangkit yang ada dalam sistem secara optimal ekonomis pada harga beban sistem tertentu. Definisi dari *Economic Dispatch* disediakan dalam EPAAct bagian 1234 adalah "Pengoperasian fasilitas pembangkitan untuk menghasilkan

energi pada biaya terendah, terpercaya untuk melayani konsumen, memperhatikan adanya batasan operasional dari pembangkit dan fasilitas transmisi".

Bentuk umum dari persamaan fungsi biaya pembangkit adalah persamaan polinomial orde dua dan direpresentasikan sebagai berikut:

$$F_i(P_{gi}) = a_i + b_i P_i + c_i P_i^2 \text{ \$/k} \dots\dots\dots(1)$$

dengan,

F_i = Besar biaya pembangkitan pada pembangkit ke- i

P_{gi} = Daya output dari pembangkit ke- i

a_i, b_i, c_i = konstanta

P_i = output dari generator i dalam MW

dengan memperhatikan kekangan output tiap generator $P_{gi_{min}} \leq P_{gi} \leq P_{gi_{max}}$ dan kekangan daya total pembangkitan dengan memperhitungkan losses yang terjadi

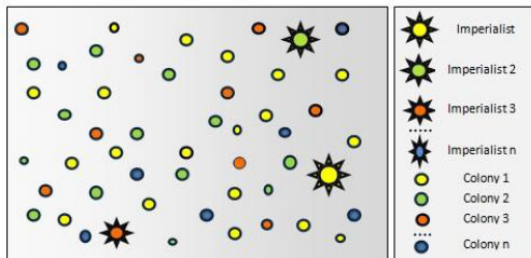
$$\sum_{i=1}^N P_{g_i} = P_D + P_L \dots\dots\dots(2)$$

Imperialist Competitive Algorithm (ICA). Imperialist Competitive Algorithm (ICA) merupakan metode yang diilhami dari proses alamiah yang terjadi di alam dan proseh kehidupan populaasi hewan di hutan karna metode ini diumpamakan dengan kondisi sosial politik yang biasa dilakukan disebuah negara dan tidak mempertimbangkan konsep kebudayaan. ICA merupakan metode model matimatis yang ditemukan oleh Esmaeil

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia

Atashpaz Gargari pada tahun 2007 yang memanfaatkan sejarah kejadian alam dan merupakan metode yang sangat bagus untuk menyelesaikan beberapa masalah dalam optimasi.

Metode ini dimulai dengan menggunakan inisial solusi yang biasanya di sebut dengan inisial negara yang sama halnya dengan kromosom pada metode genetik algoritma dan partikel pada particle swarm optimization algorithm. Inisial negara ini dibagi lagi menjadi dua grup dimana yang pertama disebut dengan negara imperialist atau negara penjajah yang berkuasa sedangkan yang kedua merupakan negara koloni atau negara jajahan berada di bawah negara imperialist seperti yang terlihat pada gambar 1.



Gambar 1 pembangkitan inisial negara

Pembangkitan inisial negara penjajah (Generating initial empires). Metode ICA digunakan dengan menyusun masing-masing solusi disusun secara rapi pada array. Array variabel disusun secara rapi dan terstruktur yang selanjutnya akan dilakukan proses optimasi. Nilai ini akan didefinisikan dengan memperhatikan karakteristik dari masing – masing masalah yang khusus. Pada GA array ini biasanya disebut dengan “ Kromosom “ sedangkan pada ICA disebut dengan “ negara “ yang sebenarnya mempunyai maksud yang sama. Pada sebuah N dimensi masalah optimasi, negara adalah 1 x N array. Array ini didefinisikan dengan:

$$country = [v_1, v_2, v_3, \dots, v_N] \dots\dots\dots(3)$$

Dimana v_i merupakan variabel untuk optimasi yang sama halnya dengan gen pada GA.

