

Makalah Seminar Tugas Akhir
MENGOPTIMALKAN PEMBAGIAN BEBAN PADA UNIT PEMBANGKIT PLTGU TAMBAK
LOROK DENGAN METODE LAGRANGE MULTIPLIER

Oleh : Marno Siswanto, L2F 303 514

Abstrak

Pertumbuhan industri pada suatu negara berkembang seperti Indonesia sangat berkembang pesat terutama dengan banyak digunakannya teknologi-teknologi baru dalam kelangsungan proses produksinya. Dalam menjalankan bisnis utamanya, untuk menghasilkan tenaga listrik yang handal dan bermutu, sebuah industri pembangkit listrik memiliki dan mengoperasikan lebih dari satu unit pembangkit. Demikian juga untuk PLTGU Tambak Lorok, terdiri dari 2 blok, setiap blok terdiri dari 3 gas turbine generator, 3 HRSG dan 1 stem generator.

Tugas akhir ini memaparkan pembagian beban pada unit pembangkit yang berada di PLTGU Tambak Lorok, untuk mencapai kondisi operasi yang optimal dan ekonomis. Pendekatan yang digunakan adalah LEAST SQUARE PARABOLIC APPROACH dan karakteristik yang didapatnya diminimalisasi dengan metoda Lagrange Multiplier dengan data yang diambil dari blok I PLTGU Tambak Lorok. Adapun metode pendekatan ini dihitung berdasarkan hasil test performance unit pembangkit.

Dari tugas akhir ini, diperoleh besarnya pembagian beban pada setiap unit pembangkit untuk permintaan daya tertentu serta besarnya bahan bakar tambahan yang diperlukan untuk membangkitkan daya tersebut.

Kata kunci : daya, bahan bakar, optimasi, ekonomis.

PENDAHULUAN

Dalam menjalankan tugasnya untuk menyediakan listrik bagi masyarakat, PLN mempunyai divisi Pusat Pengaturan dan Pengendalian Beban (P3B). Tugas utama dari P3B ini adalah menyesuaikan permintaan listrik dari luar dengan kapasitas pembangkit yang baru harus dioperasikan. Jika terjadi peningkatan kebutuhan listrik, maka P3B akan menghubungi perusahaan pembangkit listrik untuk menaikkan daya unit pembangkit yang sudah *on line* atau bahkan meminta unit pembangkit yang *stand by* untuk dioperasikan.

Pada PLTGU Tambak Lorok, saat P3B meminta untuk menaikkan daya pada unit pembangkit yang sudah *on line* saat ini masih dilakukan dengan cara manual. Untuk mendapatkan suplai energi listrik yang maksimum, selalu siap, dan murah pada biaya operasi, sangat penting untuk menghitung pembagian beban masing-masing unit pembangkit. Dengan mengetahui pembagian beban antar unit pembangkit dapat diperoleh pengoperasian pembangkit yang ekonomis.

Tujuan tugas akhir ini adalah memberikan solusi sebagai salah satu alternatif untuk menghitung secara otomatis pembagian beban pada unit pembangkit sehingga diperoleh efisiensi

pembangkitan yang maksimal dengan biaya pengoperasian unit pembangkit yang minimal.

METODE LAGRANGE MULTIPLIER

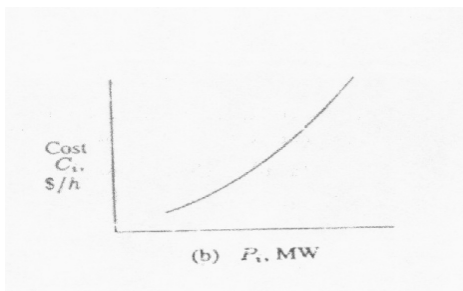
Dalam pengoperasian pembangkit, diperlukan suatu metoda untuk menekan biaya operasi dari suatu pembangkit. Pengoperasian unit-unit pembangkit pada permintaan daya tertentu dalam suatu stasiun dilakukan dengan mendistribusikan beban di antara unit-unit pembangkit dalam stasiun tersebut. Pada beban dasar misalnya, untuk mengoptimalkan operasi pembangkit, sistem hanya dicatu dengan pembangkit yang paling berdayaguna pada beban-beban yang ringan. Jika terjadi peningkatan beban maka daya akan dicatu oleh stasiun yang paling berdayaguna hingga titik daya guna maksimum stasiun tersebut tercapai. Begitu pula seterusnya.

