

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penulisan skripsi ini dilakukan simulasi perhitungan *economic dispatch* untuk mendapatkan total biaya pembangkitan termurah yang memenuhi batas *equality* dan *inequality*. Untuk memperoleh biaya pembangkitan termurah dilakukan perhitungan *economic dispatch* dengan menggunakan metode *Firefly Algorithm*. Simulasi dilakukan dengan menggunakan 2 data yaitu :

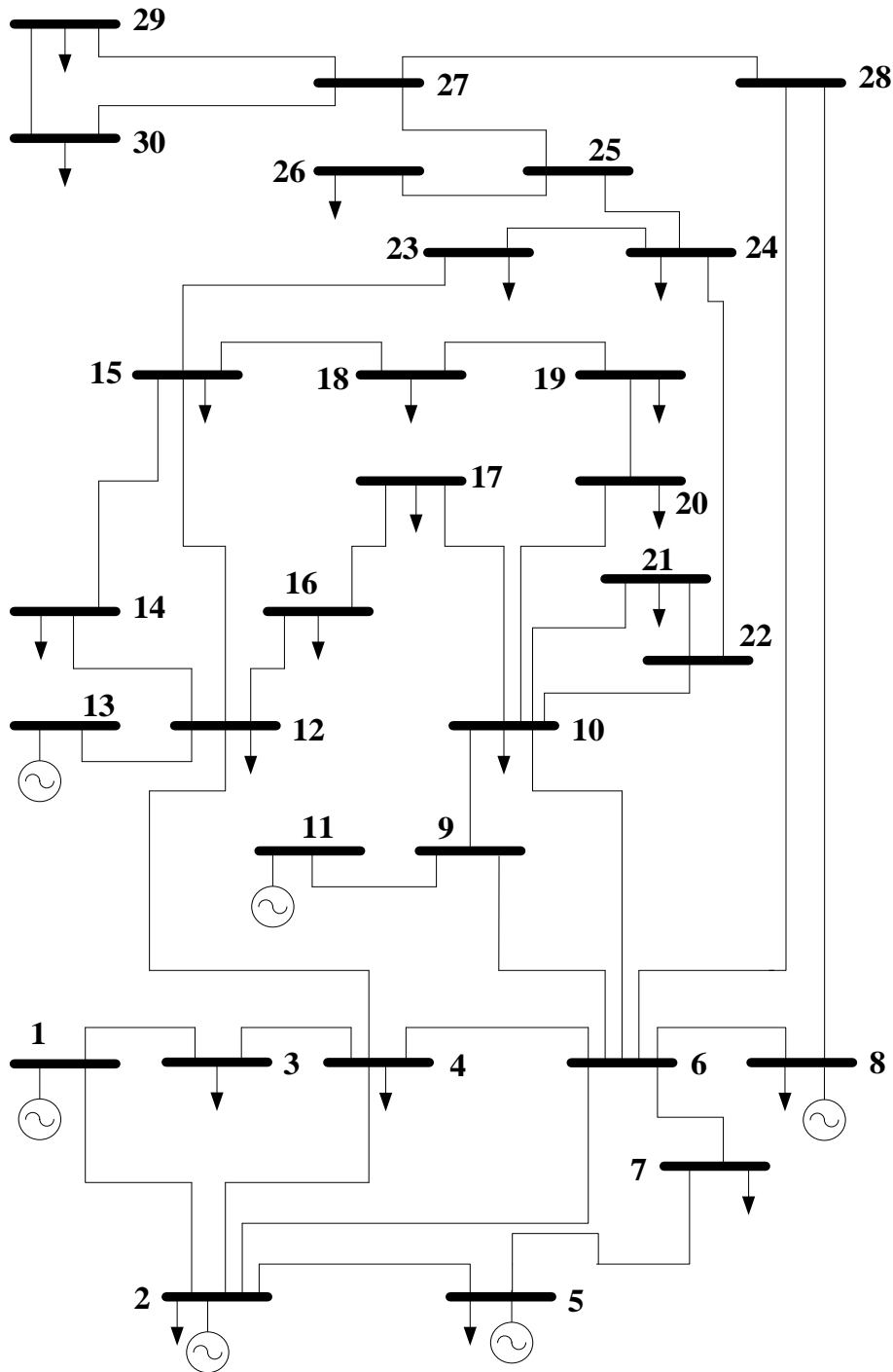
- Data validasi *IEEE 30 Bus* dengan mengasumsikan beban sistem sebesar 283,4 MW.
- Data Pembangkit Termal sistem 500 kV Jawa-Bali yang dimiliki oleh PT. PJB

Pada data validasi terdiri dari 30 *BUS*, 6 pembangkit dengan total beban sistem $P_R = 283,4$ MW. Untuk data riil yang akan digunakan adalah data Pembangkit Termal sistem 500 kV Jawa-Bali yang bersumber dari PT. PLN (Persero). Dari hasil simulasi kedua data tersebut dianalisis dan dapat diketahui performansi yang diinginkan untuk mendapatkan suatu penjadwalan pembangkit termal sehingga memperoleh biaya pembangkitan termurah yang dapat memenuhi batasan *equality* dan *inequality*.

4.1 Data Validasi *IEEE 30 Bus*

Data yang digunakan untuk simulasi penelitian ini adalah data *IEEE 30 Bus* dimana pada sistem tersebut terdapat 30 *Bus* terdiri dari 6 unit pembangkit yang terletak pada *Bus 1*, *Bus 2*, *Bus 5*, *Bus 8*, *Bus 11* dan *Bus 13*, dimana *Bus 1* dijadikan sebagai *slack Bus*. *Slack Bus* adalah *bus* yang berfungsi untuk menyuplai kekurangan daya *real P* dan daya reaktif *Q* pada sistem. Biasanya *bus* ini adalah pembangkit dengan daya terbesar. Karena *Bus 1* memiliki daya terbesar maka dijadikan sebagai *slack bus*.

Single-line diagram data *IEEE 30* dapat dilihat seperti gambar 4.1.



Gambar 4.1 Single line diagram IEEE 30 Bus
 Sumber: Alsac & Stott (1974,p.750)

Adapun data-data yang digunakan pada simulasi kali ini dapat dilihat pada table 4.1 yaitu data pembebanan *IEEE 30 Bus*.

Tabel 4.1 Data Pembebanan Sistem Standar *IEEE 30 Bus*

No <i>Bus</i>	Kode <i>Bus</i>	Tegangan		Beban		Generator	
		<i>Magnitude</i>	Sudut	P (MW)	Q (MVar)	P (MW)	Q (MVar)
1	1	1,06	0	0	0	50	0
2	2	1,05	0	21,7	12,7	40	0
3	0	1,00	0	2,4	1,2	0	0
4	0	1,06	0	7,6	1,6	0	0
5	2	1,01	0	94,2	19,0	30	0
6	0	1,00	0	0	0	0	0
7	0	1,00	0	22,8	10,9	0	0
8	2	1,01	0	30,0	30,0	20	0
9	0	1,00	0	0	0	0	0
10	0	1,08	0	5,8	2,0	0	0
11	2	1,00	0	0	0	10	0
12	0	1,07	0	11,2	7,5	0	0
13	2	1,00	0	0	0	12	0
14	0	1,00	0	6,2	1,6	0	0
15	0	1,00	0	8,2	2,5	0	0
16	0	1,00	0	3,5	1,8	0	0
17	0	1,00	0	9,0	5,8	0	0
18	0	1,00	0	3,2	0,9	0	0
19	0	1,00	0	9,5	3,4	0	0
20	0	1,00	0	2,2	0,7	0	0
21	0	1,00	0	17,5	11,2	0	0
22	0	1,00	0	0	0	0	0
23	0	1,00	0	3,2	1,6	0	0
24	0	1,00	0	8,7	6,7	0	0
25	0	1,00	0	0	0	0	0
26	0	1,00	0	3,5	2,3	0	0
27	0	1,00	0	0	0	0	0
28	0	1,00	0	0	0	0	0
29	0	1,00	0	2,4	0,9	0	0
30	0	1,00	0	10,6	1,9	0	0

Sumber: Alsac & Stott (1974, p.750)

Keterangan kode *Bus* : 1 (*slack Bus*) ; 2 (*Bus generator*) ; 0 (*Bus beban*)

Data saluran antar *Bus* pada sistem *IEEE 30 Bus* dengan beban sistem sebesar 283,4 MW dapat dilihat pada tabel 4.1. Data impedansi saluran ditunjukkan dalam bentuk per unit (pu) dengan basenya 100 MVA (Alsac & Stott, 1974, p.750).

Pada tabel berikutnya adalah batas minimum dan maksimum daya masing-masing pembangkit dalam data *IEEE 30 Bus*.

Tabel 4.2 Data pembangkitan sistem *IEEE 30 Bus*

Pembangkit	P_{\max} (MW)	P_{\min} (MW)
Pembangkit 1	200	50
Pembangkit 2	80	20
Pembangkit 3	50	15
Pembangkit 4	35	10
Pembangkit 5	30	10
Pembangkit 6	40	12
Total	435	117

Sumber: Alsac & Stott (1974, p.751)

Persamaan fungsi biaya bahan bakar (*fuel cost*) masing-masing unit pembangkit yang dioperasikan adalah seperti pada tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Data fungsi biaya bahan bakar sistem *IEEE 30 Bus*

Pembangkit	Fungsi Biaya (\$/h)
Pembangkit 1	$2.0 P_1 + 0.00375 P_1^2$
Pembangkit 2	$0.0175P_2 + 1.75 P_2^2$
Pembangkit 3	$1.0 P_3 + 0.0625 P_3^2$
Pembangkit 4	$3.25 P_4 + 0.00834 P_4^2$
Pembangkit 5	$3.0 P_5 + 0.025 P_5^2$
Pembangkit 6	$3.0 P_6 + 0.025 P_6^2$

Sumber: Alsac & Stott (1974, p.751)

4.2 Simulasi Metode *Firefly Algorithm* Data *IEEE 30 Bus*

1. Menentukan data awal pembangkitan, impedansi saluran dan fungsi biaya

$$F(P) = aP^2 + bP + c$$

Fungsi biaya pembangkit data *IEEE 30 Bus* :

$$F_1 = 2.0 P_1 + 0.00375 P_1^2$$

$$F_2 = 0.0175P_2 + 1.75 P_2^2$$

$$F_3 = 1.0 P_3 + 0.0625 P_3^2$$

$$F_4 = 3.25 P_4 + 0.00834 P_4^2$$

$$F_5 = 3.0 P_5 + 0.025 P_5^2$$

$$F_6 = 3.0 P_6 + 0.025 P_6^2$$

$$\text{Total Biaya Pembangkitan : } F_T = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6$$

2. Inisialisasi parameter algoritma *Firefly Algorithm*:
 - a. Jumlah partikel dibuat sama dengan 6
 - b. Maksimum iterasi 50

3. Menentukan posisi awal partikel (X_i) dipilih berdasarkan batasan daya pembangkitan (P_{max} dan P_{min}) yang diacak secara *random*. Posisi partikel pada metode penelitian ini merupakan nilai daya pada masing-masing pembangkit yang akan kita cari. Persamaan untuk menentukan nilai posisi awal partikel adalah $(P_{max} - P_{min}) \times \text{nilai random} + P_{min}$. Posisi awal partikel harus memenuhi *inequality constraint* atau batasan daya maksimum dan minimum pembangkit. Salah satu posisi awal partikel digunakan sebagai *slack bus* untuk memenuhi *equality constraint* atau daya di sisi beban sama dengan penjumlahan daya pembangkit.

Misalkan nilai *random* = 0,22 untuk partikel X_1 :

$$P_2 = (80 - 20) \times 0,22 + 20 = 33.2 \text{ MW}$$

$$P_3 = (50 - 15) \times 0,22 + 15 = 22.7 \text{ MW}$$

$$P_4 = (35 - 10) \times 0,22 + 10 = 15.5 \text{ MW}$$

$$P_5 = (30 - 10) \times 0,22 + 10 = 14.4 \text{ MW}$$

$$P_6 = (40 - 12) \times 0,22 + 12 = 18.16 \text{ MW}$$

Daya pada beban = 283,4 MW, agar memenuhi *equality constraint* maka untuk mencari daya pembangkit 1 adalah

$$P_1 = P_R - P_2 - P_3 - P_4 - P_5 - P_6 = 179.44 \text{ MW}$$

Misalkan nilai *random* = 0,26 untuk partikel X_2 :

$$P_2 = (80 - 20) \times 0,26 + 20 = 35.6 \text{ MW}$$

$$P_3 = (50 - 15) \times 0,26 + 15 = 24.1 \text{ MW}$$

$$P_4 = (35 - 10) \times 0,26 + 10 = 16.5 \text{ MW}$$

$$P_5 = (30 - 10) \times 0,26 + 10 = 15.2 \text{ MW}$$

$$P_6 = (40 - 12) \times 0,26 + 12 = 19.28 \text{ MW}$$

Daya pada beban = 283,4 MW, agar memenuhi *equality constraint* maka untuk mencari daya pembangkit 1 adalah

$$P_1 = P_R - P_2 - P_3 - P_4 - P_5 - P_6 = 172.72 \text{ MW}$$

Misalkan nilai *random* = 0,3 untuk partikel X_3 :

$$P_2 = (80 - 20) \times 0.3 + 20 = 38 \text{ MW}$$

$$P_3 = (50 - 15) \times 0.3 + 15 = 25,5 \text{ MW}$$

$$P_4 = (35 - 10) \times 0.3 + 10 = 17,5 \text{ MW}$$

$$P_5 = (30 - 10) \times 0.3 + 10 = 16 \text{ MW}$$

$$P_6 = (40 - 12) \times 0,3 + 12 = 20,4 \text{ MW}$$

Daya pada beban = 283,4 MW, agar memenuhi *equality constraint* maka untuk mencari daya pembangkit 1 adalah