Fungsi fitness pada masing – masing negara di hitung menggunakan fungsi f variabel (v_1, v_2, \dots, v_N) sebagai berikut:

$$c_i = (country)_i = f(v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{iN}) \dots\dots\dots(4)$$

Pertama, algoritma inisial negara dibangkitkan secara acak berdasarkan nomor urutan populasi kemudian negara yang paling kuat

dipilih berdasarkan N_{imp} . Menunggu masing-masing negara membentuk koloni dimana koloni ini akan berdistribusi secara acak diantara imperialist berdasarkan kekuatan dari masing-masing imperialist. Untuk menghitung kekuatan dari imperialis maka hal pertama yang dilakukan adalah menormalisasi imperialist dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$C_n = \frac{c_n}{\sum_{i=1}^{N_{imp}} c_i} \quad i = 1, 2, \dots, N_{imp} \dots\dots\dots(5)$$

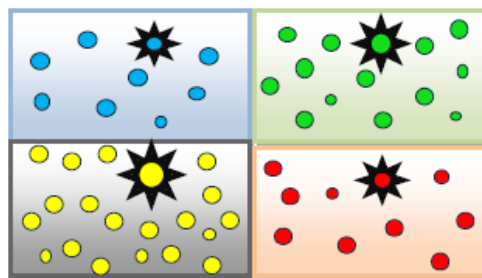
Dimana , c_n adalah cost dari imperialist ke - n dan C_n adalah harga normalisasi yang sama untuk deviasi untuk waktu maksimum penyelesaian dari harga imperialist ke - n. Kemudian kekuatan dari imperialis dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_n = \left| \frac{C_n}{\sum_{i=1}^{N_{imp}} C_i} \right| \cdot \sum_{i=1}^{N_{imp}} P_i = 1 \dots\dots\dots(6)$$

Dengan memperhatikan kekuatan dari masing-masing imperialist, koloni didistribusikan diantara imperialist, dalam penjumlahan inisial negara pada koloni di masing-masing imperialist dihitung menggunakan:

$$NC_n = \text{round } P_n \cdot N_{col} \dots\dots\dots(7)$$

dimana NC_n adalah harga koloni dari empire ke - n, dan N_{col} adalah nomor pada semua koloni. Kita pilih secara acak NC_n pada koloni dan menandainya untuk imperialis tak terhingga seperti terlihat pada gambar 2. dimana empire yang lebih kuat mempunyai banyak koloni dan begitupun sebaliknya empire yang lebih kecil mempunyai koloni yang lebih sedikit.



Gambar 2 pembangkitan inisial empire

Pergerakan colony menuju imperialist. Imperialist akan berusaha memperbaiki colony yang dimilikinya dengan cara menggerakkan semua colony menuju kepadanya. Pergerakan colony tersebut dinyatakan dalam dua vektor pergerakan, yaitu vektor posisi x dan vektor

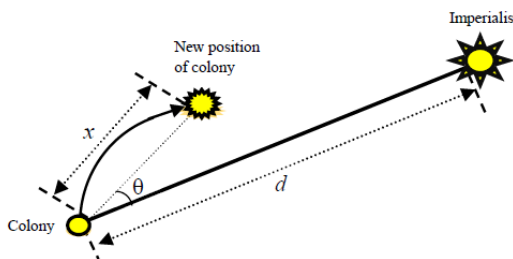
penyimpangan sudut θ . Vektor posisi dipengaruhi nilai β dan d .

$$x \sim U(0, \beta \times d) \dots\dots\dots(8)$$

dengan nilai β adalah sebuah angka yang lebih dari 1 sehingga membuat *colony* bergerak lebih dekat dengan *imperialist*-nya dari kedua sisi dan d adalah jarak *colony* dan *imperialist*. Sedangkan vektor penyimpangan sudut θ dipengaruhi oleh γ . Nilai γ adalah parameter yang mengatur penyimpangan sudut dari arah yang sebenarnya, ditunjukkan pada persamaan

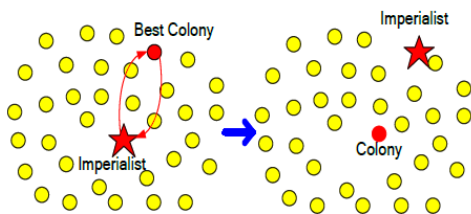
$$\theta \sim U(-\gamma, \gamma) \dots\dots\dots(9)$$

Pergerakan *colony* menuju *imperialist* ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Pergerakan *colony* menuju *imperialist*-nya

