

Optimasi Penjadwalan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Sanggeng Manokwari dengan Metode Iterasi Lamda

Elias K. Bawan¹, Saiful Ismail¹

¹ Jurusan Teknik Elektro, Universitas Papua

Korespondensi: e.bawan@unipa.ac.id

ABSTRAK

Tujuan dari sistem penjadwalan alokasi daya dari unit pembangkit adalah agar konsumsi bahan bakar setiap unit generator atau meminimalkan biaya operasi dari seluruh sistem dengan menentukan daya keluaran setiap unit generator pada kondisi dibawah beban sistem. Iterasi lamda digunakan untuk menentukan output dari setiap unit generator pada PLTD Sanggeng Manokwari.

Sistem operasi unit pembangkit termal, biaya bahan bakar adalah biaya yang paling besar dalam sistem pembangkitan tenaga listrik. Sehingga, salah satu strategi yang dapat digunakan untuk meminimalkan biaya bahan bakar adalah dengan melakukan sistem penjadwalan unit generator dan pembagian beban sesuai dengan pola penggunaan beban masyarakat.

Data pemakaian bahan bakar pada tanggal 23 November 2015 menunjukkan total biaya bahan yang gunakan dari pukul 01.00 – 09.00 dengan metode iterasi lamda adalah Rp. 163.663.106/jam sedangkan total biaya bahan bakar dengan sistem penjadwalan oleh operator PLTD adalah Rp. 167.420.636,5/jam. Perbandingan hasil pemakaian biaya bahan bakar antara metode iterasi lamda dengan sistem penjadwalan oleh operator PLTD diperoleh penghematan dengan menggunakan metode iterasi lamda sebesar Rp. 3.757.530,5/jam.

Kata kunci: Optimasi, pembangkitan tenaga diesel, metode iterasi lamda, sistem penjadwalan

ABSTRACT

The aim of real power economic dispatch (ED) is to make the generator's fuel consumption or the operating cost of the whole system minimal by determining the power output of each generating unit under the constraint condition of the system load demands. Lambda iteration was used to determine the output of each generator in PLTD Sanggeng Manokwari.

In operation of thermal generating unit, the fuel cost is the biggest expense of operating expenses based on evocation of electrical power. Therefore, one of the strategies which can be used for the minimization of material costs burn total is to schedule termal generating units and allocate the load (economic dispatch) according to the consumption pattern of the community burden.

Fuel consumption data on November 23, 2015 shows the total cost of materials produced from 1:00 – 9:00 with Lamda iteration method is Rp 163,663,106 / hour while the total cost of fuel with a scheduling system by the PLTD operator is Rp 167,420,636.5 / hour. The comparison of the use of fuel costs between the Lamda iteration method and the scheduling system by the PTLTD Operator shows a savings obtained about Rp 3.757,530,5 / hour.

Keyword: Optimize, diesel power plant, lambda iteration, economic dispatch

1. PENDAHULUAN

Meningkatnya pembangunan, pertumbuhan ekonomi, serta bertambahnya jumlah penduduk di Kabupaten Manokwari, menunjukkan semakin tingginya kebutuhan listrik. Kebutuhan daya listrik dipandang perlu karena merupakan bagian penting bagi kemajuan pembangunan manusia diberbagai bidang seperti bidang ekonomi, teknologi, serta sosial-budaya manusia.

Penyuplai energi listrik utama saat ini di Kabupaten Manokwari adalah Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) Sanggeng. PLTD dalam pembangkitannya memerlukan bahan bakar solar yang membuat biaya pembangkitan cukup besar. Sehingga diperlukan suatu penjadwalan unit pembangkit yang dapat mengoptimalkan penggunaan bahan bakar.

Terkait permasalahan penggunaan bahan bakar pada pembangkit termal diperlukan optimasi untuk penjadwalan unit pembangkit termalantara lain *Unit Commitment*, yaitu penentuan kombinasi unit-unit pembangkit yang bekerja dan tidak perlu bekerja pada suatu periode untuk memenuhi kebutuhan beban sistem pada periode tersebut dan *Economic Dispatch* yaitu pembagian pembebanan pada setiap unit pembangkit sehingga diperoleh kombinasi unit pembangkit yang dapat memenuhi kebutuhan beban dengan biaya yang optimal.