$$P_1 = P_R - P_2 - P_3 - P_4 - P_5 - P_6 = 166 \text{ MW}$$

Nilai *random* 0,34 untuk partikel X_4 :

$$P_2 = (80 - 20) \times 0,34 + 20 = 40,4 \text{ MW}$$

$$P_3 = (50 - 15) \times 0,34 + 15 = 26,9 \text{ MW}$$

$$P_4 = (35 - 10) \times 0,34 + 10 = 18,5 \text{ MW}$$

$$P_5 = (30 - 10) \times 0,34 + 10 = 16,8 \text{ MW}$$

$$P_6 = (40 - 12) \times 0,34 + 12 = 21,52 \text{ MW}$$

Daya pada beban = 283,4 MW, agar memenuhi *equality constraint* maka untuk mencari daya pembangkit 1 adalah

$$P_1 = P_R - P_2 - P_3 - P_4 - P_5 - P_6 = 159,28 \text{ MW}$$

Nilai *random* 0,38 untuk partikel X_5

$$P_2 = (80 - 20) \times 0,38 + 20 = 42,8 \text{ MW}$$

$$P_3 = (50 - 15) \times 0,38 + 15 = 28,3 \text{ MW}$$

$$P_4 = (35 - 10) \times 0,38 + 10 = 19,5 \text{ MW}$$

$$P_5 = (30 - 10) \times 0,38 + 10 = 17,6 \text{ MW}$$

$$P_6 = (40 - 12) \times 0,38 + 12 = 22,64 \text{ MW}$$

Daya pada beban = 283,4 MW, agar memenuhi *equality constraint* maka untuk mencari daya pembangkit 1 adalah

$$P_1 = P_R - P_2 - P_3 - P_4 - P_5 - P_6 = 152,56 \text{ MW}$$

Nilai *random* 0,42 untuk partikel X_6

$$P_2 = (80 - 20) \times 0,42 + 20 = 45,2 \text{ MW}$$

$$P_3 = (50 - 15) \times 0,42 + 15 = 29,7 \text{ MW}$$

$$P_4 = (35 - 10) \times 0,42 + 10 = 20,5 \text{ MW}$$

$$P_5 = (30 - 10) \times 0,42 + 10 = 18,4 \text{ MW}$$

$$P_6 = (40 - 12) \times 0,42 + 12 = 23,76 \text{ MW}$$

Daya pada beban = 283,4 MW, agar memenuhi *equality constraint* maka untuk mencari daya pembangkit 1 adalah

$$P_1 = P_R - P_2 - P_3 - P_4 - P_5 - P_6 = 145,84 \text{ MW}$$

4. Evaluasi biaya untuk setiap partikel

Evaluasi biaya untuk partikel X_1 ;

$$F_{11} = 0,00375 (179.44)^2 + 2 (179.44)$$

$$F_{12} = 0,0175 (33.2)^2 + 1,75 (33.2)$$

$$F_{13} = 0,0625 (22.7)^2 + 1 (22.7) \quad 52.25$$

$$F_{14} = 0,00834 (15.5)^2 + 3.25 (15.5) \quad 50.6265$$

$$F_{15} = 0,025 (14.4)^2 + 3 (14.4) \quad 46.9 \quad 49$$

$$F_{16} = 0,025 (18.16)^2 + 3 (18.16) \quad 60.544$$

$$F_{T1} = F_{11} + F_{12} + F_{13} + F_{14} + F_{15} + F_{16} = 775.4073 \text{ \$/h}$$

Evaluasi biaya untuk partikel X_2 ;

$$F_{11} = 0,00375 (172.72)^2 + 2 (172.72)$$

$$F_{12} = 0,00175 (35.6)^2 + 1,75 (35.6)$$

$$F_{13} = 0,0625 (24.1)^2 + 1 (24.1)$$

$$F_{14} = 0,00834 (16.5)^2 + 3.25 (16.5)$$

$$F_{15} = 0,025 (15.2)^2 + 3 (15.2)$$

$$F_{16} = 0,025 (19.28)^2 + 3 (19.28)$$

$$F_{T1} = F_{11} + F_{12} + F_{13} + F_{14} + F_{15} + F_{16} = 776.5947 \text{ US\$/h}$$

Evaluasi biaya untuk partikel X_3 ;

$$F_{21} = 0,00375 (166)^2 + 2 (166)$$

$$F_{22} = 0,00175 (38)^2 + 1,75 (38)$$

$$F_{23} = 0,0625 (25,5)^2 + 1 (25,5)$$

$$F_{24} = 0,00834 (17,5)^2 + 3.25 (17,5)$$

$$F_{25} = 0,025 (16)^2 + 3 (16)$$

$$F_{26} = 0,025 (20,4)^2 + 3 (20,4)$$

$$F_{T2} = F_{21} + F_{22} + F_{23} + F_{24} + F_{25} + F_{26} = 778.6787 \text{ US\$/h}$$

Evaluasi biaya untuk partikel X_4 ;

$$F_{31} = 0,00375 (159.28)^2 + 2 (159.28)$$

$$F_{32} = 0,00175 (40.4)^2 + 1,75 (40.4)$$

$$F_{33} = 0,0625 (26.9)^2 + 1 (26.9)$$

$$F_{34} = 0,00834 (18.5)^2 + 3.25 (18.5)$$

$$F_{35} = 0,025 (16.8)^2 + 3 (16.8)$$

$$F_{36} = 0,025 (21.52)^2 + 3 (21.52)$$

$$F_{T3} = F_{31} + F_{32} + F_{33} + F_{34} + F_{35} + F_{36} = 781.6595 \text{ US\$/h}$$

Evaluasi biaya untuk partikel X_5 ;

$$F_{41} = 0,00375 (152.56)^2 + 2 (152.56)$$

$$F_{42} = 0,00175 (42.8)^2 + 1,75 (42.8)$$

$$F_{43} = 0,0625 (28.3)^2 + 1 (28.3)$$

$$F_{44} = 0,00834 (19.5)^2 + 3.25 (19.5)$$

$$F_{45} = 0,025 (17.6)^2 + 3 (17.6)$$

$$F_{46} = 0,025 (22.64)^2 + 3 (22.64)$$

$$F_{T4} = F_{41} + F_{42} + F_{43} + F_{44} + F_{45} + F_{46} = 785.5369 \text{ US\$/h}$$

Evaluasi biaya untuk partikel X_6 ;

$$F_{51} = 0,00375 (145.84)^2 + 2 (145.84)$$

$$F_{52} = 0,00175 (45.2)^2 + 1,75 (45.2)$$

$$F_{53} = 0,0625 (29.7)^2 + 1 (29.7)$$

$$F_{54} = 0,00834 (20.5)^2 + 3.25 (20.5)$$

$$F_{55} = 0,025 (18.4)^2 + 3 (18.4)$$

$$F_{56} = 0,025 (23.76)^2 + 3 (23.76)$$

$$F_{T5} = F_{51} + F_{52} + F_{53} + F_{54} + F_{55} + F_{56} = 790.3110 \text{ US\$/h}$$

5. Nilai G_{best} adalah nilai daya dengan total biaya terkecil pada evaluasi biaya. Nilai biaya yang diperoleh untuk setiap partikel adalah 775.4073 U\$/h, 776.5947 U\$/h, 778.6787 U\$/h, 781.6595 U\$/h, 785.5369 U\$/h, 790.3110 U\$/h. Nilai biaya terkecil berada pada partikel 1 yaitu 775.4073 U\$/h, maka nilai G_{best} adalah nilai daya dari partikel pertama.

6. Pada penelitian ini ditentukan nilai $\alpha = 2$, $\beta_0 = 1$, $\gamma = 1$ (Xin S. Yang, 2009).

7. Evaluasi ke rumus *Firefly Algorithm* pada Persamaan (2-13)

$$r_{ij} \sqrt{\sum_{k=1}^d (P_{i,k} - P_{j,k})^2}$$

- Untuk partikel X_1

Partikel pertama merupakan *Gbest* sehingga daya pembangkitnya tidak berubah, *Gbest* disetiap iterasi tidak mengalami perubahan daya pembangkit.

- Untuk partikel X_2

$$\begin{aligned} r_{21} &= \sqrt{\sum_{k=1}^6 (P_{2,k} - P_{1,k})^2} \\ &= \sqrt{(172,72 - 179,44)^2 + \dots + (19,28 - 18,16)^2} \\ &= 7,4681 \end{aligned}$$

8. Dengan menggunakan rumus *Acctractiveness* pada Persamaan (2-12), didapatkan nilai β sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \beta &= \beta_0 \exp(-\gamma r^2) \\ &= 1 \times \exp(-1 \times 7,4681^2) \\ &= 6,00041 \times 10^{-25} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan rumus pada Persamaan (2-15), diperoleh nilai daya (P) pada iterasi $i = 1$ sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_{2,2} &= P_{2,2} + \beta(P_{1,2} - P_{2,2}) + \alpha \left(rand - \frac{1}{2} \right), \text{ misalkan } rand = 0,2 \\ &= 35,6 + 6,00041 \times 10^{-25} (33,2 - 35,6) + 2 \left(0,2 - \frac{1}{2} \right) \\ &= 35 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{2,3} &= P_{2,3} + \beta(P_{1,3} - P_{2,3}) + \alpha \left(rand - \frac{1}{2} \right), \text{ misalkan } rand = 0,2 \\ &= 24,1 + 6,00041 \times 10^{-25} (22,7 - 24,1) + 2 \left(0,2 - \frac{1}{2} \right) \\ &= 23,5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{2,4} &= P_{2,4} + \beta(P_{1,4} - P_{2,4}) + \alpha \left(rand - \frac{1}{2} \right), \text{ misalkan } rand = 0,2 \\ &= 16,5 + 6,00041 \times 10^{-25} (15,5 - 16,5) + 2 \left(0,2 - \frac{1}{2} \right) \\ &= 15,9 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P_{2,5} &= P_{2,5} + \beta(P_{1,5} - P_{2,5}) + \alpha \left(rand - \frac{1}{2} \right), \text{ misalkan } rand = 0,2 \\
&= 15,2 + 6,00041 \times 10^{-25}(14,4 - 15,2) + 2 \left(0,2 - \frac{1}{2} \right) \\
&= 14,6
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P_{2,6} &= P_{2,6} + \beta(P_{1,6} - P_{2,6}) + \alpha \left(rand - \frac{1}{2} \right), \text{ misalkan } rand = 0,2 \\
&= 19,28 + 6,00041 \times 10^{-25}(18,16 - 19,28) + 2 \left(0,2 - \frac{1}{2} \right) \\
&= 18,68
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P_{2,1} &= \text{Beban} - (P_{2,2} + P_{2,3} + P_{2,4} + P_{2,5} + P_{2,6}) \\
&= 283,4 - (35 + 23,5 + 15,9 + 14,6 + 18,68) \\
&= 175,72
\end{aligned}$$

Selanjutnya akan dicari biaya dengan menggunakan Persamaan (2.4) sebagai berikut:

- Untuk Partikel X_1

$$\begin{aligned}
F_{11} &= 0,00375 (179,44)^2 + 2 (179,44) \\
F_{12} &= 0,0175 (33,2)^2 + 1,75 (33,2) \\
F_{13} &= 0,0625 (22,7)^2 + 1 (22,7) \quad 52,25 \\
F_{14} &= 0,00834 (15,5)^2 + 3,25 (15,5) \quad 50,6265 \\
F_{15} &= 0,025 (14,4)^2 + 3 (14,4) \quad 46,9 \quad 49 \\
F_{16} &= 0,025 (18,16)^2 + 3 (18,16) \quad 60,544 \\
F_{T1} &= F_{11} + F_{12} + F_{13} + F_{14} + F_{15} + F_{16} = 775,4073 \text{ \$/h}
\end{aligned}$$

- Untuk Partikel X_2

$$\begin{aligned}
F_{21} &= 0,00375 (175,72)^2 + 2 (175,72) \\
F_{22} &= 0,00175 (35)^2 + 1,75 (35) \\
F_{23} &= 0,0625 (23,5)^2 + 1 (23,5) \\
F_{24} &= 0,00834 (15,9)^2 + 3,25 (15,9) \\
F_{25} &= 0,025 (14,6)^2 + 3 (14,6) \\
F_{26} &= 0,025 (18,68)^2 + 3 (18,68) \\
F_{T2} &= F_{21} + F_{22} + F_{23} + F_{24} + F_{25} + F_{26} = 775,6098 \text{ US\$/h}
\end{aligned}$$

9. Untuk iterasi selanjutnya menggunakan Persamaan yang sama tetapi menggunakan nilai daya (P) pada iterasi sebelumnya.
10. Cek apakah solusi sudah konvergen, jika belum konvergen ulangi langkah 6 sampai 7 hal ini dilakukan sampai konvergen.
11. Setelah konvergen didapatkan biaya total optimun

Tabel 4.4 Pembagian Daya Pembangkit *IEEE 30 Bus* dengan beban 283,4 MW

<i>Firefly</i>	Daya Pembangkit						Total Daya	Total Biaya (U\$/jam)
	P1	P2	P3	P4	P5	P6		
1	189,62	31,16	20,66	13,46	12,36	16,12	283,4	773,983
2	195,50	29,99	19,49	12,29	11,19	14,95	283,4	774,001
3	194,69	30,15	19,65	12,45	11,35	15,11	283,4	773,978
4	191,90	30,71	20,21	13,01	11,91	15,67	283,4	773,965
5	187,54	31,58	21,08	13,88	12,78	16,54	283,4	774,139
6	185,90	31,91	21,41	14,21	13,11	16,87	283,4	774,494