Pertukaran posisi antara *imperialist* dengan sebuah *colony*. Ketika *colony* bergerak menuju *imperialist*, sebuah *colony* mungkin bisa memiliki *cost* yang lebih baik dari pada yang dimiliki *imperialist*-nya. Ketika hal ini terjadi maka pertukaran posisi antara *imperialist* dengan *colony* akan terjadi. kemudian algoritma akan melanjutkan dengan *imperialist* yang baru tersebut. Pertukaran posisi *colony* dengan *imperialist* ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 pertukaran posisi antara *imperialist* dan *colony*

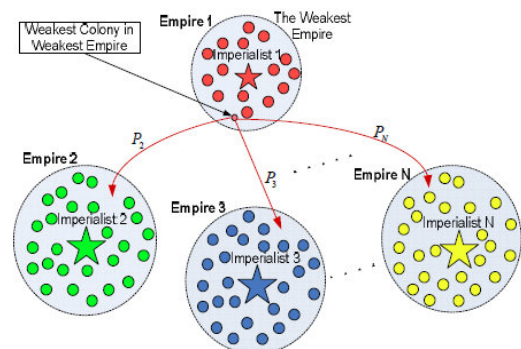
Kekuatan total dari sebuah *empire*. *Imperialist* memiliki pengaruh yang besar terhadap kekuatan *empire*, namun kekuatan *colony* juga memberi pengaruh walaupun

kecil. Total *cost* dari sebuah *empire* didefinisikan sebagai jumlah antara *cost imperialist* dengan rata-rata *cost colony* yang dimiliki *imperialist* dari satu *empire*. Nilai ξ menunjukkan pengaruh kontribusi dari *colony*.

$$T.C_n = cost(imperialist_n + \xi \{mean\{cost(colonies\ of\ empire_n)\}\}) \dots\dots\dots(10)$$

dengan $T.C_n$ adalah total *cost* dari *empire* ke- n dan ξ adalah nilai positif kurang dari satu, sehingga menyebabkan kekuatan total *empire* lebih dipengaruhi oleh *imperialist* dari pada *colony*.

Kompetisi kekuasaan. Semua *empire* berusaha untuk memiliki *colony* dari *empire* yang lain dan menguasai mereka. Kompetisi kekuasaan secara berangsur-angsur menurunkan kekuatan dari *empire* yang lemah dan meningkatkan kekuatan yang lebih kuat. Kompetisi ini dimodelkan dengan hanya mengambil beberapa atau satu *colony* terlemah yang dimiliki oleh *empire* yang terlemah diantara semua *empire* dan membuat kompetisi antara semua *empire* yang lebih kuat untuk memiliki *colony-colony* tersebut seperti tampak pada gambar 4 yang menunjukkan kompetisi kekuasaan, berdasarkan tingkat kekuatan mereka dalam kompetisi ini akan memungkinkan mengambil posisi *empire* lainnya, dengan kata lain *empire* yang lemah akan mengikuti *empire* yang lebih kuat tentunya dengan bertambah besarnya *empire* yang bergabung.



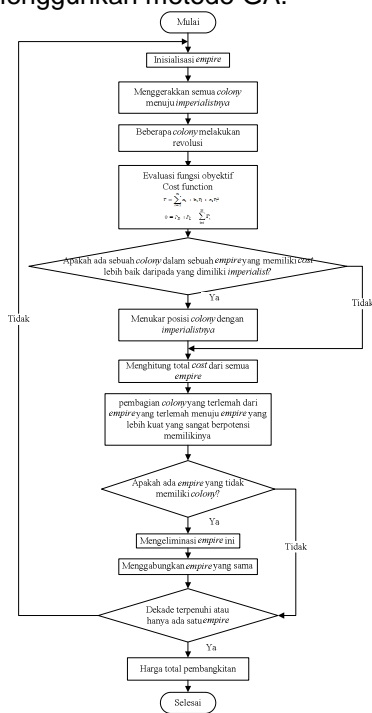
Gambar 5 model kompetisi imperialist

Eliminasi *empire* terlemah. *Empire* terlemah akan runtuh dalam kompetisi kekuasaan dan *colony* dari *empire* tersebut akan dibagikan kepada *empire* yang lain. Sebuah *empire* akan runtuh dan tereliminasi jika *empire* tersebut kehilangan semua *colony*-nya.

