

# Optimasi Biaya Pembangkitan Pada Sistem Standar IEEE 30 Bus Menggunakan *Adaptive Particle Swarm Optimization*

<sup>1</sup>Ali Mukti, <sup>2</sup>Ermanu Azizul, <sup>3</sup>Novendra Setyawan

<sup>1,2,3</sup> Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Malang

<sup>1</sup>alimuktims1@gmail.com, <sup>2</sup>ermanu.ahakim@gmail.com, <sup>3</sup>novendra@umm.ac.id

**Abstract** - In the electricity development system, the use of fuel is something that needs to be considered, because about 60% of the total operation is fuel. To be able to regulate plant operations, an appropriate and accurate scheduling system is needed, namely by managing each generating unit to operate optimally and economically and losses from transmission can be reduced which of course appears in the power generation system. Analysis to complete generation costs is usually called Economic Dispatch (ED). It aims to reduce plant operating costs and also reduce power losses. This study uses three methods, namely the conventional *Newton Raphson (N-R)* method, the Particle Swarm Optimization (PSO) method, and the Adaptive Particle Swarm Optimization (APSO) method. The simulation results show that the APSO method can reduce power by 9.86% from the conventional method of N-R and 2.65% from the PSO method, while the results of generation costs are obtained at 8.04% from the conventional method N-R and 0.01% in the PSO method. From the calculation results, APSO is more suitable for power optimization than conventional N-R methods and PSO methods. While the best generation costs are obtained by the PSO and APSO methods.

**Keywords** — *newton raphson, PSO, APSO, generation costs, power losses.*

**Abstrak**—Dalam sistem pengembangan tenaga listrik, pemakaian bahan bakar adalah hal yang perlu diperhatikan, karena sekitar 60% dari total operasi adalah bahan bakar. Untuk dapat mengatur operasi pembangkit, sistem penjadwalan yang tepat dan akurat sangat diperlukan, yaitu dengan mengatur setiap unit pembangkit untuk beroperasi secara optimal dan ekonomis serta rugi-rugi dari transmisi dapat direduksi yang tentunya muncul dalam sistem pembangkit listrik. Analisis untuk menyelesaikan biaya pembangkitan biasa disebut Economic Dispatch (ED). Hal ini bertujuan untuk menekan biaya operasional pembangkitan dan juga mengurangi rugi-rugi daya. Penelitian ini menggunakan tiga metode, yaitu metode konvensional *Newton Raphson (N-R)*, metode Particle Swarm Optimization (PSO), dan metode *Adaptive Particle Swarm Optimization (APSO)*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa metode APSO dapat mereduksi daya sebesar 9.86 % dari metode konvensional N-R dan 2.65 % dari metode PSO, sedangkan hasil biaya pembangkitan didapatkan sebesar 8.04 % dari metode konvensional N-R dan 0.01 % pada metode PSO. Dari hasil perhitungan, APSO lebih unggul untuk optimalisasi daya daripada metode konvensional N-R dan metode PSO. Sedangkan

untuk optimasi biaya pembangkitan terbaik didapatkan dengan metode PSO dan APSO.

**Kata kunci:** *newton raphson, PSO, APSO, biaya pembangkitan, rugi-rugi daya.*

## I. Pendahuluan

Pada sistem pembangkit tenaga listrik, dalam pemakaian bahan bakar adalah hal yang perlu diperhatikan, karena sekitar 60% dari total operasi adalah bahan bakar [1]. Untuk dapat mengatur operasi pembangkit, sistem penjadwalan yang tepat dan akurat sangat diperlukan, yaitu dengan mengatur setiap unit pembangkit untuk beroperasi secara optimal dan ekonomis serta rugi-rugi dari transmisi dapat direduksi yang tentunya muncul dalam sistem pembangkit listrik. Operasi pembangkit harus dapat dioperasikan secara optimal, sehingga daya yang dipasok ke konsumen dapat terpenuhi [2]. Analisis untuk menyelesaikan biaya pembangkitan biasa disebut Economic Dispatch (ED) [2]. Distribusi pemuatan di uni-unit pembangkit yang berada pada sistem biaya ekonomi yang optimal dalam sistem biaya tertentu didasarkan pada pemahaman tentang ED. Dengan penerapan ED, biaya produksi pembangkit listrik minimum akan dibutuhkan oleh unit pengembangan dalam sistem kelistrikan [3].