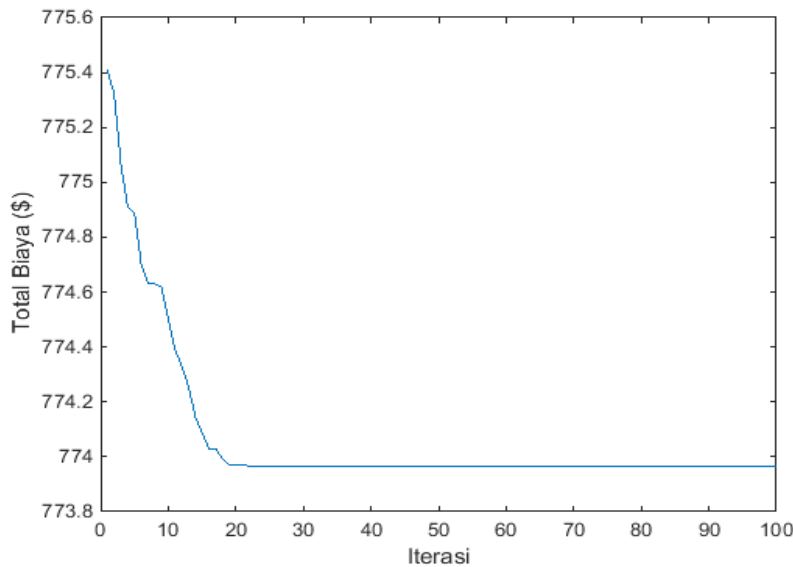
Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.5 Hasil simulasi dengan metode lain (283,4 MW Beban)

Metode Optimasi	P1 (MW)	P2 (MW)	P3 (MW)	P4 (MW)	P5 (MW)	P6 (MW)	<i>Total Cost</i>
							(<i>Fuel Cost</i>) US\$/h
<i>WOA</i>	174,43	47,82	21,45	25,69	10,12	12,15	800,28
<i>PSO</i>	176,94	48,71	21,27	21,09	11,83	12,00	798,43
<i>GA</i>	179,36	44,24	24,61	19,9	10,71	14,09	803,69
<i>ACO</i>	177,86	43,83	20,89	23,12	14,02	13,11	803,12
<i>FA</i>	191,91	30,70	20,20	13	11,90	15,66	773,96

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari Tabel 4.4 dapat dilihat pembagian daya pembangkit *IEEE 30 Bus* dengan beban 283,4 MW, dimana pada *firefly* terbaik adalah *firefly* pertama dengan total biaya U\$ 773,93. Dan dari Tabel 4.5 dapat dilihat hasil simulasi dengan metode lain bahwa metode *Firefly Algorithm* menghasilkan total biaya paling rendah dibandingkan dengan metode lain.



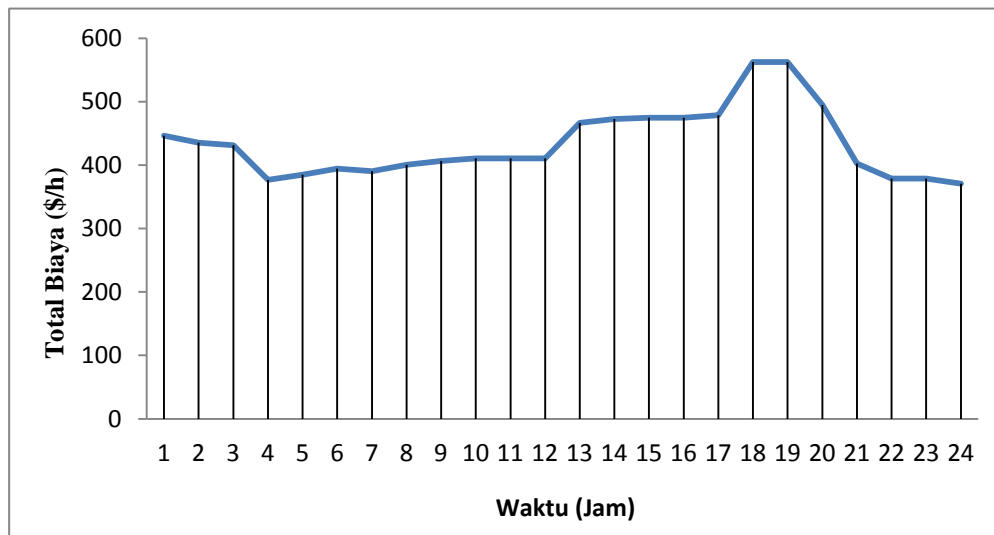
Gambar 4.2 Grafik iterasi daya pembangkit menggunakan sistem *IEEE 30 Bus*

Pada gambar di atas menunjukkan kurva hasil simulasi biaya penjadwalan pembangkit data sistem *IEEE 30 Bus* dengan daya pembangkit beban sebesar 283,4 MW. Melalui perhitungan menggunakan metode *Firefly Algoritim* didapatkan titik konvergen pada iterasi ke-26 dengan total biaya sebesar \$773.9653.

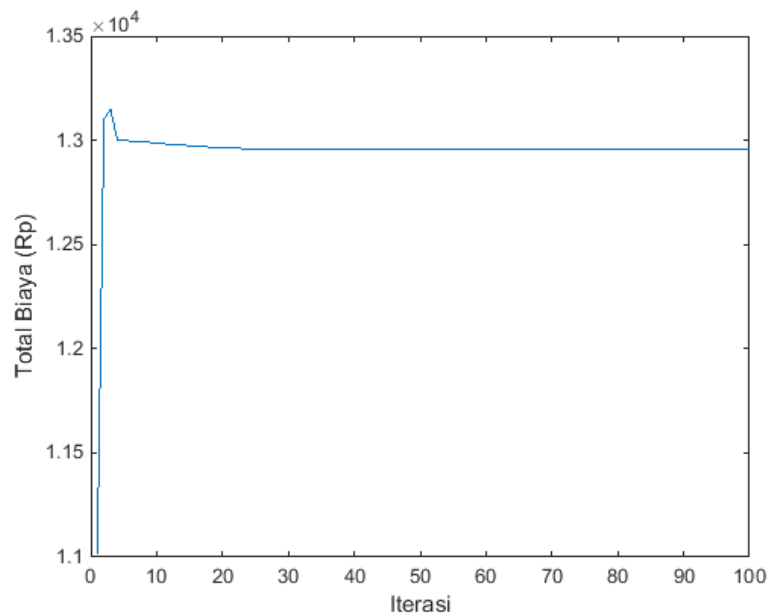
Tabel 4.6. Penjadwalan *IEEE 30 Bus* selama 24 jam menggunakan Metode *FA*

Jam	Beban (MW)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Biaya (\$/h)
1	241	163.97	27.47	0	10	0	0	446.43
2	240	136.04	33.2	0	15.5	0	0	435.08
3	238	134.04	33.2	0	15.5	0	0	431.08
4	238	134.04	33.2	0	15.5	0	0	376.58
5	242	138.04	33.2	0	15.5	0	0	384.58
6	247	143.04	33.2	0	15.5	0	0	394.58
7	245	141.04	33.2	0	15.5	0	0	390.58
8	250	146.04	33.2	0	15.5	0	0	400.58
9	253	149.04	33.2	0	15.5	0	0	406.58
10	255	151.04	33.2	0	15.5	0	0	410.58
11	255	151.04	33.2	0	15.5	0	0	410.58
12	255	151.04	33.2	0	15.5	0	0	410.58
13	283	179.04	33.2	0	15.5	0	0	466.58
14	286	182.04	33.2	0	15.5	0	0	472.58
15	287	183.04	33.2	0	15.5	0	0	474.58
16	287	183.04	33.2	0	15.5	0	0	474.58
17	289	185.04	33.2	0	15.5	0	0	478.58
18	311	207.04	0	0	15.5	14.4	18.16	562.19
19	311	207.04	0	0	15.5	14.4	18.16	562.19
20	297	193.04	33.2	0	15.5	0	0	494.58

Jam	Beban (MW)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Biaya (\$/h)
21	251	147.04	33.2	0	15.5	0	0	402.58
22	239	135.04	33.2	0	15.5	0	0	378.58
23	239	135.04	33.2	0	15.5	0	0	378.58
24	235	131.04	33.2	0	15.5	0	0	370.58



Gambar 4.3 Grafik total biaya dengan data *IEEE 30 Bus* menggunakan Metode *FA*



Gambar 4.4 Grafik total biaya pembangkit selama 24 jam dengan iterasi sebanyak 100 kali

Pada tabel 4.6 dan Gambar 4.3 di atas didapatkan penjadwalan dan total biaya pembangkit selama 24 jam menggunakan metode *Firefly Algorithm (FA)* sistem *IEEE 30 Bus* diperoleh biaya pembangkitan (\$/h) dan biaya selalu berubah-ubah terhadap waktu (jam). Dan pada gambar 4.4 dapat dilihat grafik total biaya pembangkit selama 24 jam dan konvergen pada iterasi ke-26.

4.3 Sistem 500 kV Jawa Bali

Data yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah data sistem 500 kV Jawa-Bali. Sistem kelistrikan 500 kV Jawa-Bali adalah sistem jaringan transmisi yang dihubungkan oleh saluran udara tegangan ekstra tinggi (SUTET). Region-region pada sistem dihubungkan oleh transmisi 500 kV adalah penyuplai daya ke sistem tenaga listrik Jawa-Bali. Daya berkapasitas besar disalurkan ke pembangkit-pembangkit utama dari region 1(satu) sampai dengan 4 (empat) melalui saluran transmisi 500 kV dan kemudian diturunkan menjadi 150 kV. Sistem kelistrikan 500 kV Jawa-Bali dibagi menjadi 4 region. Region 1 meliputi Jakarta Raya dan Banten, region 2 Jawa Barat, region 3 Jawa Tengah dan DIY sedangkan region 4 adalah Jawa timur dan Bali.

Tabel 4.7 Data Pembangkit dan Batas Daya Maksimum-Minimum Jawa-Bali 500 kV

Pembangkit	P_{\max} (MW)	P_{\min} (MW)
Suralaya	3400	1500
Muaratawar	2200	1040
Cirata	1008	400
Saguling	700	400
Tanjung Jati	1220	600
Gresik	1050	238
Paiton	3254	1425
Grati	827	150
Total	11679	5753

Sumber: Sunaryatiningsih (2016)

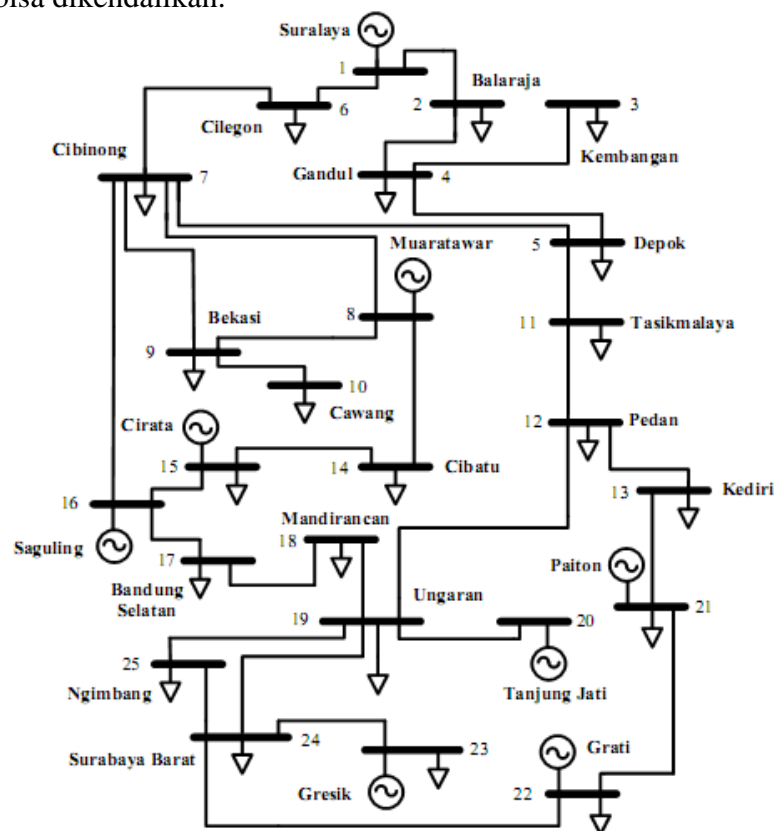
Data pembebanan sistem kelistrikan 500 kV Jawa-Bali yang digunakan adalah data pembebanan pada tanggal 4,6, dan 7 Desember 2011. Unit yang terpasang antara lain pembangkit Suralaya, pembangkit Muaratawar, pembangkit Cirata, pembangkit Saguling, pembangkit Tanjungjati, pembangkit Gresik, pembangkit Grati, dan pembangkit Paiton. Unit pembangkit Cirata dan Saguling merupakan pembangkit listrik tenaga air, sisanya adalah pembangkit listrik tenaga uap. Gardu induk atau *bus-bus* yang ada pada sistem kelistrikan 500 kV Jawa-Bali diklasifikasikan sebagai berikut:

Tabel 4.8 Pembagian *Bus* Setiap Pembangkit

Jenis <i>Bus</i>	Nama <i>Bus</i>	Jumlah <i>Bus</i>
<i>Slack Bus</i>	Suralaya	1
<i>Bus Beban</i>	Cilegon, Kembangan, Gandul, Cibinong, Balaraja, Cawang, Bekasi, Cibatu, Bandung Selatan, Mandirancan, Ungaran, Surabaya Barat, Depok, Tasikmalaya, Pedan, dan Kediri	17
<i>Bus Generator</i>	Muaratawar, Cirata, Saguling, Tanjungjati, Gresik, Paiton, Grati	7
	Jumlah	25

Sumber: Abri (2016)

Suralaya yang merupakan pembangkit dengan kapasitas terbesar digunakan sebagai *slack bus*. *Slack bus* merupakan *bus* yang digunakan untuk menyuplai kekurangan daya pada sistem. Sedangkan *bus generator* adalah *bus* yang besar dayanya telah ditentukan dan bisa dikendalikan.