Convergence. Suatu ketika semua *empire* kecuali yang terkuat salah satunya akan runtuh dan semua *colony* yang berada di bawahnya akan di kuasai oleh *empire* khusus. Dunia baru dengan tujuan semua *colony* akan mempunyai posisi dan *cost* yang sama dan mereka akan diatur oleh satu *imperialist* dengan posisi dan kedudukan mereka masing – masing. Tujuan dunia, tidak berbeda tidak hanya antara *colony* tetapi juga antara *colony* dengan *imperialist*. Inilah kondisi ketika kita menyelesaikan kompetisi *imperialist* dan menghentikan algoritma.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penerapan ICA Untuk Optimasi Economic Dispatch. Proses optimasi menggunakan metode ICA untuk menyelesaikan perhitungan ED untuk Sistem Kelistrikan Lombok dan membandingkan hasil perhitungan optimasi pada kasus sama yang telah pernah dilakukan pada penelitian sebelumnya dengan menggunakan metode GA.



Gambar 6 Diagram alir optimasi ED dengan ICA

ED dengan ICA pada sistem kelistrikan lombok. Simulasi ED menggunakan ICA diuji pada Sistem Kelistrikan Lombok dengan parameter-parameter ICA yang diubah nilainya diantaranya dengan mengubah kombinasi jumlah *country* dan *imperialist*, koefisien asimilasi (β) dan koefisien revolusi.

a. Optimasi ED dengan Jumlah *Imperialist* dan *Colony* yang Berbeda

Didapatkan nilai total pembangkitan yang paling minimum terletak pada kombinasi 150:5 menghasilkan total biaya pembangkitan sebesar 72.927.552 Rp/jam.

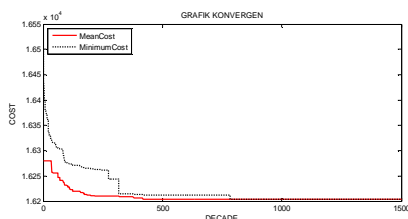
Bus	Nama	Daya Output (MW)		
		50 & 5	100 & 5	150 & 5
1	NEW SULZER-12 ZAV 40S	5.5289	5.6643	5.5675
2	Setiawan	0	0	0
3	Sewatama 1	6.2872	6.6710	6.0569
4	Sewatama 2	9.0417	9.1916	10.0000
5	CCM SULZER 12 ZV 40/48	4.1000	4.1000	4.1000
6	CCM SULZER 12 ZV 40/49	0	0	0
7	CCM SULZER 12 ZV 40/50	0	0	0
8	NIGATA/12 PC 2-5 V	3.4000	3.4000	3.4000
9	NEW SULZER-12 ZAV 40S	6.5000	5.8330	6.5000
10	NEW SULZER-12 ZAV 40S	5.5789	5.8861	5.6638
11	NEW SULZER-12 ZAV 40S	6.5000	6.5000	5.6577
12	RUSTON-8 RK 3C	0	0	0
13	RUSTON-8 RK 3C	0	0	0
14	RUSTON-8 RK 3C	0	0	0
15	RUSTON-8 RK 3C	0.6500	0.6500	0.6500
16	PIELSTICK	3.6000	3.6000	3.6000
17	NIGATA	0	0	0
18	CCM SULZER 12 ZV 40/50	3.0000	3.0000	3.0000
19	CCM SULZER 12 ZV 40/51	4.4000	4.4000	4.4000
20	CCM SULZER 12 ZV 40/52	3.4000	3.4000	3.4000
21	CCM SULZER 12 ZV 40/53	4.1000	3.8000	4.1000
22	Sewa Pemda	0	0	0
Daya pembangkitan total (MW)		66.086	66.096	66.092
Rugi daya (losses) total (MW)		0.998	1.006	1.002
Beban sistem total (MW)		65.090	65.090	65.090
Biaya pembangkitan total (Rp/h)		73.049.419	72.933.200	72.927.552

b. Optimasi ED dengan Nilai *Koefisien Asimilasi* (β) yang berbeda

tabel di bawah menunjukkan harga total yang paling minimum dari biaya pembangkitan terletak pada nilai koefisien asimilasi $\beta = 1,5$ yaitu 72.881.839 Rp/jam dengan total daya pembangkitan sebesar 6.090 MW.