*Particle Swarm Optimization (PSO)* adalah metode optimasi yang didasarkan pada gagasan bahwa kita melakukan lebih baik dengan berkomunikasi satu sama lain. Algoritme memiliki partikel yang mencari nilai optimal dari suatu fungsi, dan mengkomunikasikan hasilnya untuk saling membantu. Ini memungkinkan PSO berfungsi lebih baik daripada algoritme lain untuk mengoptimalkan fungsi multimodal. Kelemahannya adalah bahwa PSO membutuhkan sejumlah besar panggilan fungsi yang membuatnya lebih lambat daripada algoritma yang dirancang untuk fungsi berperilaku lebih baik. Ini berarti bahwa untuk banyak aplikasi waktu nyata, data di mana fungsi obyektif didasarkan dapat berubah sebelum algoritma telah konvergen. Hal ini dapat terjadi dalam pembatalan gempa, di mana gerakan mempengaruhi jalur gempa yang perlu diperkirakan, jaringan nirkabel, di mana node individu

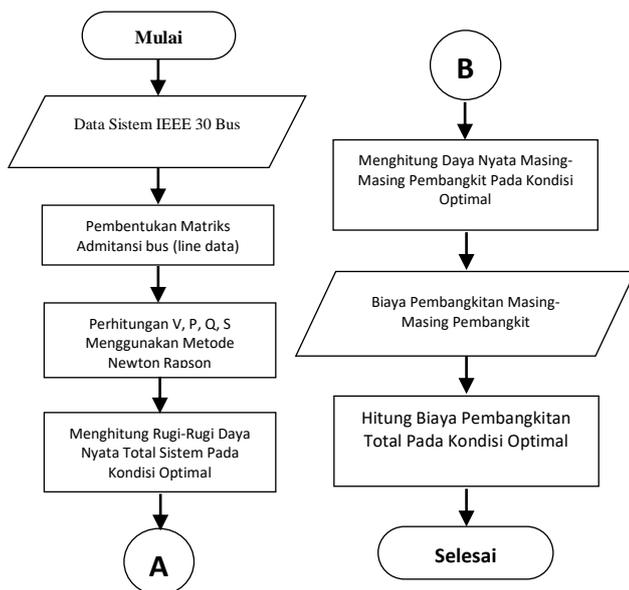
mungkin bergerak, antena array, di mana sinyal yang diinginkan bergerak, dan area lainnya .[4]

Untuk menghadapi kemungkinan mengubah data, variasi adaptif dari algoritma, yang dikenal sebagai *APSO* telah diperkenalkan. Sebuah adaptasi partikel adaptif *APSO* yang menampilkan efisiensi pencarian yang lebih baik daripada klasik *PSO* disajikan. Lebih penting lagi, ia dapat melakukan pencarian global di seluruh ruang pencarian dengan kecepatan konvergensi yang lebih cepat [5].

## II. Metode Penelitian

### A. Pengolahan Performa Sistem Sebelum Dioptimalkan

Untuk mendapatkan performa sistem data yang telah didapatkan kemudian diinputkan kedalam *script* MATLAB. Untuk mendapatkan aliran daya pada sistem, maka data harus di rubah kedalam bentuk matrik admitansi. Dimana data yang diolah adalah data saluran sistem. Setelah data matrik admitansi diketahui, dilakukan penyelesaian persamaan aliran daya menggunakan metode *Newton-Raphson*, dan mendapatkan nilai *V*, *P*, *Q*, dan *S* dari sistem. Kemudian daya nyata masing-masing pembangkit dihitung berdasarkan data pembangkitan sistem yang optimal, dan dihitung rugi-rugi daya yang ada pada kondisi optimal. Setelah didapat daya nyata masing-masing pembangkit maka dapat dihitung pula biaya pembangkitan total pembangkit yang ada pada sistem [6]. Diagram alir dari metode pengolahan dijabarkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir metode pengolahan data.