Langkah awal untuk mengetahui pengoptimalan dari pengoperasian pembangkit adalah dengan mengetahui distribusi yang paling ekonomis dari keluaran suatu stasiun di antara generator-generator, atau antara unit-unit pembangkit dalam stasiun tersebut. Pada umumnya, perluasan pembangkitan sistem akibat penambahan permintaan daya pada beban dilakukan dengan

menambah unit-unit pembangkit pada stasiun yang telah ada. Biasanya setiap unit pembangkit dalam suatu stasiun mempunyai karakteristik yang berbeda-beda sehingga diperlukan suatu penjadwalan pengoperasian setiap unit pembangkit untuk suatu pembebanan tertentu pada sistem tanpa mempertimbangkan kehilangan daya pada saluran transmisi. Dengan demikian dapat diperoleh suatu pengoperasian pembangkit yang optimal untuk menekan biaya operasi.

Biaya pengoperasian pembangkit tergantung dari beberapa hal antara lain efisiensi pengoperasian dari generator, biaya bahan bakar, dan rugi-rugi yang terjadi pada saluran transmisi. Setiap unit pembangkit dalam suatu stasiun mempunyai karakteristik tersendiri dalam pengoperasiannya. Dengan mengetahui perbedaan karakteristik inilah optimalisasi pengoperasian pembangkit dapat diperoleh.

Secara umum, biaya pengoperasian pembangkit dalam hal ini adalah biaya bahan bakar yang digunakan digambarkan oleh fungsi kuadrat dari daya aktif yang dibangkitkan pada generator sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Kurva karakteristik biaya bahan bakar (C_i) terhadap daya aktif (P_i).

Hubungan antara biaya bahan bakar terhadap daya aktif yang dihasilkan pembangkit dirumuskan oleh persamaan berikut :

$$C_i = \alpha_i + \beta_i P_i + \gamma_i P_i^2$$

dimana C_i = biaya bahan bakar (masukan unit i), dollar/jam

P_i = daya yang dihasilkan (keluaran unit i), MW

OPTIMASI OPERASI PEMBANGKIT DENGAN MENGABAIKAN RUGI-RUGI DAN MEMPERHITUNGAN BATASAN PADA GENERATOR

Pada umumnya pengoperasian pembangkit mempunyai batasan daya yang dibangkitkan. Generator dari setiap unit pembangkit seharusnya membangkitkan daya tidak melebihi nilai maksimumnya serta tidak boleh dioperasikan untuk membangkitkan daya di bawah nilai minimumnya. Untuk itu diperlukan suatu optimasi pengoperasian pembangkit agar biaya pengoperasian yang diperlukan tetap ekonomis. Misalnya batas minimum dan maksimum dari suatu unit pembangkit adalah sebagai berikut

$$P_{i(\min)} \leq P_i \leq P_{i(\max)} \quad i = 1, \dots, n_g$$

Dengan adanya batasan daya yang dibangkitkan pada generator maka optimasi pengoperasian pembangkit menjadi

$$\frac{dC_i}{dP_i} = \lambda \quad \text{untuk} \quad P_{i(\min)} \leq P_i \leq P_{i(\max)}$$

$$\frac{dC_i}{dP_i} \leq \lambda \quad \text{untuk} \quad P_i = P_{i(\max)}$$

$$\frac{dC_i}{dP_i} \geq \lambda \quad \text{untuk} \quad P_i = P_{i(\min)}$$

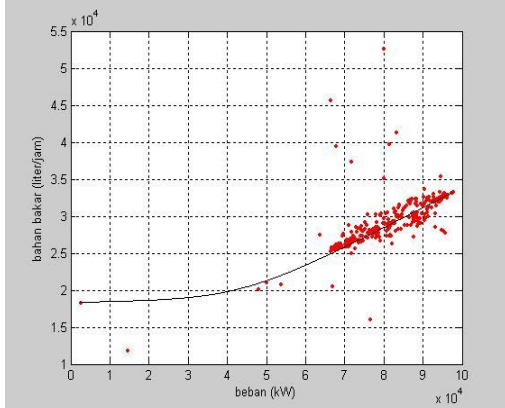
Cara penyelesaian dari optimasi ini sama halnya dengan mencari optimasi tanpa memperhitungkan rugi-rugi saluran transmisi dan batas pembangkitan. Nilai λ ditentukan terlebih dahulu. Kemudian mencari besarnya daya (P_i) yang dibangkitkan oleh setiap unitnya. Iterasi akan terus berlangsung sampai diperoleh $\sum P_i = P_T$ pada batas eror yang diijinkan.