Gambar 4.5 Single Line Diagram Pembangkit Jawa Bali 500 kV

Sumber: Abri (2016)

4.3.1 Simulasi *Economic Dispatch* dengan Metode *Firefly Algorithm*

Berikut adalah langkah-langkah penerapan metode *Firefly Algorithm* dalam *economic dispatch* Sistem 500 kV Jawa-Bali. Untuk contoh kali ini dilakukan perhitungan secara keseluruhan

1. Menentukan data awal pembangkitan, impedansi saluran dan fungsi biaya.
2. $F(P) = aP^2 + bP + c$

Tabel 4.9. Fungsi biaya pembangkit data 500 kV Jawa-Bali

Pembangkit	Fungsi Biaya
Suralaya	$31630.21 + 395668.05P_1 + 65.94P_1^2$
Muaratawar	$107892572.17 + 395668.05P_2 + 65.94P_2^2$
Cirata	$6000P_3$
Saguling	$395668.05P_4$
Tanjung Jati	$163648.18 + 197191.76P_5 + 21.88P_5^2$
Gresik	$13608770.96 + 777148.77P_6 + 132.15P_6^2$
Paiton	$8220765.38 + 37370.67P_7 + 52.19P_7^2$
Grati	$86557397.4 + 2004960.63P_8 + 533.92P_8^2$

Sumber: Sunaryatiningsih (2016)

Inisialisasi parameter algoritma *Firefly Algorithm*:

- a. Jumlah partikel dibuat sama dengan 6
 - b. Maksimum iterasi 50
3. Menentukan posisi awal partikel (X_i) dipilih berdasarkan batasan daya pembangkitan (P_{max} dan P_{min}) yang diacak secara *random*. Posisi partikel pada metode penelitian ini merupakan nilai daya pada masing-masing pembangkit yang akan dicari. Persamaan untuk menentukan nilai posisi awal partikel adalah $(P_{max} - P_{min}) \times \text{nilai random} + P_{min}$. Posisi awal partikel harus memenuhi *Inequality constraint* atau batasan daya maksimum dan minimum pembangkit. Salah satu posisi awal partikel digunakan sebagai *slack bus* untuk memenuhi *equality constraint* atau daya di sisi beban sama dengan penjumlahan daya pembangkit.
 4. Misalkan nilai *random* = 0,4 untuk partikel X_1 :
 Pembangkit Muaratawar = $(2200 - 1040) \times 0,4 + 1040 = 1504$ MW

$$\text{Pembangkit Tanjung Jati} = (1220 - 600) \times 0,4 + 600 = 848 \text{ MW}$$

$$\text{Pembangkit Gresik} = (1050 - 238) \times 0,4 + 238 = 562,8 \text{ MW}$$

$$\text{Pembangkit Paiton} = (3254 - 1425) \times 0,4 + 1425 = 2156,6 \text{ MW}$$

$$\text{Pembangkit Grati} = (827 - 150) \times 0,4 + 150 = 420,8 \text{ MW}$$

$$\begin{aligned} \text{Pembangkit Suralaya} &= \text{Pload} - \text{Cirata} - \text{Saguling} - \text{Muaratawar} - \text{Tanjung Jati} - \text{Gresik} \\ &- \text{Paiton} - \text{Grati} = 3168,8 \text{ MW} \end{aligned}$$

Karena Cirata dan Saguling merupakan pembangkit tenaga air, maka daya yang dihasilkan dianggap tetap yaitu 1000 MW dan 700 MW.

Misalkan nilai *random* = 0,42 untuk partikel X_1 :

$$\text{Pembangkit Muaratawar} = (2200 - 1040) \times 0,42 + 1040 = 1527,2 \text{ MW}$$

$$\text{Pembangkit Tanjung Jati} = (1220 - 600) \times 0,42 + 600 = 860,4 \text{ MW}$$

$$\text{Pembangkit Gresik} = (1050 - 238) \times 0,42 + 238 = 546,56 \text{ MW}$$

$$\text{Pembangkit Paiton} = (3254 - 1425) \times 0,42 + 1425 = 2193,18 \text{ MW}$$

$$\text{Pembangkit Grati} = (827 - 150) \times 0,42 + 150 = 434,34 \text{ MW}$$

$$\text{Pembangkit Suralaya} = 3066,84 \text{ MW}$$

Nilai *random* 0,44 untuk partikel

$$\text{Pembangkit Muaratawar} = (2200 - 1040) \times 0,44 + 1040 = 1550,4 \text{ MW}$$

$$\text{Pembangkit Tanjung Jati} = (1220 - 600) \times 0,44 + 600 = 872,8 \text{ MW}$$

$$\text{Pembangkit Gresik} = (1050 - 238) \times 0,44 + 238 = 595,28 \text{ MW}$$

$$\text{Pembangkit Paiton} = (3254 - 1425) \times 0,44 + 1425 = 2229,76 \text{ MW}$$

$$\text{Pembangkit Grati} = (827 - 150) \times 0,44 + 150 = 447,88 \text{ MW}$$

$$\text{Pembangkit Suralaya} = 2964,88 \text{ MW}$$

Nilai *random* 0,46 untuk partikel

$$\text{Pembangkit Muaratawar} = (2200 - 1040) \times 0,46 + 1040 = 1573,6 \text{ MW}$$

$$\text{Pembangkit Tanjung Jati} = (1220 - 600) \times 0,46 + 600 = 885,2 \text{ MW}$$

$$\text{Pembangkit Gresik} = (1050 - 238) \times 0,46 + 238 = 611,52 \text{ MW}$$

$$\text{Pembangkit Paiton} = (3254 - 1425) \times 0,46 + 1425 = 2266,34 \text{ MW}$$

$$\text{Pembangkit Grati} = (827 - 150) \times 0,46 + 150 = 461,42 \text{ MW}$$

$$\text{Pembangkit Suralaya} = 2862,92 \text{ MW}$$

Nilai *random* 0.48 untuk partikel

$$\text{Pembangkit Muaratawar} = (2200 - 1040) \times 0.48 + 1040 = 1596,8 \text{ MW}$$

$$\text{Pembangkit Tanjung Jati} = (1220 - 600) \times 0.48 + 600 = 897,6 \text{ MW}$$

$$\text{Pembangkit Gresik} = (1050 - 238) \times 0.48 + 238 = 627,76 \text{ MW}$$

$$\text{Pembangkit Paiton} = (3254 - 1425) \times 0.48 + 1425 = 2302,92 \text{ MW}$$

$$\text{Pembangkit Grati} = (827 - 150) \times 0.48 + 150 = 474,96 \text{ MW}$$

$$\text{Pembangkit Suralaya} = 2760,96 \text{ MW}$$

Nilai *random* 0.5 untuk partikel

$$\text{Pembangkit Muaratawar} = (2200 - 1040) \times 0.5 + 1040 = 1620 \text{ MW}$$

$$\text{Pembangkit Tanjung Jati} = (1220 - 600) \times 0.5 + 600 = 910 \text{ MW}$$

$$\text{Pembangkit Gresik} = (1050 - 238) \times 0.5 + 238 = 644 \text{ MW}$$

$$\text{Pembangkit Paiton} = (3254 - 1425) \times 0.5 + 1425 = 2339,5 \text{ MW}$$

$$\text{Pembangkit Grati} = (827 - 150) \times 0.5 + 150 = 488,5 \text{ MW}$$

$$\text{Pembangkit Suralaya} = 2659 \text{ MW}$$

5. Evaluasi biaya untuk setiap partikel

Evaluasi biaya untuk partikel X_1 ;

$$F_{11} = 65,94(3168,8)^2 + 395668,05(3168,8) + 31630,21$$

$$F_{12} = 65,94(1504)^2 + 395668,05(1504) + 107892572,17$$

$$F_{13} = 21,88(848)^2 + 197191,76(848) + 163648,18$$

$$F_{14} = 132,15(562,8)^2 + 777148,77(562,8) + 13608770,96$$

$$F_{15} = 52,19(2156,6)^2 + 37370,67(2156,6) + 8220765,38$$

$$F_{16} = 533,92(420,8)^2 + 2004960,63(420,8) + 86557397,4$$

$$F_{T1} = F_{11} + F_{12} + F_{13} + F_{14} + F_{15} + F_{16} = 5.083.345.140 \text{ Rupiah/jam}$$

Evaluasi biaya untuk partikel X_2 ;

$$F_{11} = 65,94(3066,84)^2 + 395668,05(3066,84) + 31630,21$$

$$F_{12} = 65,94(1527,2)^2 + 395668,05(1527,2) + 107892572,17$$

$$F_{13} = 21,88(860,4)^2 + 197191,76(860,4) + 163648,18$$

$$F_{14} = 132,15(579,04)^2 + 777148,77(579,04) + 13608770,96$$

$$F_{15} = 52,19(2193,18)^2 + 37370,67(2193,18) + 8220765,38$$

$$F_{16} = 533,92(434,34)^2 + 2004960,63(434,34) + 86557397,4$$

$$F_{T1} = F_{11} + F_{12} + F_{13} + F_{14} + F_{15} + F_{16} = 5.075.876.300 \text{ Rupiah/jam}$$

Evaluasi biaya untuk partikel X₃ ;

$$F_{11} = 65,94(2964,88)^2 + 395668,05(2964,88) + 31630,21$$

$$F_{12} = 65,94(1550,4)^2 + 395668,05(1550,4) + 107892572,17$$

$$F_{13} = 21,88(872,8)^2 + 197191,76(872,8) + 163648,18$$

$$F_{14} = 132,15(595,28)^2 + 777148,77(595,28) + 13608770,96$$

$$F_{15} = 52,19(2229,76)^2 + 37370,67(2229,76) + 8220765,38$$

$$F_{16} = 533,92(447,88)^2 + 2004960,63(447,88) + 86557397,4$$

$$F_{T1} = F_{11} + F_{12} + F_{13} + F_{14} + F_{15} + F_{16} = 5.070.261.320 \text{ Rupiah/jam}$$

Evaluasi biaya untuk partikel X₄ ;

$$F_{11} = 65,94(2862,92)^2 + 395668,05(2862,92) + 31630,21$$

$$F_{12} = 65,94(1573,6)^2 + 395668,05(1573,6) + 107892572,17$$

$$F_{13} = 21,88(885,2)^2 + 197191,76(885,2) + 163648,18$$

$$F_{14} = 132,15(611,52)^2 + 777148,77(611,52) + 13608770,96$$

$$F_{15} = 52,19(2266,34)^2 + 37370,67(2266,34) + 8220765,38$$

$$F_{16} = 533,92(461,42)^2 + 2004960,63(461,42) + 86557397,4$$

$$F_{T1} = F_{11} + F_{12} + F_{13} + F_{14} + F_{15} + F_{16} = 5.066.500.201 \text{ Rupiah/jam}$$

Evaluasi biaya untuk partikel X₅ ;

$$F_{11} = 65,94(2760,96)^2 + 395668,05(2760,96) + 31630,21$$

$$F_{12} = 65,94(1596,8)^2 + 395668,05(1596,8) + 107892572,17$$

$$F_{13} = 21,88(897,6)^2 + 197191,76(897,6) + 163648,18$$

$$F_{14} = 132,15(627,76)^2 + 777148,77(627,76) + 13608770,96$$

$$F_{15} = 52,19(2302,92)^2 + 37370,67(2302,92) + 8220765,38$$

$$F_{16} = 533,92(474,96)^2 + 2004960,63(474,96) + 86557397,4$$

$$F_{T1} = F_{11} + F_{12} + F_{13} + F_{14} + F_{15} + F_{16} = 5.064.592.943 \text{ Rupiah/jam}$$

Evaluasi biaya untuk partikel X₆ ;

$$F_{11} = 65,94(2659)^2 + 395668,05(2659) + 31630,21$$

$$F_{12} = 65,94(1620)^2 + 395668,05(1620) + 107892572,17$$

$$F_{13} = 21,88(910)^2 + 197191,76(910) + 163648,18$$

$$F_{14} = 132,15(644)^2 + 777148,77(644) + 13608770,96$$

$$F_{15} = 52,19(2339,5)^2 + 37370,67(2339,5) + 8220765,38$$

$$F_{16} = 533,92(488,5)^2 + 2004960,63(488,5) + 86557397,4$$

$$F_{T1} = F_{11} + F_{12} + F_{13} + F_{14} + F_{15} + F_{16} = 5.064.539.545 \text{ Rupiah/jam}$$

6. Nilai G_{best} adalah nilai daya dengan total biaya terkecil pada evaluasi biaya. Nilai biaya terkecil berada pada partikel 1 yaitu 775.4073 US\$/h, maka nilai G_{best} adalah nilai daya dari partikel pertama.
7. Pada penelitian ini ditentukan nilai $\alpha = 2$, $\beta_0 = 1$, $\gamma = 1$ (Xin S. Yang, 2009).
8. Evaluasi ke rumus *Firefly Algorithm* pada Persamaan (2-14):

$$r_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^d (P_{i,k} - P_{j,k})^2}$$

Misalkan P_1 pada partikel X_1 dan X_2

$$\begin{aligned} r_{12} &= \sqrt{\sum_{k=1}^8 (P_{1,k} - P_{2,k})^2} \\ &= \sqrt{(3168,8 - 3066,84)^2 + \dots + (700 - 700)^2} \\ &= 113,4593 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan rumus *Acctractiveness* pada Persamaan (2-12), didapatkan nilai β sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \beta &= \beta_0 \exp(-\gamma r^2) \\ &= 1. \exp(-1. 113,4593^2) \\ &= 0 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan rumus pada Persamaan (2-15), diperoleh nilai daya (P) pada iterasi $i = 1$ sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_{1,1} &= P_{1,1} + \beta(P_{1,1} - P_{2,1}) + \alpha \left(rand - \frac{1}{2} \right), \text{ misalkan } rand = 0,2 \\ &= 3168,8 + 0 \times (3168,8 - 3066,84) + 2 \left(0,2 - \frac{1}{2} \right) \\ &= 3168,2 \end{aligned}$$

Selanjutnya akan dicari biaya dengan menggunakan Persamaan (2-4) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} F_{1,1} &= 65,94(3168,2)^2 + 395668,05 (3168,2) + 31630,21 \\ &= \text{Rp. } 1.915.459.319 / \text{jam} \end{aligned}$$

Untuk iterasi selanjutnya menggunakan Persamaan yang sama tetapi menggunakan nilai daya (P) pada iterasi sebelumnya.