Bus	Nama	Daya pembangkitan (MW)		
		PF	AG	ICA
1	NEW SULZER-12 ZAV 40S	1.54	5.81	5.7251
2	Setiawan	0	0	0
3	Sewatama 1	5.2	7.22	6.5767
4	Sewatama 2	9.3	8.62	9.7060
5	CCM SULZER 12 ZV 40/48	4.75	4.1	4.1000
6	CCM SULZER 12 ZV 40/48	0	0	0
7	CCM SULZER 12 ZV 40/48	0	0	0
8	NIGATA/12 PC 2-5 V	3.5	3.4	3.4000
9	NEW SULZER-12 ZAV 40S	6.2	5.81	5.9949
10	NEW SULZER-12 ZAV 40S	6.55	5.75	5.7795
11	NEW SULZER-12 ZAV 40S	6.5	5.8	5.6678
12	RUSTON-8 RK 3C	0	0	0
13	RUSTON-8 RK 3C	0	0	0
14	RUSTON-8 RK 3C	0	0	0
15	RUSTON-8 RK 3C	0.65	0.65	0.6500
16	PIELSTICK	4	3.61	3.6000
17	NIGATA	0	0	0
18	CCM SULZER 12 ZV 40/48	5	3.66	3.0000
19	CCM SULZER 12 ZV 40/48	5	4.41	4.4000
20	CCM SULZER 12 ZV 40/48	4	3.81	3.4000
21	CCM SULZER 12 ZV 40/48	4	3.82	4.1000
22	Sewa Pemda	0	0	0
Total		66,19	66,47	66.0999
Rugi daya (losses) total (MW)		1.103	1.378	1.0099
Beban sistem total (MW)		65.090	65.090	65.090
Biaya pembangkitan total (Rp/h)		76.022.550	73.320.930	72.881.839

c. Optimasi ED dengan Nilai *Koefisien Revolusi* yang yang berbeda Koefisien revolusi dengan nilai 0,3 yang mampu menghasilkan total biaya pembangkitan yang paling minimum yaitu sebesar 72.881.839 Rp/jam.



Gambar 7 Grafik konvergensi coloni ke posisi imperialist terkuat

Gambar 4.10 memperlihatkan bahwa semua colony mulai mengikuti Empire yang minimum pada kisaran waktu kurang dari 1500 iterasi.

Hasil perbandingan daya output dan total biaya pembangkitan menggunakan Algoritma Genetika dan Imperialist

Bus	Nama	Daya Output (MW)		
		$\beta = 1$	$\beta = 1.5$	$\beta = 2$
1	NEW SULZER-12 ZAV 40S	5.8295	5.7251	5.5675
2	Setiawan	0	0	0
3	Sewatama 1	6.9125	6.5767	6.0569
4	Sewatama 2	8.3000	9.7060	10.0000
5	CCM SULZER 12 ZV 40/48	4.1029	4.1000	4.1000
6	CCM SULZER 12 ZV 40/49	0	0	0
7	CCM SULZER 12 ZV 40/50	0	0	0
8	NIGATA/12 PC 2-5 V	3.4078	3.4000	3.4000
9	NEW SULZER-12 ZAV 40S	5.7371	5.9949	6.5000
10	NEW SULZER-12 ZAV 40S	6.1481	5.7795	5.6638
11	NEW SULZER-12 ZAV 40S	6.2682	5.6678	5.6577
12	RUSTON-8 RK 3C	0	0	0
13	RUSTON-8 RK 3C	0	0	0
14	RUSTON-8 RK 3C	0	0	0
15	RUSTON-8 RK 3C	0.6507	0.6500	0.6500
16	PIELSTICK	3.7533	3.6000	3.6000
17	NIGATA	0	0	0
18	CCM SULZER 12 ZV 40/50	3.0000	3.0000	3.0000
19	CCM SULZER 12 ZV 40/51	4.4000	4.4000	4.4000
20	CCM SULZER 12 ZV 40/52	3.6159	3.4000	3.4000
21	CCM SULZER 12 ZV 40/53	3.9969	4.1000	4.1000
22	Sewa Pemda	0	0	0
Daya pembangkitan total (MW)		66.122	66.099	66.092
Rugi daya (losses) total (MW)		1.032	1.009	1.002
Beban sistem total (MW)		65.090	65.090	65.090
Biaya pembangkitan total (\$/h)		72.918.553	72.881.839	72.927.551