PEMODELAN UNIT-UNIT PEMBANGKIT

Pemodelan unit pembangkit menunjukkan karekteristik dari suatu unit pembangkit. Dalam membuat pemodelan ini, segala hal yang berkaitan dengan setiap unit pembangkit juga turut diperhitungkan. Biaya-biaya operasi dari setiap variabel unit tersebut harus dinyatakan sebagai fungsi keluaran daya. Dalam membuat fungsi tersebut, biaya-biaya lain yang merupakan fungsi dari keluaran daya dapat dimasukkan ke dalam rumus biaya bahan bakar. Grafik yang menunjukkan pemodelan dari suatu unit pambangkit merupakan pemetaan (plot) antara

fungsi bahan bakar yang diperlukan terhadap keluaran daya dari unit tersebut.

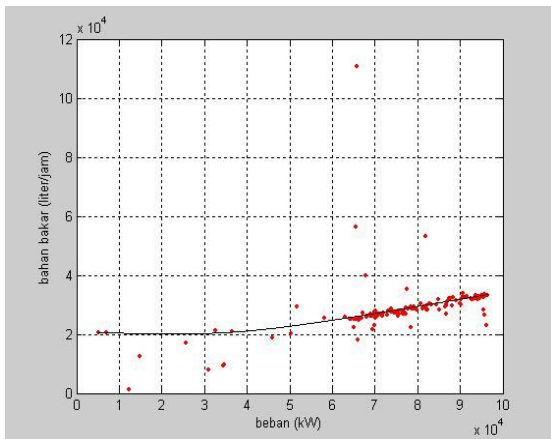
Dari data lapangan yang diperoleh, karakteristik bahan bakar yang dibutuhkan terhadap daya keluarannya pada generator 1, 2, dan 3 pada PLTGU Tambak Lorok blok 1 dapat dilihat pada gambar 1, 2 dan 3.



Gambar 1 Grafik karakteristik pembangkit unit 1

Gambar 1 menunjukkan kurva karakteristik generator 1 unit 1 dimana dari gambar tersebut diperoleh persamaan sebagai berikut

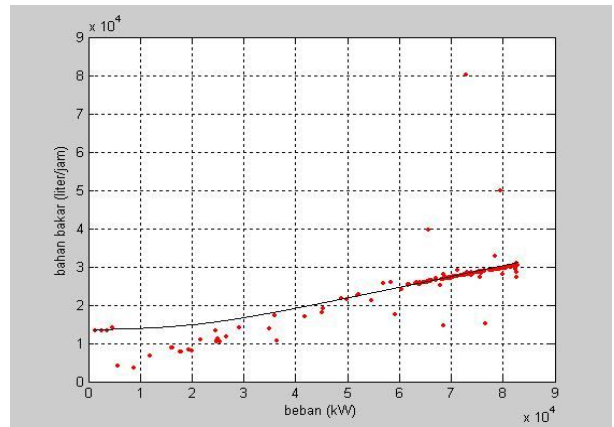
$$C_1 = 21542,23 + (-0,083)P_1 + 1,11 \cdot 10^{-6} P_1^2$$



Gambar 2 Grafik karakteristik pembangkit unit 2.

Dari gambar 2, akan kita peroleh sebuah persamaan karakteristik pembangkit unit 2

$$C_2 = 37000 - (0,5)P_2 + 5 \cdot 10^{-6} P_2^2$$



Gambar 3 Grafik karakteristik pembangkit unit 3.

Gambar 3 menunjukkan kurva karakteristik generator 1 unit 3 dimana dari gambar tersebut diperoleh persamaan sebagai berikut

$$C_3 = 26000 - 0,35P_3 + 5 \cdot 10^{-6} P_3^2$$

Dari beberapa persamaan diatas maka selanjutnya dilakukan optimalisasi dengan iterasi metode lagrange sampai daya optimum yang diperoleh masih dalam batas kerja mesin dan dengan besar kesalahan ΔP mendekati 0,0001.