### B. Optimasi Performa Sistem Dengan Fungsi Biaya Pembangkitan

Analisis keekonomian pembangkitan menunjukkan sebuah proyeksi atau prediksi keekonomian dari operasi sistem pembangkitan dengan fasilitas dimasa yang akan mendatang

untuk melayani beban yang dibutuhkan . Pada dasarnya, Analisis ini bertujuan untu prediksi, dugaan, dan merupakan simulasi untuk operasi yang akan mendatang. Dalam hal ini pengetahuan tentang prinsip-prinsip operasi sistem penting dikuasai untuk memperoleh hasil yang dapat dipercaya (*credible results*) oleh banyak pihak. Tujuan utama dari sistem operasi ini adalah untuk melayani beban. Kedua, untuk mengetahui (*minimum cost*). Biaya terendah yang paling utama dapat dicapai dalam operasi adalah dengan menghemat biaya bahan bakar. Operasi ini berarti memilih pembangkit yang tersedia dalam periode beban tertentu dengan pertimbangan tertentu. Kemudian menjadwalkan untuk mematikan atau menghidupkan pembangkit dan mendistribusikan total kapasitas per jam yang diperlukan oleh setiap pembangkit. Operasi ini kemudian disebut dengan *economic dispatch* [7].

Permasalahan *ED* yang digunakan untuk meminimalkan biaya produksi listrik yang nyata, umumnya dapat dinyatakan sebagai berikut yaitu *economic dispatch* harus mampu mengalokasikan beban pada sistem untuk memenuhi biaya minimum sesuai dengan batasan yang terdapat pada sistem. Hal ini dirumuskan sebagai masalah optimasi untuk meminimalkan total biaya bahan bakar di semua generator di dalam sistem dengan memenuhi permintaan beban dan total kerugian yang terdapat pada sistem [8].

Secara matematis *economic dispatch* dapat dirumuskan dalam Persamaan 1. Dengan batasan Persamaan 1 dijabarkan dalam Persamaan 2. Daya pembangkitan total harus memenuhi total beban dan total rugi pada transmisi. Rugi pada transmisi dirumuskan dalam Persamaan 3. Dari Persamaan 1 dan 3 didapat fungsi objektif untuk dioptimalkan dalam Persamaan 4. [9]

$$F_i P_i = a_i P_{g_i}^2 + b_i P_{g_i} + c_i \quad (1)$$

$$P_{g_i}^{min} < P_{g_i} < P_{g_i}^{max} \quad (2)$$

$$P_{L-k} = G_k (V_i^2 + V_j^2 - 2V_i V_j \cos(\delta_i - \delta_j)) \quad (3)$$

$$F(x) = \sum_i^n F_i P_i + 1000 * abs(\sum_i^n P_i - P_D - \sum_i^n P_{L-k}) \quad (4)$$

1000 disini merupakan faktor skala dilantasi. Secara umum dilantasi merupakan transformasi yang dapat mengubah ukuran suatu titik. Transformasi adalah suatu aturan secara geometris yang dapat menunjukkan bagaimana suatu titik atau bangun dapat berubah ukuran dan kedudukannya berdasarkan rumus tertentu [10].

Setelah di optimasi hasil yang didapatkan berupa tegangan pada setiap *bus*, daya nyata pembangkitan setiap generator beserta rugi daya yang terdapat pada sistem, dan total biaya pembangkitan yang keluar untuk memenuhi kebutuhan pada sistem. Hasil-hasil ini akan di analisa untuk mendapatkan hasil terbaik pada setiap metode [10].

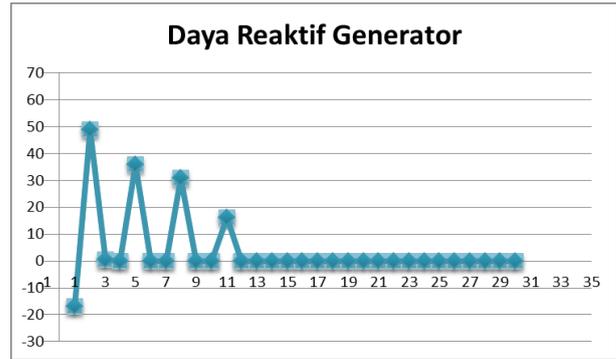
**III. Hasil dan Pembahasan**

**A. Analisa Performa Sistem Sebelum Dioptimalkan**

Dari data hasil perhitungan studi aliran daya menggunakan software didapatkan hasil bahwa aliran daya aktif paling besar mengalir pada bus no 1 yang juga sebagai swing bus, dimana daya aktif yang mengalir sebesar 260,998. Dimana karakteristik dari *swing* bus atau bus referensi adalah tegangan dan sudut pada bus bernilai tetap, yaitu tegangan sebesar 1,060 p.u dan sudut sebesar 0.00.