Competitive Algorithm untuk kasus Economic Dispatch di Sistem Kelistrikan Lombok dapat dilihat pada Tabel berikut:

KESIMPULAN

Parameter ICA yang paling optimal dalam optimasi ED Kelistrikan Lombok adalah dengan kombinasi *country* = 150 dan *imperialist* = 5, koefisien asimilasi $\beta = 1.5$ dan koefisien revolusi = 0.3.

Biaya total pembangkitan yang dihasilkan oleh metode *Algoritma Genetika* adalah 73.230.930 Rp/jam lebih besar dibandingkan dengan metode *Imperialist Competitive Algorithm* sebesar 72.881.839 Rp/jam sehingga dengan menggunakan kombinasi daya pembangkitan metode ICA dapat menghemat biaya sebesar 349.090 Rp/jam dibandingkan dengan metode GA pada kasus Sistem Kelistrikan Lombok.

SARAN.

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan mempertimbangkan beberapa parameter dalam penyelesaian kasus *Economic Dispatch* pada PLN selain pada kombinasi daya pembangkitan masing-masing pembangkit.

Penyempurnaan kinerja ICA dapat dilakukan dengan mencari konsep terbaru dari pengembangan selanjutnya dalam menyelesaikan kasus *Economic Dispatch*.

DAFTAR PUSTAKA

Kusmira, 2011. " *Economic Dispatch Pada Sistem Kelistrikan Lombok Menggunakan Metode Algoritma Genetika*", Skripsi , Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Mataram.

Saadat, H., 1999. " *Power System Analysis*", WCB McGraw-Hill, Milwaukee School of Engineering, Singapore.

Trisiana, Y., dkk, 2011. " *Optimisasi Economic Dispatch Menggunakan Imperialist Competitive Algorithm (ICA) pada Sistem Tenaga Listrik*", Jurnal, Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh November.

Hilal, H., 2005. " *Metode Programming Linier untuk Menyelesaikan Problem Pembangkitan Ekonomis pada Sistem Tenaga Listrik*", Prosiding Semiloka Teknologi Simulasi dan Komputasi serta Aplikasi 2005.

Sukerayasa, I. W., dkk, 2004. " *Perbandingan Penggunaan Metode Optimasi Extended Quadratic Interior Point dengan Neural Network untuk Economic Dispatch Pembangkit Thermal di Bali*", Jurnal Teknik Elektro. 2 Juli-Desember 2004.

Wijaya, I. K., 2004. " *Alokasi Pembebanan Optimal pada Sistem Pembangkit di Bali*", Jurnal Teknik Elektro. 2 Juli-Desember 2004.

Ardita, I. M., dkk, 2008. " *Optimasi Operasi Pembangkit dengan Metode Pemrograman Dinamik*", Online www.genebase.com, diakses tanggal 24 April 2012.

Fassamsi, M. A., 2011. " *optimal tuning pid superconducting magnetic energy storage (smes) menggunakan imperialist competitive algorithm (ica) untuk meredam osilasi daya pada sistem kelistrikan jawa bali 500 kv*", diakses tanggal 24 April 2012.

Suryoatmojo, H., dkk, 2011. " *Aplikasi Micro-Genetic Algorithm (μ -GA) untuk Penyelesaian Economic Dispatch pada Sistem Kelistrikan Jawa Bali 500 KV*", diakses tanggal 24 April 2012.

Andrianti., 2010." *Penjadwalan ekonomis pembangkit thermal dengan Memperhitungkan rugi rugi saluran transmisi Menggunakan metode algoritma genetik*", <http://repository.unand.ac.id/1174/1/7.adrianti.pdf>, diakses tanggal 26 oktober 2012