9. Cek apakah solusi sudah konvergen, jika belum konvergen ulangi langkah 6 sampai 7 hal ini dilakukan sampai konvergen.
10. Setelah konvergen akan didapatkan biaya total optimun

4.3.2 Data Pembangkit Termal Sistem 500 kV Jawa-Bali

Pembangkit termal yang dimiliki oleh sistem 500 kV Jawa-Bali berjumlah 38 unit yang dapat dilihat dalam tabel 4.10 berikut dimana untuk harga bahan bakar berdasarkan statistik PLN tahun 2013 dimana nilai tukar yang dipakai 12.000 per dolar Amerika.

Tabel 4.10 Data Unit Termal Sistem 500 kV Jawa-Bali

No	Pembangkit	Bahan Bakar	Kapasitas (MW)		Koefisien Biaya Bahan Bakar		
			Min	Max	a	b	c
1	PLTU Paiton 1	Coal	225	370	3.244.978,0	111.712,1	10,3
2	PLTU Paiton 2	Coal	225	370	3.244.978,0	111.712,1	10,3
3	PLTGU Gresik 1.1	Gas	53	102	5.467.532,4	217.963,6	34,1
4	PLTGU Gresik 1.2	Gas	53	102	5.467.532,4	217.963,6	34,1
5	PLTGU Gresik 1.3	Gas	53	102	5.467.532,4	217.963,6	34,1
6	PLTGU Gresik 2.1	Gas	53	102	5.467.532,4	217.963,6	34,1
7	PLTGU Gresik 2.2	Gas	53	102	5.467.532,4	217.963,6	34,1
8	PLTGU Gresik 2.3	Gas	53	102	5.467.532,4	217.963,6	34,1
9	PLTGU Gresik 3.1	Gas	53	102	5.467.532,4	217.963,6	34,1
10	PLTGU Gresik 3.2	Gas	53	102	5.467.532,4	217.963,6	34,1
11	PLTGU Gresik 3.3	Gas	53	102	5.467.532,4	217.963,6	34,1
12	PLTGU Gresik 1.0	Gas	115	143	10.936.203,3	72.527,0	368,9
13	PLTGU Gresik 2.0	Gas	115	143	10.936.203,3	72.527,0	368,9
14	PLTGU Gresik 3.0	Gas	115	143	10.936.203,3	72.527,0	368,9
15	PLTU Gresik 1	Gas	43	85	1.327.126,7	217.378,4	132,1
16	PLTU Gresik 2	Gas	43	85	1.327.126,7	217.378,4	132,1
17	PLTU Gresik 3	Gas	90	175	5.017.369,5	169.242,6	193,5
18	PLTU Gresik 4	Gas	90	175	5.017.369,5	169.242,6	193,5
19	PLTG Gresik 1	Gas	5	16	352.707,3	350.680,7	903,9
20	PLTG Gresik 2	Gas	5	16	352.707,3	350.680,7	903,9
21	PLTG Gresik 3	Gas	5	16	352.707,3	350.680,7	903,9
22	PLTG Gilitimur 1	HSD	5	16	687.181,8	683.240,9	1.762,4
23	PLTG Gilitimur 2	HSD	5	16	687.181,8	683.240,9	1.762,4
24	PLTGU M. Karang 1.1	Gas	50	95	5.730.795,0	202.052,9	108,1
25	PLTGU M. Karang 1.2	Gas	50	95	5.730.795,0	202.052,9	108,1
26	PLTGU M. Karang 1.3	Gas	50	95	5.730.795,0	202.052,9	108,1
27	PLTGU M. Karang 1.0	HSD	110	150	11.560.815,0	53.685,1	460,8
28	PLTGU M. Tawar 1.1	HSD	72	138	14.706.521,2	433.337,8	49,5
29	PLTGU M. Tawar 1.1	HSD	72	138	14.706.521,2	433.337,8	49,5
30	PLTGU M. Tawar 1.1	HSD	72	138	14.706.521,2	433.337,8	49,5
31	PLTGU M. Tawar 1.1	HSD	72	138	14.706.521,2	433.337,8	49,5

No	Pembangkit	Bahan Bakar	Kapasitas (MW)		Koefisien Biaya Bahan Bakar		
			Min	Max	a	b	c
32	PLTGU M. Tawar 1.1	HSD	72	138	14.706.521,2	433.337,8	49,5
33	PLTGU M. Tawar 1.1	HSD	162	202	672.630,0	144.191,7	519,2
34	PLTU M. Karang 1	MFO	44	85	2.417.820,7	473.895,4	120,8
35	PLTU M. Karang 2	MFO	44	85	2.417.820,7	473.895,4	120,8
36	PLTU M. Karang 3	MFO	44	85	2.417.820,7	473.895,4	120,8
37	PLTU M. Karang 4	Gas	90	165	2.949.187,7	205.217,5	83,8
38	PLTU M. Karang 5	Gas	90	165	2.949.187,7	205.217,5	83,8

Sumber: Sunaryatiningsih (2016)

4.3.3 Analisis Perhitungan Sistem 500 kV Jawa-Bali

Analisis pada penelitian kali ini dilakukan pada kebutuhan daya yang telah ditanggung oleh sistem 500 kV Jawa-Bali pada. Analisa dan Perhitungan data dilakukan untuk ketiga hari tersebut, karena ketiga hari tersebut mewakili karakteristik kurva yang berlainan dimana hari kamis disebut sebagai hari kerja beban penuh, hari sabtu sebagai beban setengah hari kerja dan hari minggu sebagai beban hari libur.

Berdasarkan data unit yang terdapat pada sistem 500 kV Jawa-Bali dalam tabel 4.10 ternyata ada 38 unit pembangkit yang berada dalam kondisi siap beroperasi. Data unit termal yang diperoleh dari sistem 500 kV Jawa-Bali terdapat hasil jumlah total pembangkitan, beban total, dan cadangan berputar pada setiap jam didalamnya. Data tersebut tidak digunakan dalam perhitungan karena menyangkut sistem secara keseluruhan dalam suatu area. Energi listrik di area Jawa-Bali tidak hanya disuplai oleh Pembangkit Jawa-Bali saja, namun disuplai juga oleh PT. Indonesia Power dan juga Pembangkit milik swasta lainnya. Jadi tidak relevan jika dalam penelitian ini dilakukan analisis secara keseluruhan, sedangkan aplikasi penelitian ini hanya pada sistem 500 kV Jawa-Bali.

Sistem 500 kV Jawa-Bali tidak mempunyai dasar yang pasti untuk menentukan nilai dari cadangan berputar setiap jamnya, namun mereka mengasumsikan bahwa nilai dari cadangan berputar diambil dari daya terpasang terbesar dari unit pembangkit PLTU Paiton yaitu sebesar 400 MW.

4.3.4 Beban Sistem Unit Termal

Pembangkit-pembangkit yang berada di wilayah Jawa-Bali dikoordinasi oleh Sistem 500 kV Jawa-Bali. Proses penjadwalan pembangkit dengan metode *Firefly Algorithm* bertujuan untuk memperoleh rencana penjadwalan pembangkit yang dapat memenuhi kebutuhan beban dengan biaya operasi ekonomis.

Untuk mengetahui seberapa besar efisiensi dari penggunaan metode ini, maka dilakukan evaluasi dengan mengambil data beban sistem pada pembangkit termal sistem 500 kV Jawa-Bali. Berikut adalah beban sistem yang ditanggung oleh pembangkit termal saja.

Tabel 4.11 Data Beban Unit Termal Sistem 500 kV Jawa-Bali

Jam	Kamis		Sabtu		Minggu	
	Beban Sistem	Cadangan Berputar	Beban Sistem	Cadangan Berputar	Beban Sistem	Cadangan Berputar
	(MW)		(MW)		(MW)	
01.00	3205	400	3140	400	2956	400
02.00	3035	400	3000	400	2860	400
03.00	3035	400	3000	400	2860	400
04.00	3085	400	3000	400	2860	400
05.00	3290	400	3110	400	2869	400
06.00	2880	400	2712	400	2869	400
07.00	2790	400	2682	400	2640	400
08.00	3220	400	3020	400	2450	400
09.00	3275	400	3105	400	2520	400
10.00	3275	400	3105	400	2620	400
11.00	3275	400	3105	400	2620	400
12.00	3195	400	3025	400	2570	400
13.00	3210	400	2890	400	2570	400
14.00	3260	400	2849	400	2545	400
15.00	3357	400	2806	400	2587	400
16.00	3447	400	2804	400	2587	400
17.00	3525	400	2814	400	2790	400
18.00	3650	400	3700	400	3685	400
19.00	3820	400	3700	400	3685	400
20.00	3770	400	2685	400	3685	400
21.00	3540	400	3330	400	3370	400
22.00	3360	400	3120	400	3220	400
23.00	3345	400	3095	400	3195	400
24.00	3205	400	3080	400	3050	400

Sumber: Sunaryatiningsih (2016)

4.3.5 Analisis Penjadwalan Pembangkit Termal Sistem 500 kV Jawa-Bali

Penjadwalan setiap unit pembangkit dapat dilakukan setelah melakukan perhitungan. Kombinasi setiap unit akan dapat dilihat setelah dilakukan analisis dengan metode *Firefly Algorithm* sesuai dengan simulasi yang dilakukan dengan aplikasi *Matlab*. Setelah proses perhitungan dengan *Matlab* dilakukan maka didapat total biaya dari setiap jamnya. Namun biaya dalam setiap jam tidak sama karena beban setiap jam selalu berubah-ubah. Setelah mendapatkan hasil optimal dari perhitungannya, selanjutnya dilakukan

kombinasi penjadwalan mengenai pembangkit mana saja yang dinyalakan atau dimatikan sesuai dengan perhitungan.

Tabel 4.12. Total Biaya pada sistem 500 KV Jawa-Bali menggunakan Metode *FA*

Jam	Kamis		Sabtu		Minggu	
	Beban Sistem (MW)	Total Biaya (Rupiah)	Beban Sistem (MW)	Total Biaya (rupiah)	Beban Sistem (MW)	Total Biaya (rupiah)
01.00	3205	577.433.087,5	3140	525.007.846,5	2956	463.095.818,5
02.00	3035	593.376.847,6	3000	545.210.186,9	2860	522.988.931,6
03.00	3035	657.830.925,2	3000	600.774.046,9	2860	574.107.682,8
04.00	3085	652.151.796,2	3000	600.774.046,9	2860	574.107.682,8
05.00	3290	660.506.448,4	3110	588.268.633,1	2869	573.049.193,8
06.00	2880	675.763.507,6	2712	634.696.121,2	2869	510.586.364,1
07.00	2790	686.403.089,8	2682	638.327.932,6	2640	538.037.940,7
08.00	3220	652.536.345	3020	598.481.795,3	2450	561.634.340,9
09.00	3275	658.790.071,6	3105	588.831.653,5	2520	552.854.410,3
10.00	3275	658.790.071,6	3105	588.831.653,5	2620	540.486.752,3
11.00	3275	658.790.071,6	3105	588.831.653,5	2620	540.486.752,3
12.00	3195	808.305.798,1	3025	734.626.792,4	2570	656.018.249,3
13.00	3210	809.997.454,9	2890	750.245.493,2	2570	656.018.249,3
14.00	3260	815.669.785,9	2849	755.063.275,3	2545	659.116.601,3
15.00	3357	578.548.860,9	2806	519.926.359,7	2587	461.737.192,1
16.00	3447	619.459.781,3	2804	520.164.030,9	2587	461.737.192,1
17.00	3525	791.246.547	2814	611.232.569,1	2790	799.271.613,7
18.00	3650	854.472.157,7	3700	860.597.688,7	3685	820.240.979,7
19.00	3820	765.047.664,1	3700	706.663.836,1	3685	675.636.451,5
20.00	3770	758.798.533,1	2685	696.475.141,7	3685	675.636.451,5
21.00	3540	730.715.850,5	3330	662.554.426,7	3370	6380.02.733,7
22.00	3360	720.870.371,9	3120	656.693.020,4	3220	631.169.050,2
23.00	3345	719.132.365,1	3095	659.508.122,4	3195	628.347.047,2
24.00	3205	874.617.327,1	3080	827.642.599,2	3050	791.106.493,4
Total	79049	16.979254.759	72877	15.459.428.926	69663	14.505.474.175

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel di atas menunjukkan total biaya pembangkitan dengan menggunakan metode *Firefly Algorithm* yang digunakan untuk menyuplai daya pada hari Kamis, Sabtu, dan Minggu. Total daya selama 24 jam pada hari Kamis, Sabtu dan Minggu berturut-turut adalah 79.049 MW, 72877 MW, 69663 MW. Pada Tabel di atas terlihat bahwa dengan menggunakan metode *Firefly Algorithm* selama 24 jam menghasilkan biaya Rp. 16.979254.759,- pada hari Kamis, Rp. 15.459.428.926,- pada hari Sabtu dan Rp. 14.505.474.175,- pada hari Minggu.