Untuk mengetahui sistem dalam keadaan normal dilakukan analisis aliran daya, analisa aliran daya ini sangat dibutuhkan dalam suatu perancangan sistem untuk masa yang akan datang dan merupakan bahan evaluasi perbandingan untuk sistem yang ada. Proses pengujian dilakukan pada sistem standar 30 bus dengan 1 buah bus *slack/swing*, 6 buah bus generator, dan 26 buah bus beban.

Pada generator bus memiliki karakteristik mempunyai nilai daya nyata dan tegangan yang konstan dan harga sudut dan daya reaktif ditentukan melalui perhitung. Pada tabel 1 diketahui bahwa terdapat 6 bus generator dimana terdapat bus yang memiliki nilai sudut yang bernilai negatif pada bus nomer 2 sampai 30, sudut yang negatif menandakan bahwa beban mengalir pada bus ini merupakan beban induktif, hampir semua bus pada tabel sudutnya bernilai negatif. Hal ini dapat berpengaruh terhadap factor daya pada bus, selain 6 bus generator yang telah di sebutkan, bus lainnya merupakan bus beban, bus beban merupakan bus yang memiliki nilai daya nyata beban dan daya reaktif beban diketahui, tetapi nilai tegangan dan sudut fasa yang berubah-ubah sesuai perhitungan. Pada sistem ini dapat di lihat bahwa bus beban merupakan bus yang mengalir daya induktif, dimana bus beban memiliki sudut yang bernilai negative. Dibawah ini grafik daya aktif dari generator pada Gambar 2, dan grafik daya reaktif pada Gambar 3.

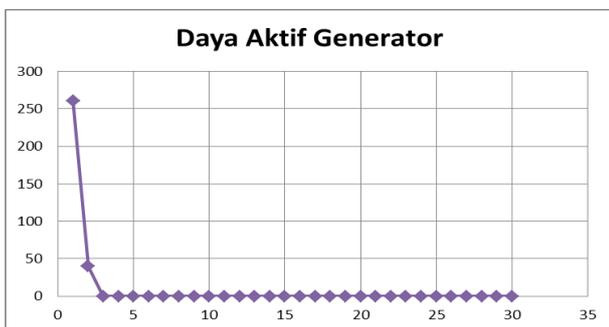


Gambar 3. Grafik daya reaktif pada setiap bus  
(Sumber: Hasil Perhitungan Software)

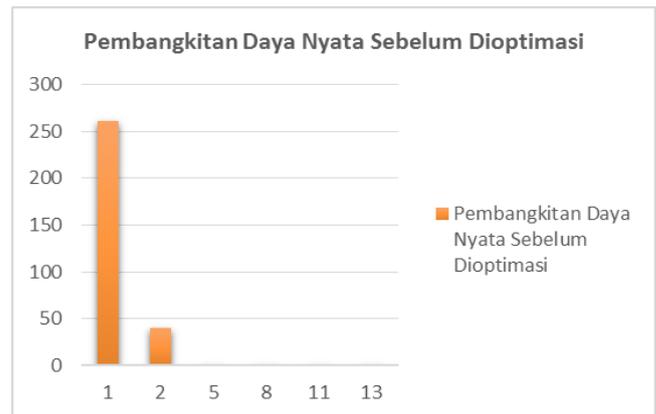
Tabel 1. Pembangkitan Daya Nyata Sebelum Dioptimasi

No. Generator	Daya Aktif Pembangkitan Pembangkit (MW)	Daya Reaktif Generator (Mvar)
1	260.998	-17.021
2	40	48.822
5	0	35.975
8	0	30.826
11	0	16.119
13	0	10.423
<b>Total</b>	<b>300.998</b>	<b>125.144</b>

Daya nyata yang dihasilkan oleh pembangkit ditunjukkan pada Gambar 4 berikut ini:



Gambar 2. Grafik daya nyata pada setiap bus  
(Sumber: Hasil Perhitungan Software)



Gambar 4. Grafik Daya Pembangkitan Pembangkit  
(Sumber: Perhitungan Software)