$$\lambda^{(1)} = 1 \text{ liter/kWh}$$

$$P_1^{(1)} = \frac{1 - (-0,083)}{2,111 \cdot 10^{-6}} = \frac{1,083}{2,22 \cdot 10^{-6}} = 0,487838 \cdot 10^6 \text{ kW}$$

$$P_2^{(1)} = \frac{1 - (-0,5)}{2,5 \cdot 10^{-6}} = \frac{1,5}{10 \cdot 10^{-6}} = 1,5 \cdot 10^5 \text{ kW}$$

$$P_3^{(1)} = \frac{1 - (-0,35)}{2,5 \cdot 10^{-6}} = \frac{1,35}{10 \cdot 10^{-6}} = 1,35 \cdot 10^5 \text{ kW}$$

maka

$$\Delta P^{(1)} = 16 \cdot 10^4 - (487837,84 + 150000 + 135000) = -612837,84 \text{ kW}$$

Dengan demikian nilai $\Delta \lambda$ dapat diketahui dengan mensubstitusi nilai ΔP sebagai berikut

$$\Delta \lambda^{(1)} = \frac{-612837,84}{\left(\frac{1}{2,111 \cdot 10^{-6}} + \frac{1}{2,5 \cdot 10^{-6}} + \frac{1}{2,5 \cdot 10^{-6}} \right)} = \frac{-612837,84}{650450,45} = -0,942175 \text{ liter/kWh}$$

$$\lambda^{(2)} = \lambda^{(1)} + \Delta \lambda^{(1)} = 1 + (-0,942175) = 0,057825 \text{ liter/kWh}$$

Tabel 1 menunjukkan hasil iterasi lagrange terhadap ke-3 mesin. Kondisi ini diambil dengan asumsi ketiga unit pembangkit dioperasikan semua sehingga batas minimum permintaan totalnya

adalah jumlah dari batas minimum daya yang dapat dibangkitkan oleh setiap unitnya, sedangkan batas maksimum permintaan totalnya adalah jumlah dari batas maksimum daya dari setiap unitnya.

$$P_{T(\min)} = P_{1(\min)} + P_{2(\min)} + P_{3(\min)}$$

$$P_{T(\max)} = P_{1(\max)} + P_{2(\max)} + P_{3(\max)}$$

Apabila permintaan daya lebih kecil dari nilai pembangkitan total minimum ($P_T < 150$ MW) maka ketiga unit pembangkit tersebut tidak lagi dioperasikan secara bersama-sama. Ada beberapa kemungkinan dalam mengoperasikan unit pembangkit untuk memenuhi permintaan daya di bawah nilai pembangkitan minimum pengoperasian tiga unit pembangkit. Solusi yang pertama yaitu dengan mengoperasikan hanya satu buah unit pembangkit saja. Untuk menentukan unit pembangkit manakah yang akan dioperasikan saat permintaan beban di bawah nilai 150 MW, yaitu dengan cara memilih unit pembangkit yang membutuhkan bahan bakar yang paling sedikit untuk menghasilkan daya keluaran yang dibutuhkan. Untuk variasi pembebanan $P_T \leq 105$ MW, maka unit yang dioperasikan dapat dilihat pada tabel 2.

Solusi yang kedua adalah dengan mengoperasikan dua unit pembangkit saja. Dalam mengoperasikan dua buah unit pembangkit, daya total minimum yang dapat dibangkitkan adalah sebesar 100 MW yang diperoleh dari penjumlahan daya minimum setiap unit pembangkit yang dioperasikan dimana daya minimum unit 1, 2, dan 3 besarnya sama yaitu 50 MW. Untuk daya total maksimumnya adalah 210 MW yang diperoleh dari penjumlahan daya maksimum dari setiap unit dimana daya maksimum dari unit 1, 2, dan 3 mempunyai nilai yang sama yaitu 105 MW. Tabel 3 menunjukkan pengoperasian ekonomis dari dua pembangkit pada permintaan daya 100 MW sampai 210 MW.

Namun, untuk permintaan daya sebesar 100 sampai 105 MW, ada dua kemungkinan pengoperasian yaitu hanya mengoperasikan satu unit pembangkit saja, atau dengan mengoperasikan dua buah unit pembangkit. Untuk memilih jumlah pembangkit yang akan dioperasikan maka perlu dipilih pengoperasian pembangkit yang membutuhkan bahan bakar yang paling sedikit. Dari tabel 2 dan tabel 3 dapat ditentukan pengoperasian pembangkit pada daya 100 sampai 105 MW seperti pada tabel 4.