4.4 Analisis Perbandingan Metode *Firefly Algorithm* dengan Metode *Lagrange*

Setelah didapatkan perhitungan yang dapat kita lihat pada tabel 4.12 maka akan dibandingkan dengan perhitungan metode *Lagrange*. Untuk perhitungan dengan metode *Lagrange* didapatkan dari penelitian sebelumnya. Berikut adalah tabel perbandingan dan selisih dari setiap jamnya.

Tabel 4.13 Perbandingan Metode *FA* dan *Langrange* pada hari Kamis

Jam	Kamis		Selisih Antar Metode (Rp)
	<i>Lagrange</i> (Rp)	<i>FA</i> (Rp)	
01.00	776.761.138	577.433.088	199.328.050
02.00	705.621.586	593.376.848	112.244.738
03.00	705.621.586	657.830.925	47.790.661
04.00	719.392.000	652.151.796	67.240.204
05.00	801.061.977	660.506.448	140.555.529
06.00	685.123.630	675.763.508	9.360.122
07.00	648.335.634	686.403.090	38.067.456
08.00	778.544.533	652.536.345	126.008.188
09.00	792.479.469	658.790.072	133.689.397
10.00	792.479.469	658.790.072	133.689.397
11.00	792.479.469	658.790.072	133.689.397
12.00	779.497.649	808.305.798	28.808.149
13.00	780.598.672	809.997.455	29.398.783
14.00	794.364.084	815.669.786	21.305.702
15.00	847.649.083	578.548.861	269.100.222
16.00	863.101.025	619.459.781	243.641.244
17.00	849.444.762	791.246.547	58.198.215
18.00	873.033.012	854.472.158	18.560.854
19.00	920.727.099	765.047.664	155.679.435
20.00	905.112.311	758.798.533	146.313.778
21.00	848.997.762	730.715.850	118.281.912
22.00	802.277.589	720.870.372	81.407.217
23.00	798.842.450	719.132.365	79.710.085
24.00	767.137.625	874.617.327	107.479.702
Total	19.028.683.614	16.979.254.759	2.499.548.438

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.14 Perbandingan Metode *FA* dan *Langrange* pada hari Sabtu

Jam	Sabtu		Selisih Antar Metode (Rp)
	<i>Langrange</i> (Rp)	<i>FA</i> (Rp)	
01.00	634.728.535	525.007.847	109.720.688
02.00	600.829.874	545.210.187	55.619.687
03.00	600.829.874	600.774.047	55.827
04.00	696.839.874	600.774.047	96.065.827
05.00	696.839.869	588.268.633	108.571.236
06.00	606.563.839	634.696.121	28.132.282
07.00	597.453.338	638.327.933	40.874.595
08.00	625.667.561	598.481.795	27.185.766
09.00	656.382.614	588.831.654	67.550.960
10.00	656.382.614	588.831.654	67.550.960
11.00	656.382.614	588.831.654	67.550.960
12.00	646.382.614	734.626.792	88.244.178
13.00	640.767.826	750.245.493	109.477.667
14.00	630.767.826	755.063.275	124.295.449
15.00	635.496.448	519.926.360	115.570.088
16.00	656.784.931	520.164.031	136.620.900
17.00	696.703.277	611.232.569	85.470.708
18.00	857.932.001	860.597.689	2.665.688
19.00	857.932.001	706.663.836	151.268.165
20.00	657.932.001	696.475.142	38.543.141
21.00	748.621.005	662.554.427	86.066.578
22.00	729.317.467	656.693.020	72.624.447
23.00	692.381.047	659.508.122	32.872.925
24.00	656.068.702	827.642.599	171.573.897
Total	16.135.987.752	15.459.428.926	1.884.172.621

Sumber: Hasil Perhitungan

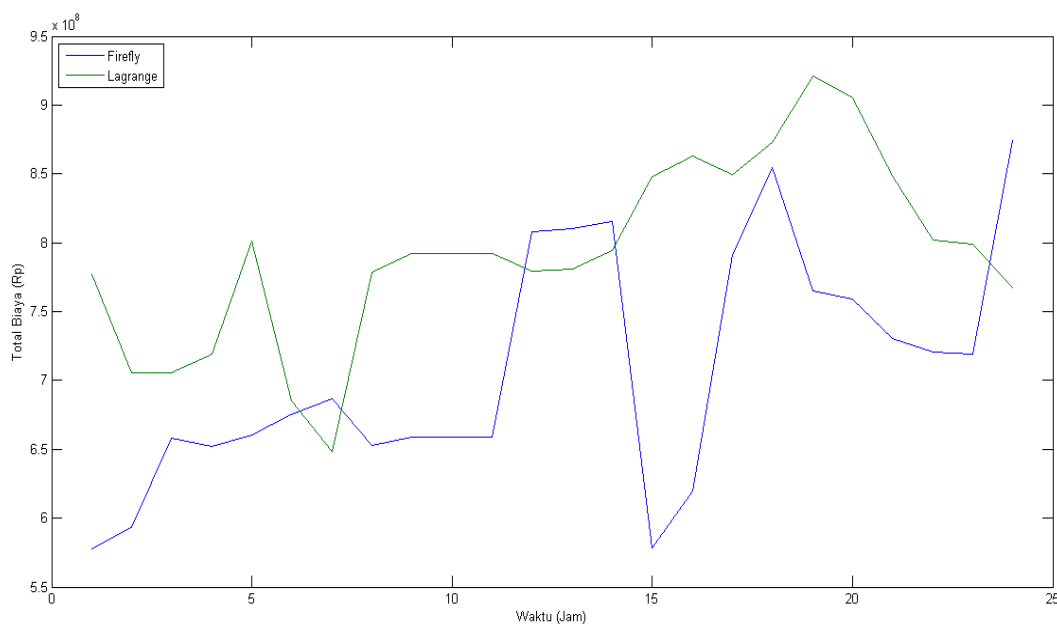
Tabel 4.15 Perbandingan Metode *FA* dan *Langrange* pada hari Minggu

Jam	Minggu		Selisih Antar Metode (Rp)
	<i>Langrange</i> (Rp)	<i>FA</i> (Rp)	
01.00	634.728.535	463.095.819	171.632.716
02.00	600.829.874	522.988.932	77.840.942
03.00	600.829.874	574.107.683	26.722.191
04.00	596.839.874	574.107.683	22.732.191
05.00	596.839.874	573.049.194	23.790.680
06.00	606.563.839	510.586.364	95.977.475
07.00	597.453.338	538.037.941	59.415.397

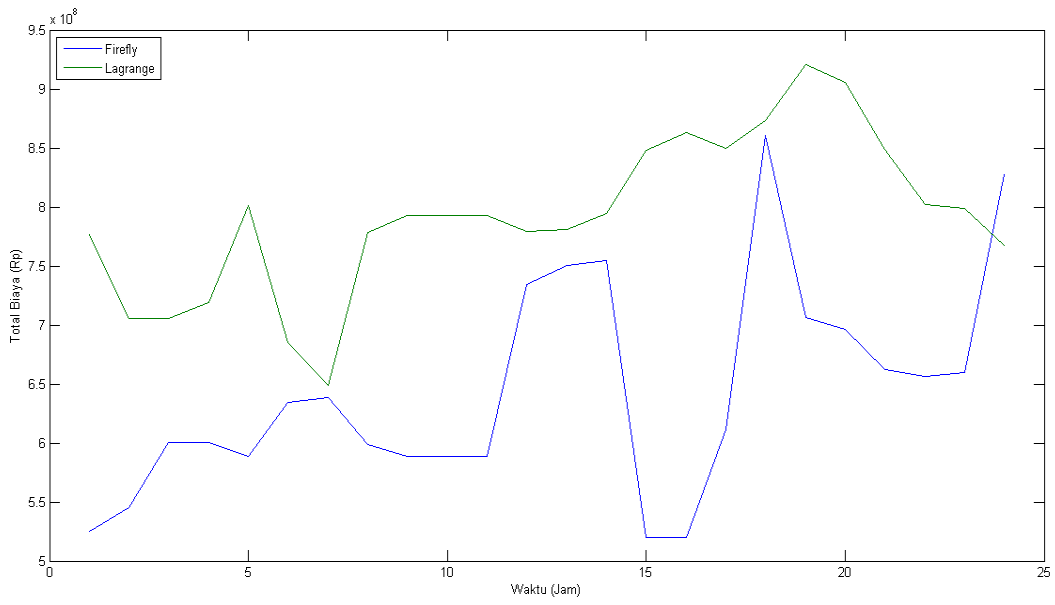
Jam	Minggu		Selisih Antar Metode (Rp)
	Lagrange (Rp)	FA (Rp)	
08.00	595.667.561	561.634.341	34.033.220
09.00	593.942.121	552.854.410	41.087.711
10.00	596.382.614	540.486.752	55.895.862
11.00	596.382.614	540.486.752	55.895.862
12.00	556.382.614	656.018.249	99.635.635
13.00	590.767.826	656.018.249	65.250.423
14.00	590.767.826	659.116.601	68.348.775
15.00	635.496.448	461.737.192	173.759.256
16.00	576.784.931	461.737.192	115.047.739
17.00	696.703.277	799.271.614	102.568.337
18.00	857.932.002	820.240.980	37.691.022
19.00	857.932.002	675.636.452	182.295.550
20.00	857.932.002	675.636.452	182.295.550
21.00	748.621.005	638.002.734	110.618.271
22.00	729.317.467	631.169.050	98.148.417
23.00	692.381.047	628.347.047	64.034.000
24.00	656.068.702	791.106.493	135.037.791
Total	15.663.547.267	14.505.474.175	2.099.755.016

Sumber: Hasil Perhitungan

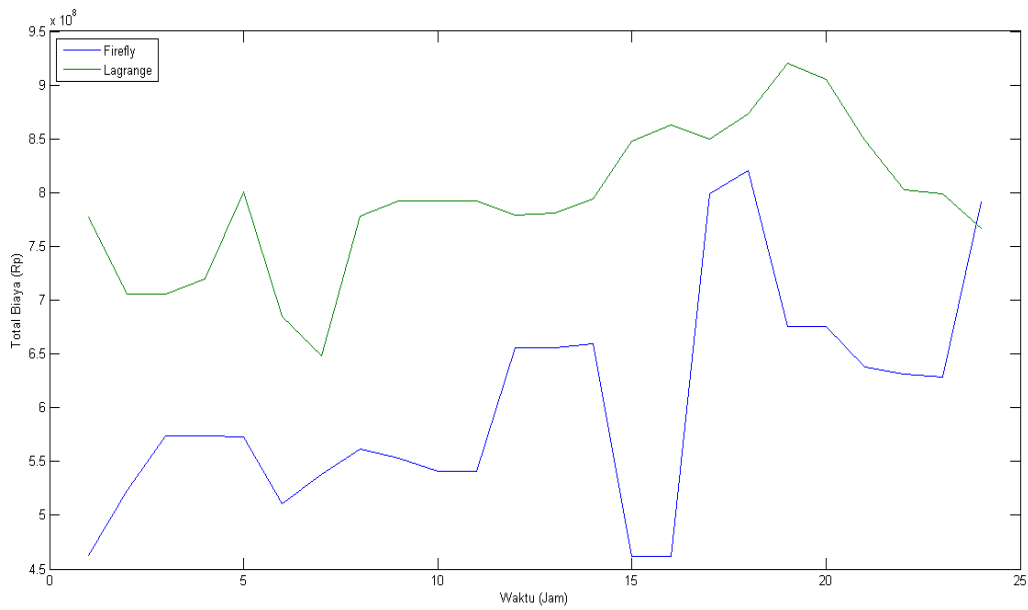
Dari tabel di atas didapatkan total perbandingan biaya operasional selama 24 jam dari kedua metode tersebut. Setelah dilakukan analisis diperoleh total biaya pada hari Kamis, Sabtu dan Minggu secara berurutan adalah sebesar Rp. 16.979.254.759,- , Rp. 15.459.428.926,- dan Rp. 14.505.474.175,-. Penggunaan metode *Firefly Algorithm* terlihat lebih ekonomis dibandingkan dengan metode *Lagrange*.