Dalam Gambar 5 dapat dilihat bahwa pembangkitan daya nyata tertinggi ada pada generator no 1 yaitu yang berfungsi sebagai *swing generator* sebesar 260.998 MW. Dari hasil perhitungan didapat total kerugian daya pada sistem sebesar 17.598 MW. Total kerugian didapat dari hasil penjumlahan

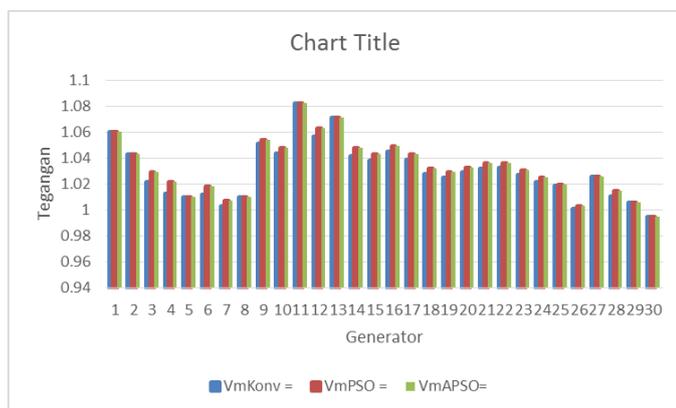
daya yang dibangkitkan pembangkit dikurangi dengan jumlah beban yang ada pada sistem.

**B. Analisis Performa Sistem Setelah Dioptimalkan**

**1. Tegangan Yang Dihasilkan Pada Setiap Bus**

Sistem kerja dari daya listrik yaitu daya listrik akan selalu menuju pada beban, oleh karena itu daya juga dapat dikategorikan termasuk dalam aliran beban, dengan besarnya (magnitudo) tegangan pada setiap bus yang terdapat pada sistem kita dapat mengetahui besar aliran daya setiap saluran transmisi beserta rugi rugi daya, dengan besarnya nilai tegangan yang mengalir dalam bus kita dapat menganalisa profil tegangan pada setiap bus.

Berikut adalah hasil perhitungan tegangan pada setiap bus dengan menggunakan metode konvensional *N-R* tanpa algoritma optimasi, metode *PSO* dan dengan menggunakan *APSO*. Dapat dilihat dari grafik perbandingan gambar 6.



Gambar 5. Grafik perbandingan tegangan setiap bus (Sumber: Perhitungan Software)

Sistem standart IEEE 30 bus, Merupakan sistem jaringan radial. Sistem jaringan radial adalah sistem distribusi yang sangat sederhana dan ekonomis. Sistem ini memiliki kelebihan memiliki sistem yang tidak rumit untuk di pelajari dan juga lebih murah jika dibandingkan dengan sistem yang lainnya. Sehingga dari keandalan sistem ini lebih rendah jika dibandingkan dengan sistem yang lain. kurangnya keandalan sistim ini dikarenakan mutu dari tegangan bus yang paling jauh dengan generator kurang begitu baik, hal ini disebabkan jatuh tegangan paling besar berada diujung saluran. Dari gambar 6 dapat dilihat jatuh tegangan terbesar ada pada bus 11 yaitu sebesar 1.082 pu dengan metode *N-R*, dan 1.082 pu dengan menggunakan metode *PSO* & *APSO*.

**2. Daya Pembangkitan Generator Dan Rugi Daya**

Dari Hasil perhitungan *software* didapatkan daya pembangkitan optimal dari masing masing pembangkit pada sistem. Setelah didapat daya pembangkitan optimal pada

sistem maka dapat dihitung jumlah total kerugian daya yang didapat pada sistem.

Tabel 2. Perbandingan daya pembangkitan optimal masing masing dari generator.

No. Generator	Daya Pembangkitan pembangkit konvensional (MW)	Daya Pembangkitan pembangkit PSO (MW)	Daya Pembangkitan pembangkit APSO (MW)
1	260.998	68.189	57.16
2	40	68.741	68.81
5	0	41.763	45.416
8	0	35	35
11	0	24.943	24.904
13	0	40	40
<b>Total</b>	<b>300.998</b>	<b>278.693</b>	<b>271.29</b>