Demikian pula pada permintaan daya sebesar 150 sampai 210 MW, dapat dilakukan dipenuhi dengan mengoperasikan dua buah pembangkit atau dapat juga dipenuhi dengan mengoperasikan tiga buah pembangkit. Penentuan jumlah pengoperasian pembangkit dilakukan dengan mengambil pengoperasian pembangkit yang membutuhkan bahan bakar yang paling sedikit dengan membandingkan data pada tabel 2 dengan tabel 1 yang ditunjukkan pada tabel 5. Berdasarkan data-data tersebut maka dapat diketahui besarnya pembagian beban pada setiap unit pembangkit agar pengoperasian unit-unit pembangkit dapat seoptimal mungkin dan dengan biaya yang ekonomis.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dari pembagian beban unit-unit pembangkit pada Blok 1 PLTGU Tambak Lorok didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Besarnya biaya pengoperasian bahan bakar dipengaruhi oleh besarnya permintaan daya yang dibangkitkan oleh pembangkit.
2. Biaya pengoperasian pembangkit ditentukan oleh banyaknya bahan bakar yang diperlukan untuk mengoperasikan pembangkit dimana semakin banyak bahan bakar yang dibutuhkan maka semakin besar pula biaya pengoperasiannya.
3. Untuk permintaan daya sampai 105 MW maka pembangkit yang dioperasikan hanya satu unit pembangkit saja yaitu unit 1.
4. Pembangkit tetap dioperasikan pada daya keluaran 50 MW untuk permintaan daya kurang dari 50 MW.
5. Untuk permintaan daya dari 100 MW sampai kurang dari 210 MW maka pembangkit yang dioperasikan sebanyak dua unit pembangkit yaitu pada daya 100 sampai 185 MW unit yang dioperasikan adalah unit 1 dan 3, sedangkan untuk daya dari 190 MW sampai kurang dari 210 MW maka unit 1 dan 2 yang beroperasi.
6. Pada permintaan daya sebesar 210 MW sampai 315 MW, maka ketiga unit pembangkit di Blok 1 PLTGU Tambak Lorok dioperasikan semuanya dengan mendistribusikan beban pada masing-masing unitnya.

7. Besarnya *incremental cost* yang dalam hal ini adalah bahan bakar tambahan yang diperlukan tergantung pada besarnya daya yang dibangkitkan oleh unit-unit pembangkit.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Christensen,G.S.and S.A. Soliman,*Optimal Long-Term Operation of Electric Power Systems*, New York, Plenum Press, 1988.
- [2]. Kirchmayer, L.K.,*Economic Operation of Power System*, New Delhi, Wiley Eastern,Ltd.,1997.
- [3]. Mathews, John H.,*Numerical Methods for Matematics, Science, and Engineering*. New Jersey, Second Ed, Prentice Hall,Inc.,1992.
- [4]. Momoh,James A.,*Electric Power System Aplications of Optimization*, New York, Marcel Dekker,Inc.,2001.
- [5]. Saadat,Hadi, *Power System Analysis*, Mc Graw-Hill, 1999.
- [6]. Stevenson,W.D.,Jr., *Analisis Sistem Tenaga*, Edisi Keempat, Erlangga,1996.
- [7]. Wood,A.J.,et al,*Power Generation, Operation and Control*,New York, John Weley & Sons,1984.

Tabel 1 Variasi nilai λ dan distribusi beban untuk variasi $150 \text{ MW} \leq P_T \leq 315 \text{ MW}$.