Economic Dispatch adalah pembagian pembebanan pada setiap unit pembangkit sehingga diperoleh kombinasi unit pembangkit yang dapat memenuhi kebutuhan beban dengan biaya yang optimum atau dengan kata lain untuk mencari nilai optimum dari output daya dari kombinasi unit pembangkit yang bertujuan untuk meminimalkan total biaya pembangkitan [7].

Optimasi pembagian beban untuk mendapatkan biaya pembangkitan ekonomis menggunakan MPSO saat semua pembangkit beroperasi menghasilkan biaya pembangkitan yang lebih besar dibandingkan metode PLTD yang hanya mengoperasikan unit-unit pembangkit tertentu [9].

Hasil optimasi penjadwalan pembangkit pada sistem Sorong dengan metode daftar prioritas dalam penyelesaian unit commitment lebih murah dibandingkan dengan metode penjadwalan oleh PT. PLN Cabang Sorong [4].

Optimasi PLTD Sanggeng [2]. sudah pernah dilakukan oleh Rehiara *et. al.* (2013), namun kondisi sekarang sudah banyak berubah dengan tidak diaktifkannya mesin pembangkit yang sudah tua, penambahan unit baru atas bantuan dari pemerintah daerah, perubahan konfigurasi unit rental swasta dan juga perubahan harga bahan bakar.

Kurva input-output menggambarkan besarnya input yang harus diberikan kepada unit pembangkit sebagai fungsi dari outputnya. Kurva ini didapat melalui percobaan. Untuk unit pembangkit termal, inputnya adalah bahan bakar yang dinyatakan dalam Rupiah per jam dengan output daya yang dibangkitkan dinyatakan dalam Mega Watt [5].

Karakteristik pembangkit juga merupakan modal dasar dalam melakukan pengaturan output pembangkit untuk menekan pembiayaan bahan baku energi. Melalui karakteristik pembangkit ini dibuat model matematisnya sehingga dapat dilakukan proses optimasi dalam memperoleh optimum ekonomi biaya pembangkitan [8].

Pembangkit termal juga mempunyai batas operasi minimum dan maksimum, batasan beban minimum biasanya disebabkan oleh kestabilan pembakaran dan masalah desain generator, (pada umumnya unit pembangkit termal tidak dapat beroperasi dibawah 30 % dari kapasitas desain [6].

Setiap mesin pembangkit listrik (generator) mempunyai kemampuan pembebanan yang dibatasi oleh kapasitas maksimum dan minimum. Adanya batas-batas ini, selain karena keterbatasan kemampuan komponen-komponen mesin (*thermal setting*) juga disebabkan alasan ekonomis yaitu efisiensi kerja dari mesin tersebut.

Bila suatu unit pembangkit dioperasikan atau dibebani di luar batas maksimum dan minimumnya selain efisiensi rendah, umur (*Life Time*) dari mesin tersebut menurun terutama bila sering mengalami pembebanan lebih (*Overloading*). Oleh karena itu agar pembangkit tersebut selalu dapat bekerja dengan efisiensi yang cukup baik (ekonomis) serta stabil, maka pembangkit tersebut harus dioperasikan dalam daerah pembebanannya.

Iterasi lamda merupakan salah satu metode yang digunakan dalam *Economic Dispatch*. Pada metode ini lamda (λ) diasumsikan terlebih dahulu, kemudian dengan menggunakan syarat optimum, dihitung P_i (output setiap pembangkit). Dengan menggunakan konstrain diperiksa apakah jumlah total dari output samadengan kebutuhan beban sistem, bila belum harga lamda (λ) ditentukan kembali.