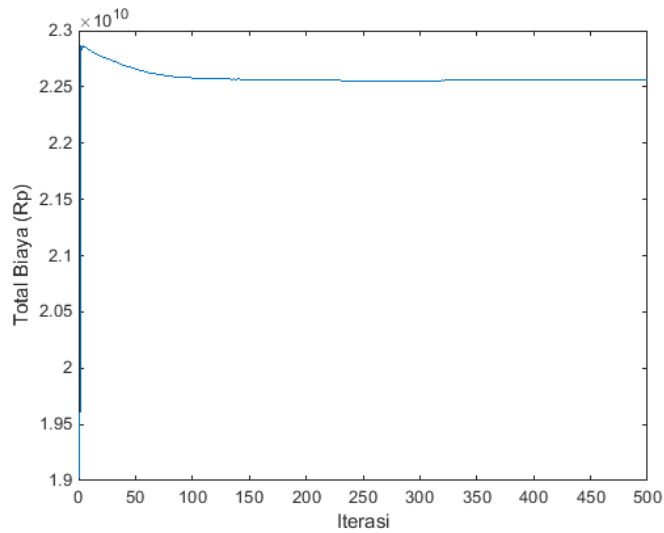
Gambar 4.6. Grafik perbandingan metode *FA* dan *Lagrange* hari Kamis



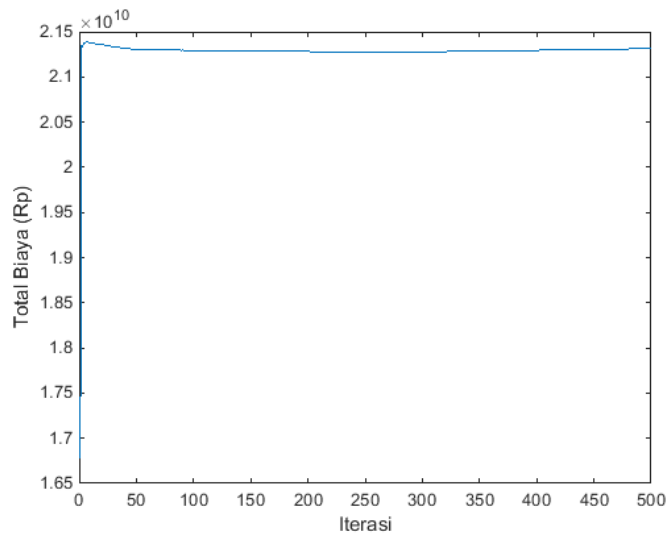
Gambar 4.7. Grafik perbandingan metode FA dan Lagrange hari Sabtu



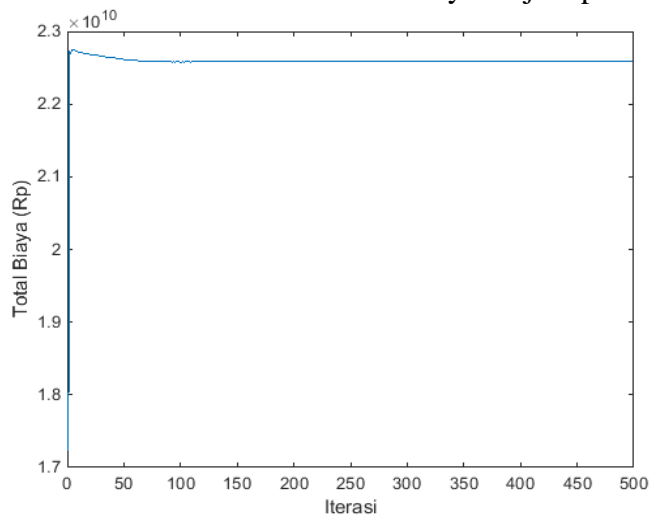
Gambar 4.8 Grafik perbandingan metode FA dan Lagrange hari Minggu



Gambar 4.9 Grafik iterasi total biaya 24 jam pada hari Kamis Menggunakan metode FA



Gambar 4.10 Grafik iterasi total biaya 24 jam pada hari Sabtu menggunakan metode FA



Gambar 4.11 Grafik iterasi total biaya 24 jam pada hari Minggu menggunakan metode FA

Dari Gambar 4.7, 4.8 dan 4.9 dapat dilihat grafik simulasi iterasi total biaya penjadwalan 24 jam menggunakan metode *Firefly Algorithm*

Tabel 4.16 Hasil Analisis Kombinasi Penjadwalan Pembangkit pada 4 Desember 2011

Jam	Pembangkit (MW)																				
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21
01.00	370	370	53	53	53	53	53	53	53	53	53	135.5	135.5	135.5	43	43	128	128	5	5	5
02.00	115.8	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	9.4	9.4	9.4
03.00	115.8	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	9.4	9.4	9.4
04.00	65.8	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	9.4	9.4	9.4
05.00	139.2	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	9.4	9.4	9.4
06.00	270.8	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	9.4	9.4	9.4
07.00	360.8	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	9.4	9.4	9.4
08.00	69.2	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	9.4	9.4	9.4
09.00	124.2	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	9.4	9.4	9.4
10.00	124.2	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	9.4	9.4	9.4
11.00	124.2	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	9.4	9.4	9.4
12.00	44.2	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	9.4	9.4	9.4
13.00	59.2	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	9.4	9.4	9.4
14.00	109.2	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	9.4	9.4	9.4
15.00	206.2	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	9.4	9.4	9.4
16.00	296.2	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	9.4	9.4	9.4
17.00	374.2	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	9.4	9.4	9.4
18.00	499.2	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	9.4	9.4	9.4
19.00	669.2	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	9.4	9.4	9.4
20.00	619.2	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	9.4	9.4	9.4
21.00	389.2	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	9.4	9.4	9.4
22.00	209.2	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	9.4	9.4	9.4
23.00	194.2	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	9.4	9.4	9.4
24.00	54.2	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	9.4	9.4	9.4

Jam	Pembangkit (MW)																	Beban Sistem (MW)
	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30	P31	P32	P33	P34	P35	P36	P37	P38	
01.00	0	0	50	50	50	132.6	0	0	0	0	0	201.8	0	0	44	118.9	118.9	3205
02.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	60.4	120	120	3035
03.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	60.4	120	120	3035
04.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	60.4	120	120	3085
05.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	60.4	120	120	3290
06.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	60.4	120	120	2880
07.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	60.4	120	120	2790
08.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	60.4	120	120	3220
09.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	60.4	120	120	3275
10.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	60.4	120	120	3275
11.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	60.4	120	120	3275
12.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	60.4	120	120	3195
13.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	60.4	120	120	3210
14.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	60.4	120	120	3260
15.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	60.4	0	60.4	120	120	3357
16.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	60.4	60.4	60.4	120	120	3447
17.00	0	0	68	68	68	126	0	98.4	0	0	0	178	60.4	60.4	60.4	120	120	3525
18.00	0	0	68	68	68	126	0	98.4	98.4	0	0	178	60.4	60.4	60.4	120	120	3650
19.00	0	0	68	68	68	126	0	98.4	98.4	98.4	0	178	60.4	60.4	60.4	120	120	3820
20.00	0	0	68	68	68	126	0	98.4	98.4	98.4	0	178	60.4	60.4	60.4	120	120	3770
21.00	0	0	68	68	68	126	0	98.4	98.4	98.4	0	178	60.4	60.4	60.4	120	120	3540
22.00	0	0	68	68	68	126	0	98.4	98.4	98.4	0	178	60.4	60.4	60.4	120	120	3360
23.00	0	0	68	68	68	126	0	98.4	98.4	98.4	0	178	60.4	60.4	60.4	120	120	3345
24.00	0	0	68	68	68	126	0	98.4	98.4	98.4	0	178	60.4	60.4	60.4	120	120	3205

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.17 Hasil Analisis Kombinasi Penjadwalan Pembangkit pada 6 Desember 2011

Jam	Pembangkit (MW)																				
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21
01.00	370	370	53	53	53	53	53	53	53	53	53	130.4	130.4	130.4	43	43	118.7	118.7	0	0	0
02.00	150.8	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	0	0	0
03.00	150.8	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	0	0	0
04.00	150.8	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	0	0	0
05.00	40.8	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	0	0	0
06.00	438.8	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	0	0	0
07.00	468.8	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	0	0	0
08.00	130.8	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	0	0	0
09.00	45.8	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	0	0	0
10.00	45.8	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	0	0	0
11.00	45.8	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	0	0	0
12.00	125.8	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	0	0	0
13.00	260.8	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	0	0	0
14.00	301.8	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	0	0	0
15.00	344.8	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	0	0	0
16.00	346.8	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	0	0	0
17.00	336.8	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	0	0	0
18.00	549.2	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	9.4	9.4	9.4
19.00	549.2	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	9.4	9.4	9.4
20.00	465.8	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	9.4	9.4	9.4
21.00	179.2	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	9.4	9.4	9.4
22.00	30.8	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	9.4	9.4	9.4
23.00	55.8	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	9.4	9.4	9.4
24.00	70.8	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	9.4	9.4	9.4

Jam	Pembangkit (MW)																	Beban Sistem (MW)
	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30	P31	P32	P33	P34	P35	P36	P37	P38	
01.00	0	0	50	50	50	120	0	0	0	0	0	201.8	0	0	0	109.7	109.7	3140
02.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	3000
03.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	3000
04.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	3000
05.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	3110
06.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	2712
07.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	2682
08.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	3020
09.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	3105
10.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	3105
11.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	3105
12.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	3025
13.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	2890
14.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	2849
15.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	2806
16.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	2804
17.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	2814
18.00	0	0	68	68	68	126	0	98.4	98.4	0	0	178	60.4	60.4	60.4	120	120	3700
19.00	0	0	68	68	68	126	0	98.4	98.4	0	0	178	60.4	60.4	60.4	120	120	3700
20.00	0	0	68	68	68	126	0	98.4	98.4	0	0	178	60.4	60.4	60.4	120	120	2685
21.00	0	0	68	68	68	126	0	98.4	98.4	0	0	178	60.4	60.4	60.4	120	120	3330
22.00	0	0	68	68	68	126	0	98.4	98.4	0	0	178	60.4	60.4	60.4	120	120	3120
23.00	0	0	68	68	68	126	0	98.4	98.4	0	0	178	60.4	60.4	60.4	120	120	3095
24.00	0	0	68	68	68	126	0	98.4	98.4	0	0	178	60.4	60.4	60.4	120	120	3080

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.18 Hasil Analisis Kombinasi Penjadwalan Pembangkit pada 7 Desember 2011

Jam	Pembangkit (MW)																				
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21
01.00	370	289.3	0	53	53	53	0	53	53	53	53	122.7	122.7	122.7	43	43	101.1	101.1	0	0	0
02.00	290.8	283	0	72.6	72.6	72.6	0	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	0	0	0
03.00	290.8	283	0	72.6	72.6	72.6	0	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	0	0	0
04.00	290.8	283	0	72.6	72.6	72.6	0	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	0	0	0
05.00	281.8	283	0	72.6	72.6	72.6	0	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	0	0	0
06.00	281.8	283	0	72.6	0	72.6	0	72.6	72.6	72.6	72.6	0	0	126.2	59.8	59.8	124	124	0	0	0
07.00	510.8	283	0	72.6	0	72.6	0	72.6	72.6	72.6	72.6	0	0	126.2	59.8	59.8	124	124	0	0	0
08.00	700.8	283	0	72.6	0	72.6	0	72.6	72.6	72.6	72.6	0	0	126.2	59.8	59.8	124	124	0	0	0
09.00	630.8	283	0	72.6	0	72.6	0	72.6	72.6	72.6	72.6	0	0	126.2	59.8	59.8	124	124	0	0	0
10.00	530.8	283	0	72.6	0	72.6	0	72.6	72.6	72.6	72.6	0	0	126.2	59.8	59.8	124	124	0	0	0
11.00	530.8	283	0	72.6	0	72.6	0	72.6	72.6	72.6	72.6	0	0	126.2	59.8	59.8	124	124	0	0	0
12.00	580.8	283	0	72.6	0	72.6	0	72.6	72.6	72.6	72.6	0	0	126.2	59.8	59.8	124	124	0	0	0
13.00	580.8	283	0	72.6	0	72.6	0	72.6	72.6	72.6	72.6	0	0	126.2	59.8	59.8	124	124	0	0	0
14.00	605.8	283	0	72.6	0	72.6	0	72.6	72.6	72.6	72.6	0	0	126.2	59.8	59.8	124	124	0	0	0
15.00	563.8	283	0	72.6	0	72.6	0	72.6	72.6	72.6	72.6	0	0	126.2	59.8	59.8	124	124	0	0	0
16.00	563.8	283	0	72.6	0	72.6	0	72.6	72.6	72.6	72.6	0	0	126.2	59.8	59.8	124	124	0	0	0
17.00	360.8	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	9.4	9.4	9.4
18.00	534.2	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	9.4	9.4	9.4
19.00	534.2	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	9.4	9.4	9.4
20.00	534.2	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	9.4	9.4	9.4
21.00	219.2	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	9.4	9.4	9.4
22.00	69.2	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	9.4	9.4	9.4
23.00	44.2	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	9.4	9.4	9.4
24.00	100.8	283	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	126.2	126.2	126.2	59.8	59.8	124	124	9.4	9.4	9.4

Jam	Pembangkit (MW)																	Beban Sistem (MW)
	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30	P31	P32	P33	P34	P35	P36	P37	P38	
01.00	0	0	50	50	50	115.8	0	0	0	0	0	187.5	0	0	0	96.4	96.4	2956
02.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	2860
03.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	2860
04.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	2860
05.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	2869
06.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	2869
07.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	2640
08.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	2450
09.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	2520
10.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	2620
11.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	2620
12.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	2570
13.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	2570
14.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	2545
15.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	2587
16.00	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	2587
17.00	0	0	0	0	68	126	0	98.4	98.4	0	0	178	60.4	60.4	60.4	120	120	2790
18.00	0	0	0	0	68	126	0	98.4	98.4	0	0	178	60.4	60.4	60.4	120	120	3685
19.00	0	0	0	0	68	126	0	98.4	98.4	0	0	178	60.4	60.4	60.4	120	120	3685
20.00	0	0	0	0	68	126	0	98.4	98.4	0	0	178	60.4	60.4	60.4	120	120	3685
21.00	0	0	0	0	68	126	0	98.4	98.4	0	0	178	60.4	60.4	60.4	120	120	3370
22.00	0	0	0	0	68	126	0	98.4	98.4	0	0	178	60.4	60.4	60.4	120	120	3220
23.00	0	0	0	0	68	126	0	98.4	98.4	0	0	178	60.4	60.4	60.4	120	120	3195
24.00	0	0	0	0	68	126	0	98.4	98.4	0	0	178	60.4	60.4	60.4	120	120	3050

Sumber: Hasil Perhitungan

Hasil simulasi pembagian daya pembangkitan dari setiap unit pembangkit pada tabel 4.16, 4.17 dan 4.18 menunjukkan bahwa batasan keseimbangan daya (*equality constrains*) terpenuhi, dimana total daya yang dihasilkan oleh pembangkit (P_{Gi}) dikurangi dengan rugi-rugi saluran (P_L) sama dengan total beban sistem (P_R) atau dengan kata lain bahwa total daya yang dibangkitkan (P_{Gi}) sama dengan total beban sistem (P_R) ditambah dengan rugi-rugi saluran (P_L). Daya yang dibangkitkan tiap unit pembangkit sudah sesuai dengan kemampuan tiap unit pembangkitnya (*inequality constrains*) dimana dalam proses evaluasi terdapat batasan daya maksimum dan minimum setiap unit pembangkit.