No.	P_T (MW)	λ (liter/kWh)	P_1 (MW)	P_2 (MW)	P_3 (MW)	C_T (liter/h)
1.	150	-	50	50	50	65642,23
2.	155	0,031148	51,885	53,115	50	65745,55
3.	160	0,040164	55,984	54,016	50	65923,83
4.	165	0,049180	60,082	54,918	50	66147,19
5.	170	0,058197	64,180	55,820	50	66415,63
6.	175	0,067213	68,279	56,721	50	66729,16
7.	180	0,076230	72,377	57,623	50	67087,76
8.	185	0,085246	76,475	58,525	50	67491,45
9.	190	0,094262	80,574	59,426	50	67940,22
10.	195	0,103279	84,672	60,328	50	68434,07
11.	200	0,112295	88,770	61,230	50	68973,01
12.	205	0,121311	92,869	62,131	50	69557,03
13.	210	0,130328	96,967	63,033	50	70186,12
14.	215	0,139344	101,070	63,930	50	70860,30
15.	220	0,150000	105	65,000	50	71579,73
16.	225	0,175000	105	67,500	52,50	72392,23
17.	230	0,200000	105	70,000	55	73329,73
18.	235	0,225000	105	72,500	57,5	74392,23
19.	240	0,250000	105	75,000	60	75579,73
20.	245	0,275000	105	77,500	62,5	76892,23
21.	250	0,300000	105	80,000	65	78329,73
22.	255	0,325000	105	82,500	67,5	79892,23
23.	260	0,350000	105	85,000	70	81579,73
24.	265	0,375000	105	87,500	72,5	83392,23
25.	270	0,400000	105	90,000	75	85329,73
26.	275	0,425000	105	92,500	77,5	87392,23
27.	280	0,450000	105	95,000	80,5	89579,73
28.	285	0,475000	105	97,500	82,5	91892,23
29.	290	0,500000	105	100,00	85	94329,73
30.	295	0,525000	105	102,50	87,5	96892,23
31.	300	0,550000	105	105	90	99579,73
32.	305	0,600000	105	105	95	102454,73
33.	310	0,650000	105	105	100	105579,73
34.	315	0,700000	105	105	105	108954,73

Tabel 2 Pengoperasian pembangkit pada $P_T \leq 105$ MW.

No.	P_T (MW)	C_1 (liter/h)	C_2 (liter/h)	C_3 (liter/h)	Pembangkit yang dioperasikan
1.	≤ 50	20167.23	24500	21000	Unit 1
2.	55	20334.98	24625	21875	Unit 1
3.	60	20558.23	25000	23000	Unit 1
4.	65	20836.98	25625	24375	Unit 1
5.	70	21171.23	26500	26000	Unit 1
6.	75	21560.98	27625	27875	Unit 1
7.	80	22006.23	29000	30000	Unit 1
8.	85	22506.98	30625	32375	Unit 1
9.	90	23063.23	32500	35000	Unit 1
10.	95	23674.98	34625	37875	Unit 1
11.	100	24342.23	37000	41000	Unit 1
12.	105	25064.98	39625	44375	Unit 1

Tabel 3 Pengoperasian dua buah pembangkit pada $100 \text{ MW} \leq P_T < 210 \text{ MW}$.

P_T (MW)	λ (liter/kWh)	P_1 (MW)	P_2 (MW)	P_3 (MW)	C_T (liter/h)	Pembangkit yang dioperasikan
100.000	0.031	50.000	50.000		44642.000	Unit 1 dan 3
		50.000		50.000	41142.230	
			50.000	50.000	45500.000	
105.000	0.031	51.885	53.115		44745.550	Unit 1 dan 3
	0.038	55.000		50.000	41304.730	
	0.050		55.000	50.000	45625.000	
110.000	0.040	55.980	54.020		44923.830	Unit 1 dan 3
	0.049	60.000		50.000	41522.230	
	0.100		60.000	50.000	46000.000	
115.000	0.049	60.082	54.918		445147.190	Unit 1 dan 3
	0.060	65.000		50.000	41794.730	
	0.150		65.000	50.000	46625.000	
120.000	0.058	64.180	55.820		45415.630	Unit 1 dan 3
	0.071	70.000		50.000	42122.230	
	0.175		67.500	52.500	47437.000	
125.000	0.067	68.270	56.721		45729.160	Unit 1 dan 3
	0.082	75.000		50.000	42504.730	
	0.200		70.000	55.000	48375.000	
130.000	0.076	72.370	57.620		46087.760	Unit 1 dan 3
	0.093	80.000		50.000	42942.230	
	0.225		72.500	57.500	49437.500	
135.000	0.085	76.470	58.520		46491.450	Unit 1 dan 3
	0.104	85.000		50.000	43434.730	
	0.250		75.000	60.000	50623.000	
140.000	0.094	80.574	59.426		46940.000	Unit 1 dan 3
	0.115	90.000		50.000	43982.230	
	0.275		77.500	62.500	51937.000	
145.000	0.103	84.670	60.320		47434.070	