Pada tabel 2 dapat dijelaskan bahwa terdapat perbedaan daya pembangkitan pada setiap metode yang digunakan pada proses pengujian data system standar IEEE 30 bus. Dengan menggunakan metode konvensional *N-R* total daya pembangkitan didapat sebesar 300.998 MW, pada metode *PSO* sebesar 278.693 MW sedangkan dengan metode *APSO* daya didapatkan sebesar 271.29 MW. Generator paling besar membangkitkan daya adalah generator 1 yang bertindak sebagai *slackbus*. Pada metode konvensional sebesar 260.998 MW, pada metode *PSO* sebesar 68.189 MW, sedangkan pada metode *APSO* sebesar 57.16 MW. Total pembangkitan daya menggunakan metode *APSO* dapat mereduksi daya sebesar 29.708 MW atau sebesar 9.87 % dari metode konvensional *N-R* dan 7.4 MW atau sebesar 2.6 % dari metode *PSO*. Dapat dilihat grafik perbandingan daya pembangkitan dari setiap metode pada Gambar 6.



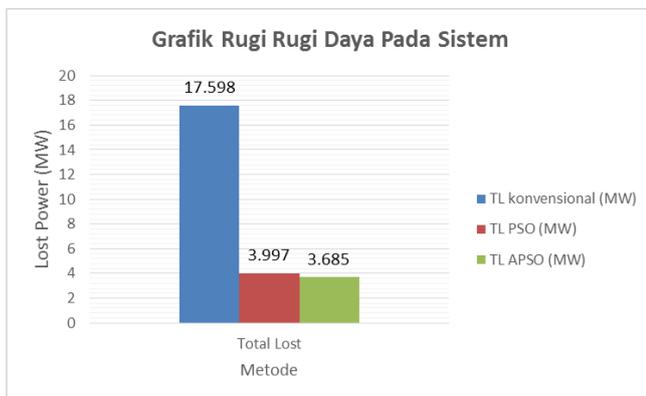
Gambar 6. Grafik Perbandingan Total Daya Pembangkitan Generator (Sumber: Perhitungan Software)

Dari daya pembangkitan optimal, pada tabel 3 dapat di ketahui total rugi – rugi daya pada sistem. Dimana total rugi daya didapatkan dari total daya pembangkitan di kurangi total beban.

Tabel 3. Perbandingan Rugi-Rugi Daya Pada Sistem  
(Sumber : Perhitungan Software)

TL konvensional MW	TL PSO MW	TL APSO MW
<b>17.598</b>	<b>3.997</b>	<b>3.685</b>

Dari perhitungan didapatkan total rugi – rugi daya pada system menggunakan metode konvensional *N-R* sebesar 17.598 MW, 3.997 MW dari metode *PSO* dan 3.685 MW dengan metode *APSO*. Dengan metode *APSO* total rugi – rugi daya pada system dapat direduksi sebesar 13.913 MW atau penghematan sebesar 79.06 % dari metode konvensional *N-R*, dan dari metode *PSO* total rugi – rugi daya dapat direduksi sebesar 312 MW atau penghematan sebesar 7.8 %. Dapat dilihat grafik perbandingan rugi-rugi daya dari setiap metode pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik rugi rugi daya pada sistem  
(Sumber: Perhitungan Software)

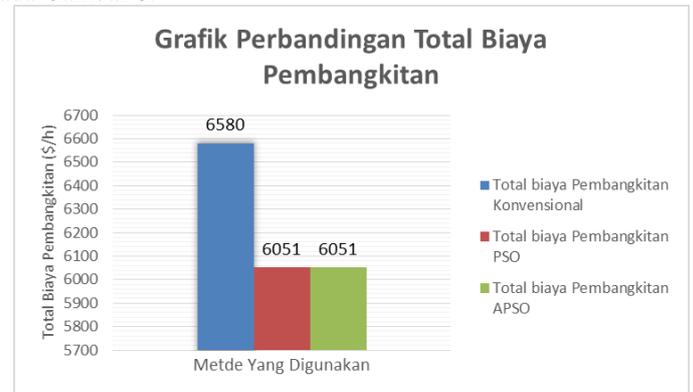
### 3. Total Biaya Pembangkitan Pada Sistem

Dari hasil perhitungan dengan MATLAB didapatkan perbandingan total biaya pembangkitan dengan metode konvensional *N-R*, metode *PSO* dan dengan metode *APSO*. Berikut adalah tabel perbandingan total biaya pembangkitan pada sistem:

Tabel 4. Perbandingan Biaya Pembangkitan  
(Sumber : Perhitungan Sistem)