4.5 Beban Sistem 500 kV Jawa-Bali pada 19 April 2011

Berikut adalah beban sistem yang ditanggung oleh pembangkit termal yang berada di wilayah Jawa-Bali dengan Sistem 500 kV Jawa-Bali.

Tabel 4.19 Data Beban Sistem 500 kV Jawa-Bali

Jam	19 April 2011	
	Beban Sistem	Cadangan Berputar
	(MW)	
01.00	8350	400
02.00	8179	400
03.00	8138	400
04.00	8138	400
05.00	8304	400
06.00	8218	400
07.00	8138	400
08.00	9256	400
09.00	9237	400
10.00	9337	400
11.00	9320	400
12.00	9318	400
13.00	10361	400
14.00	10454	400
15.00	10401	400
16.00	10401	400
17.00	10454	400
18.00	11292	400
19.00	11301	400
20.00	10734	400
21.00	10454	400
22.00	8885	400
23.00	7997	400
24.00	7196	400

Sumber: Syah K. (2010)

4.5.1 Analisis Penjadwalan Pembangkit Termal Sistem 500 kV Jawa-Bali

Penjadwalan setiap unit pembangkit dapat dilakukan setelah melakukan perhitungan. Kombinasi setiap unit akan dapat dilihat setelah dilakukan analisis dengan metode *Firefly Algorithm* sesuai dengan simulasi yang dilakukan dengan aplikasi *Matlab*. Setelah proses perhitungan dengan *Matlab* dilakukan maka didapat total biaya dari setiap jamnya. Namun biaya dalam setiap jam tidak sama karena beban setiap jam selalu berubah-ubah. Setelah mendapatkan hasil optimal dari perhitungan, selanjutnya dilakukan kombinasi penjadwalan mengenai pembangkit mana saja yang dinyalakan atau dimatikan sesuai dengan perhitungan.

Tabel 4.20 Tabel Total Biaya pada 19 April 2011 menggunakan metode *FA*

Jam	Kamis	
	Beban Sistem	Total Biaya
	(MW)	(Rupiah)
01.00	8350	786.393.490
02.00	8179	665.197.734
03.00	8138	722.243.833
04.00	8138	722.243.833
05.00	8304	716.865.818
06.00	8128	719.550.706
07.00	8138	722.243.833
08.00	9256	674.773.405
09.00	9237	686.064.824
10.00	9337	682.583.447
11.00	9320	683.355.789
12.00	9318	820.072.561
13.00	10361	787.161.223
14.00	10454	784.574.181
15.00	10401	545.947.697
16.00	10401	545.947.697
17.00	10454	636.603.336
18.00	11292	834.931.718
19.00	11301	680.760.607
20.00	10734	697.810.771
21.00	10454	706.368.633
22.00	8885	761.709.705
23.00	7997	796.389.944
24.00	7196	984.782.905
Total	223.773	17.364.577.690

Tabel di atas menunjukkan total biaya pembangkitan dengan menggunakan metode *Firefly Algorithm* yang digunakan untuk menyuplai daya pada 19 April 2011. Total daya selama 24 jam adalah 223.773 MW. Pada tabel di atas terlihat bahwa dengan menggunakan metode *Firefly Algorithm* selama 24 jam menghasilkan biaya Rp. 17.364.577.690,-.

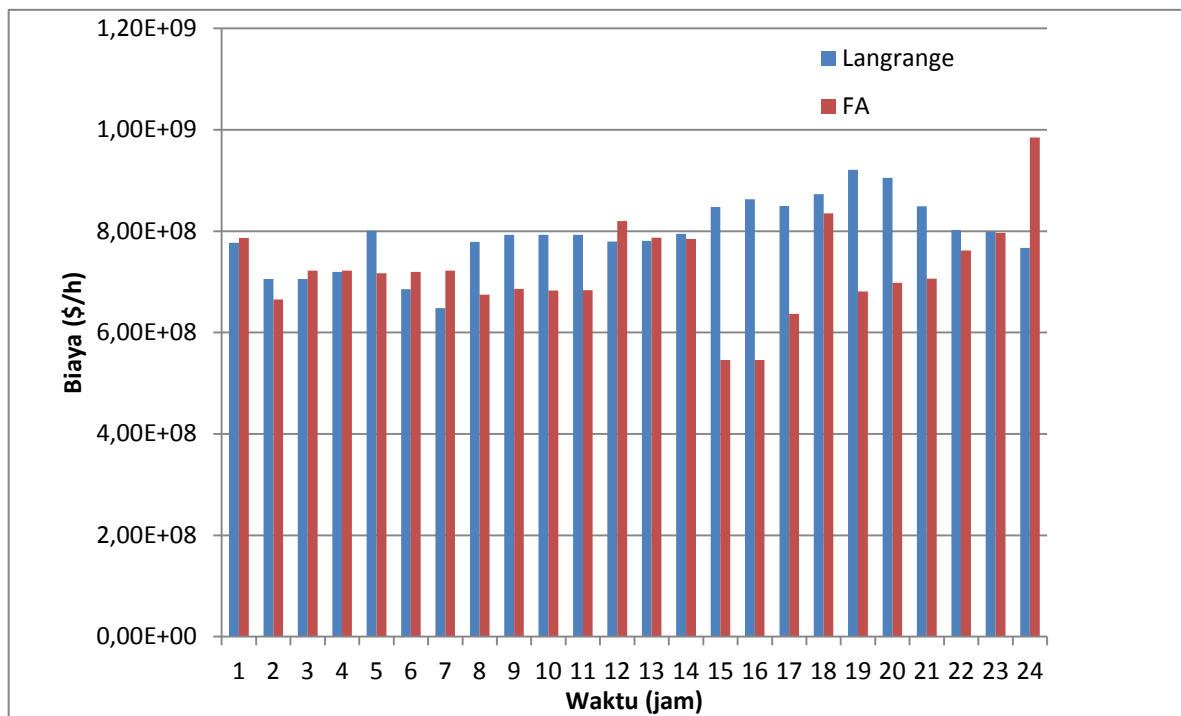
4.5.2. Analisis Perbandingan Metode *Firefly Algorithm* dengan Metode *Lagrange*

Setelah didapatkan perhitungan yang dapat kita lihat pada tabel 4.20 maka akan dibandingkan dengan perhitungan metode *Lagrange*. Untuk perhitungan dengan metode *Lagrange* didapatkan dari penelitian sebelumnya. Berikut adalah tabel perbandingan setiap jamnya.

Tabel 4.21 Perbandingan Metode *FA* dan *Langrange* pada hari Kamis

Jam	Kamis	
	<i>Lagrange</i> (Rp)	<i>FA</i> (Rp)
01.00	776.761.138	786.393.490
02.00	705.621.586	665.197.734
03.00	705.621.586	722.243.833
04.00	719.392.000	722.243.833
05.00	801.061.977	716.865.818
06.00	685.123.630	719.550.706
07.00	648.335.634	722.243.833
08.00	778.544.533	674.773.405
09.00	792.479.469	686.064.824
10.00	792.479.469	682.583.447
11.00	792.479.469	683.355.789
12.00	779.497.649	820.072.561
13.00	780.598.672	787.161.223
14.00	794.364.084	784.574.181
15.00	847.649.083	545.947.697
16.00	863.101.025	545.947.697
17.00	849.444.762	636.603.336
18.00	873.033.012	834.931.718
19.00	920.727.099	680.760.607
20.00	905.112.311	697.810.771
21.00	848.997.762	706.368.633
22.00	802.277.589	761.709.705
23.00	798.842.450	796.389.944
24.00	767.137.625	984.782.905
Total	19.028.683.614	17.364.577.690

Dari tabel diatas didapatkan total perbandingan biaya operasional selama 24 jam dari kedua metode tersebut. Setelah dilakukan analisis diperoleh total biaya pada hari Kamis 19 April 2011 adalah sebesar Rp. 17.364.577.690,-. Metode *Firefly Algorithm* memiliki total biaya rendah dibandingkan dengan Metode *Langrange*.



Gambar 4.12 Grafik perbandingan metode FA dan Lagrange hari Kamis

Pada gambar 4.12 di atas menunjukkan grafik total biaya pembangkitan selama 24 jam menggunakan metode *Firefly Algortihm* dibandingkan dengan metode *Langrage* dengan biaya yang selalu berubah-ubah terhadap waktu (jam).

Tabel 4.22 Hasil Analisis Kombinasi Penjadwalan Pembangkit pada 19 April 2011

Jam	Pembangkit (MW)																	
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18
01.00	370	370	102	102	102	102	102	102	102	102	102	143	143	143	85	85	175	175
02.00	5028,2	283	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	126,2	126,2	126,2	59,8	59,8	124	124
03.00	4987,2	283	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	126,2	126,2	126,2	59,8	59,8	124	124
04.00	4987,2	283	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	126,2	126,2	126,2	59,8	59,8	124	124
05.00	5153,2	283	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	126,2	126,2	126,2	59,8	59,8	124	124
06.00	4977,2	283	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	126,2	126,2	126,2	59,8	59,8	124	124
07.00	4987,2	283	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	126,2	126,2	126,2	59,8	59,8	124	124
08.00	6105,2	283	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	126,2	126,2	126,2	59,8	59,8	124	124
09.00	6086,2	283	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	126,2	126,2	126,2	59,8	59,8	124	124
10.00	6186,2	283	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	126,2	126,2	126,2	59,8	59,8	124	124
11.00	6169,2	283	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	126,2	126,2	126,2	59,8	59,8	124	124
12.00	6167,2	283	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	126,2	126,2	126,2	59,8	59,8	124	124
13.00	7210,2	283	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	126,2	126,2	126,2	59,8	59,8	124	124
14.00	7303,2	283	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	126,2	126,2	126,2	59,8	59,8	124	124
15.00	7250,2	283	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	126,2	126,2	126,2	59,8	59,8	124	124
16.00	7250,2	283	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	126,2	126,2	126,2	59,8	59,8	124	124
17.00	7303,2	283	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	126,2	126,2	126,2	59,8	59,8	124	124
18.00	8141,2	283	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	126,2	126,2	126,2	59,8	59,8	124	124
19.00	8150,2	283	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	126,2	126,2	126,2	59,8	59,8	124	124
20.00	7583,2	283	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	126,2	126,2	126,2	59,8	59,8	124	124
21.00	7303,2	283	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	126,2	126,2	126,2	59,8	59,8	124	124
22.00	5734,2	283	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	126,2	126,2	126,2	59,8	59,8	124	124
23.00	4846,2	283	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	126,2	126,2	126,2	59,8	59,8	124	124
24.00	4045,2	283	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	126,2	126,2	126,2	59,8	59,8	124	124

Jam	Pembangkit (MW)																			Beban Sistem (MW)	
	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30	P31	P32	P33	P34	P35	P36	P37		P38
01.00	0	0	0	0	0	95	95	95	150	0	0	0	0	0	202	0	0	0	165	165	8350
02.00	0	0	0	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	8179
03.00	0	0	0	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	8138
04.00	0	0	0	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	8138
05.00	0	0	0	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	8304
06.00	0	0	0	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	8128
07.00	0	0	0	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	8138
08.00	0	0	0	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	9256
09.00	0	0	0	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	9237
10.00	0	0	0	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	9337
11.00	0	0	0	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	9320
12.00	0	0	0	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	9318
13.00	0	0	0	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	10361
14.00	0	0	0	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	10454
15.00	0	0	0	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	10401
16.00	0	0	0	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	10401
17.00	0	0	0	0	0	68	68	68	126	0	0	0	0	0	178	0	0	0	120	120	10454
18.00	9,4	9,4	9,4	0	0	68	68	68	126	0	98,4	98,4	0	0	178	60,4	60,4	60,4	120	120	11292
19.00	9,4	9,4	9,4	0	0	68	68	68	126	0	98,4	98,4	0	0	178	60,4	60,4	60,4	120	120	11301
20.00	9,4	9,4	9,4	0	0	68	68	68	126	0	98,4	98,4	0	0	178	60,4	60,4	60,4	120	120	10734
21.00	9,4	9,4	9,4	0	0	68	68	68	126	0	98,4	98,4	0	0	178	60,4	60,4	60,4	120	120	10454
22.00	9,4	9,4	9,4	0	0	68	68	68	126	0	98,4	98,4	0	0	178	60,4	60,4	60,4	120	120	8885
23.00	9,4	9,4	9,4	0	0	68	68	68	126	0	98,4	98,4	0	0	178	60,4	60,4	60,4	120	120	7997
24.00	9,4	9,4	9,4	0	0	68	68	68	126	0	98,4	98,4	0	0	178	60,4	60,4	60,4	120	120	7196

Hasil simulasi pembagian daya pembangkitan dari setiap unit pembangkit pada tabel 4.22 menunjukkan bahwa batasan keseimbangan daya (*equality constrains*) terpenuhi, dimana total daya yang dihasilkan oleh pembangkit (P_{Gi}) dikurangi dengan rugi-rugi saluran (P_L) sama dengan total beban sistem (P_R) atau dengan kata lain bahwa total daya yang dibangkitkan (P_{Gi}) sama dengan total beban sistem (P_R) ditambah dengan rugi-rugi saluran (P_L). Daya yang dibangkitkan tiap unit pembangkit sudah sesuai dengan kemampuan tiap unit pembangkitnya (*inequality constrains*) dimana dalam proses evaluasi terdapat batasan daya maksimum dan minimum setiap unit pembangkit.