	0.126	95.000		50.000	44584.730	Unit 1 dan 3
	0.300		80.000	65.000	53375.000	
150.000	0.112	88.770	61.230		47973.010	Unit 1 dan 3
	0.137	100.000		50.000	45242.230	
	0.325		82.500	67.500	54937.500	
155.000	0.121	92.869	62.131		48557.030	Unit 1 dan 3
		105.000		50.000	45954.730	
	0.350		85.000	70.000	56625.000	
160.000	0.130	96.967	63.033		49186.120	Unit 1 dan 3
	0.200	105.000		55.000	46829.730	
	0.375		87.500	72.500	58437.000	
165.000	0.139	101.070	63.930		49860.300	Unit 1 dan 3
	0.250	105.000		60.000	47954.730	
	0.400		90.000	75.000	60375.000	
170.000	0.150	105.000	65.000		50579.730	Unit 1 dan 3
	0.300	105.000		65.000	49329.730	
	0.425		92.500	77.500	62437.500	
175.000	0.200	105.000	70.000		51454.730	Unit 1 dan 3
	0.350	105.000		70.000	50954.730	
	0.450		95.000	80.000	64625.000	
180.000	0.250	105.000	75.000		52579.730	Unit 1 dan 2
	0.400	105.000		75.000	52829.730	
	0.475		97.500	82.500	66937.500	
185.000	0.300	105.000	80.000		69375.000	Unit 1 dan 3
	0.450	105.000		80.000	54954.730	
	0.500		100.000	85.000	69375.000	
190.000	0.350	105.000	85.000		55579.730	Unit 1 dan 2
	0.500	105.000		85.000	57329.730	
	0.525		102.500	87.500	71937.500	
195.000	0.400	105.000	90.000		57454.730	Unit 1 dan 2
	0.550	105.000		90.000	59954.730	
	0.550		105.000	90.000	74625.000	
200.000	0.450	105.000	95.000		59579.730	Unit 1 dan 2
	0.600	105.000		95.000	62829.730	
	0.600		105.000	95.000	77500.000	
205.000	0.500	105.000	100.000		61954.730	Unit 1 dan 2
	0.650	105.000		100.000	65954.730	
	0.650		105.000	100.000	80625.000	
210.000	0.550	105.000	105.000		64579.730	Unit 1 dan 2
	0.700	105.000		105.000	69329.730	
	0.700		105.000	105.000	84000.000	

Tabel 4 Pengoperasian pembangkit pada $100 \text{ MW} \leq P_T \leq 105 \text{ MW}$.

No.	P_T (MW)	P_1 (MW)	P_2 (MW)	P_3 (MW)	C_T (liter/ h)	Pembangkit yang dioperasikan
1.	100	100	-	-	24342.23	Unit 1 saja
		50	-	50	41142.23	
2.	105	105	-	-	25064.98	Unit 1 saja
		55	-	50	41304.73	

Tabel 5 Pengoperasian pembangkit pada $150 \leq P_T \leq 210 \text{ MW}$.

No.	P_T (MW)	P_1 (MW)	P_2 (MW)	P_3 (MW)	C_T (liter/ h)	Pembangkit yang dioperasikan
1.	150	100	-	50	45242,23	Dua unit yaitu unit 1 dan 3
		50	50	50	65642,23	
2.	155	105	-	50	45954,73	Dua unit yaitu unit 1 dan 3
		51,885	53,115	50	65745,55	
3.	160	105	-	55	46829,73	Dua unit yaitu unit 1 dan 3
		55,984	54,016	50	65923,83	
4.	165	105	-	60	47954,73	Dua unit yaitu unit 1 dan 3
		60,082	54,918	50	66147,19	
5.	170	105	-	65	49329,73	Dua unit yaitu unit 1 dan 3
		64,180	55,820	50	66415,63	
6.	175	105	-	70	50954,73	Dua unit yaitu unit 1 dan 3
		68,279	56,721	50	66729,16	
7.	180	105	75	-	52579,73	Dua unit yaitu unit 1 dan 2
		72,377	57,623	50	67087,76	
8.	185	105	-	80	54954,73	Dua unit yaitu unit 1 dan 3
		76,475	58,525	50	67491,45	
9.	190	105	85	-	55579,73	Dua unit yaitu unit 1 dan 2
		80,574	59,426	50	67940,22	
10.	195	105	90	-	57454,73	Dua unit yaitu unit 1 dan 2
		84,672	60,328	50	68434,07	
11.	200	105	95	-	59579,73	Dua unit yaitu unit 1 dan 2
		88,770	61,230	50	68973,01	
12.	205	105	100	-	61954,73	Dua unit yaitu unit 1 dan 2
		92,869	62,131	50	69557,03	
13.	210	105	105	-	64579,73	Dua unit yaitu unit 1 dan 2
		96,967	63,033	50	70186,12	