Total Biaya pembangkitan konvensional \$/hr	Total biaya Pembangkitan PSO \$/hr	Total Biaya pembangkitan APSO \$/hr
<b>6580</b>	<b>6051.33</b>	<b>6050.75</b>

Dari data hasil perhitungan biaya pembangkitan dapat diketahui bahwa total biaya dengan menggunakan metode konvensional *N-R* sebagai pembandingan didapat sebesar 6580 \$/h, dengan metode *PSO* didapat sebesar 6051.33 \$/h dan dengan menggunakan metode *APSO* didapatkan hasil sebesar 6050.75 \$/h. Dengan metode *APSO* biaya pembangkitan dapat direduksi sebesar 529.25 \$/h atau penghematan sebesar 8.04% dari metode konvensional *N-R*, dan 58 \$/h atau penghematan sebesar 0.01 % dari metode *PSO*. Dapat dilihat grafik perbandingan biaya pembangkitan dari setiap metode pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik perbandingan total biaya pembangkitan  
(Sumber: Perhitungan Software)

## IV. Kesimpulan

Dari hasil penelitian diperoleh kesimpulan yaitu:

1. Metode *APSO* mampu menghasilkan daya lebih optimal dibandingkan dengan metode konvensional *N-R* dan metode *PSO* yaitu sebesar 29.708 MW atau sebesar 9.87 % dari metode konvensional *N-R* dan 7.4 MW atau sebesar 2.6 % dari metode *PSO*.
2. Data terendah pada percobaan dengan menggunakan metode *APSO* dapat mereduksi daya sebesar 29.708 MW atau sebesar 9.87 % dari metode konvensional *N-R* dan 7.4 MW atau sebesar 2.6 % dari metode *PSO*.
3. Dengan metode *APSO* biaya pembangkitan dapat direduksi sebesar 529.25 \$/h atau penghematan sebesar 8.04% dari metode konvensional *N-R*, dan 58 \$/h atau penghematan sebesar 0.01 % dari metode *PSO*.

## V. Daftar Pustaka

- [1] K. Syah, H. S. Dachlan, R. N. Hasanah, and dan M. Shidiq, "Analisis Perbandingan Economic Dispatch Pembangkit Menggunakan Metode Lagrange dan CFPSO," *EECCIS*, 2012.
- [2] N. H. Sabilla, A. Nugroho, and S. Handoko, "Optimasi penempatan pembangkit terdistribusi pada IEEE 30 bus system menggunakan algoritma genetika," *ISSN 2302-9927*, 2013.
- [3] D. L. Akbar, O. Penangsang, and N. K. Aryani, "Dynamic Economic Dispatch dengan

- Mempertimbangkan Kerugian Transmisi Menggunakan Metode Sequential Quadratic Program,” *J. Tek. ITS*, 2016.
- [4] B. Chopard and M. Tomassini, “Particle swarm optimization,” in *Natural Computing Series*, 2018.
- [5] Z. H. Zhan and J. Zhang, “Adaptive particle swarm optimization,” in *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 2008.
- [6] Emmy Hosea and Yusak Tanoto, “Perbandingan Analisa Aliran Daya dengan Menggunakan Metode Algoritma Genetika dan Metode Newton-Raphson,” *J. Tek. Elektro*, 2004.
- [7] S. Riyanto, H. Suyono, and H. soekotjo Dahlan, “Penjadwalan Pembangkit Tenaga Listrik Jangka Pendek Menggunakan Ant Colony Optimization,” *Eccis*, 2012.
- [8] A. D. Rahmatullah, R. S. Wibowo, and D. Fahmi, “Pendekatan Dengan Cuckoo Optimization Algorithm Untuk Solusi Permasalahan Economic Emission Dispatch,” *J. Tek. ITS*, 2017.
- [9] A. Tanjung, “Analisis Sistem Distribusi 20 kV Untuk Memperbaiki Kinerja Dan Keandalan Sistem Distribusi Menggunakan Electrical Transient Analisis Program,” *Sntiki*, 2012.
- [10] M. Saukani, “Analisa Perbandingan Aliran Daya Optimal Mempertimbangkan Biaya Pembangkitan Dan Kestabilan Daya Menggunakan Particle Swarm Optimization Dan Algoritma Genetika,” *KINETIK*, vol. 1, pp. 101–141, 2016.