2. METODE PENELITIAN

Metode kuadrat terkecil, yang lebih dikenal dengan nama *Least-Squares Method*, adalah salah satu metode 'pendekatan' yang paling penting dalam dunia keteknikan untuk regresi ataupun pembentukan persamaan dari titik titik data diskretnya (dalam pemodelan), dan analisis sesatan pengukuran (dalam validasi model). Prosedur penelitian meliputi:

a. Pengumpulan data

Mengumpulkan data-data yang dijadikan sebagai variabel penelitian antara lain: data mesin dan kapasitas pembangkit, data daya dan pemakaian bahan bahan bakar, data harga bahan bakar per liter, data beban harian dan data pendukung lainnya.

b. Pengolahan data

1. Perhitungan karakteristik Input-output pembangkit dengan metode *Least Square Method*.

$$F_i = \alpha + \beta P_i + \gamma P_i^2 \quad (1)$$

F_i	= Input pemakaian bahan bakar pembangkit termal ke- i	(Liter/jam)
P_i	= Output pembangkit termal ke- i	(MW)
α, β, γ	= Konstanta input-output pembangkit termal ke- i	

Dalam mencari nilai α, β dan γ dapat dilakukan dengan metode regresi yaitu pencarian harga tetapan α, β dan γ berdasarkan set data yang diberikan. Pendekatan yang dapat dilakukan untuk mencari nilai α, β dan γ salah satunya adalah dengan pendekatan *Cramer*.

2. Perhitungan persamaan biaya bahan bakar.

$$F_i = \alpha + \beta P_i + \gamma P_i^2 \left[\frac{\text{Rpiah}}{\text{Liter}} \right] \times \frac{\text{Liter}}{\text{Jam}} \tag{2}$$

3. Menghitung *Incremental Fuel Rate (IFR)*

Perubahan jumlah bahan bakar yang terjadi karena perubahan keluaran, didefinisikan sebagai *IFR*. *IFR* merupakan turunan pertama dari karakteristik input-output (persaman 1).

$$IFR = \frac{\Delta F}{\Delta P} \tag{3}$$

Jika Δ sangat kecil maka dapat dinyatakan:

$$IFR = \frac{dF}{dP} \tag{4}$$

4. Menghitung *Incremental Fuel Cost*

Incremental Fuel Rate (IFC) juga dapat dinyatakan dengan suatu kurva karakteristik, yaitu kurva laju kenaikan biaya bahan bakar atau *IFC*, yaitu dengan mengalikan *IFR* dengan biaya bahan bakarnya.

$$IFC = IFR \left[\frac{\text{Rpiah}}{\text{Liter}} \right] \times \text{Harga Bahan Bakar} \left[\frac{\text{Rpiah}}{\text{Liter}} \right] \tag{5}$$

5. Menghitung biaya rata-rata beban.

Biaya rata-rata beban maksimum diperoleh dengan mengalikan persamaan laju pertambahan biaya bahan bakar masing-masing unit dengan daya maksimum.

6. Menentukan urutan prioritas pembangkit

c. Analisis Perhitungan

Melakukan analisa perhitungan terhadap penjadwalan serta melakukan perbandingan dengan penjadwalan yang sebenarnya. Analisis dilakukan dengan software Matlab 2014a.

Fungsi objek adalah total biaya untuk memasok beban. Untuk meminimalkan biaya pembangkitan (F_T) dengan kendala bahwa jumlah daya yang dihasilkan harus samadengan beban yang diterima dengan mengabaikan rugi transmisi.

$$F_T = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_N \tag{6}$$

$$F_T = \sum_{i=1}^N F_i \tag{7}$$

$$\Phi = 0 = \frac{\partial F_T}{\partial P_i} - \lambda \left(\sum_{i=1}^N P_i - P_D \right) \tag{8}$$

$$\sum_{i=1}^N P_i = P_D \tag{9}$$

Jika persamaan (9) diturunkan maka persamaannya menjadi:

$$2\beta_1 + 2\gamma_1 P_1 = \lambda \tag{10}$$

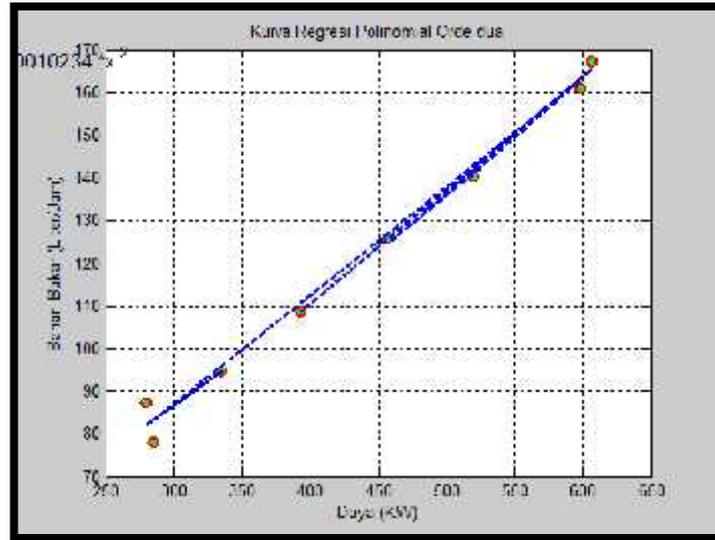
$$\lambda = PD + \frac{\sum_{i=1}^N \frac{1}{2\gamma_i}}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{2\gamma_i}} \tag{11}$$

3. HASIL DAN ANALISIS

Berdasarkan data input-ouput pembangkit maka dapat ditentukan persamaan karakteristik input-output masing-masing unit pembangkit. Perhitungan persamaan karakteristik input-output dilakukan dengan menggunakan *least square method*. Perhitungan persamaan karakteristik input-output dapat dilakukan secara manual yaitu dengan menerapkan persamaan-persamaan tertentu atau juga dengan menggunakan software seperti Matlab.

3.1. Persamaan Karakteristik Input Output

Membuat persamaan karakteristik input output setiap mesin menggunakan persamaan 1 dan menentukan koefisien α, β dan γ untuk setiap unit pembangkit, sebagai contoh mesin Deutz BV 628-7300379 (mesin 1).



Gambar 3. Hasil karakteristik input output mesin 1.

Kurva karakteristik input-output

$$F_1 = 28,3601 + 0,1639P_1 + 0,000102337P_1^2 \tag{12}$$

Tabel 1. Persamaan karakteristik input-output pada setiap unit pembangkit

Unit Pembangkit	Karakteristik Input-output (Liter/jam)
1	$3,3601 + 0,16383P_1 + 0,00010234P_1^2$
2	$21,3812 + 0,42855P_1 + 0,00022462P_1^2$
3	$1,2463 + 0,18609P_1 + 0,000086482P_1^2$
4	$34471 + 0,29701P_1 + 0,000046852P_1^2$
5	$4014 + 0,24727P_1 + 0,00015037P_1^2$
6	$6762 + 0,22444P_1 + 0,000064641P_1^2$
7	$1045,6352 + 0,9891P_1 + 0,00012208P_1^2$
8	$76,0871 + 0,3435P_1 + 0,000016705P_1^2$
9	$17,9965 + 0,30773P_1 + 0,0000090317P_1^2$
10	$-45,6279 + 0,27006P_1 + 0,0000009443P_1^2$

3.2. Persamaan Biaya Bahan Bakar

Persamaan biaya bahan bakar dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$C_{bb} = C_{bb0} + C_{bb1}P_1 + C_{bb2}P_1^2$$

Persamaan (12) Berdasarkan tabel 1

dengan harga bahan bakar HSDI Rp 18,85 per liter

$$C_{bb} = 18,85 \left(3,3601 + 0,1639P_1 + 0,000102337P_1^2 \right)$$

$$= 63,271875 + 3,1918575P_1 + 1,9277125P_1^2$$

Tabel 2. Persamaan karakteristik biaya bahan bakar pada setiap unit pembangkit

Unit Pembangkit	Karakteristik persamaan biaya bahan bakar (Rp/Jam)
1	$3679,1279 + 887,7702 \cdot 0,55457$
2	$153794,0075 + 2322,2482 \cdot 1,2172$
3	$31386,1416 + 1008,3938 \cdot 0,46863$
4	$367,9318 + 1609,4526 \cdot 0,25388$
5	$593,9764 + 1339919 \cdot 0,81483$
6	$2433,8764 + 1216,2067 \cdot 0,35028$
7	$5666140,3035 + 5359,7845 \cdot 0,66153$
8	$412304,5818 + 1861,375 \cdot 0,090552$
9	$97520,334 + 1667,5427 \cdot 0,048941$
10	$-245067,4509 + 1450,4923P + 0,0050718$

3.3. Laju Pertambahan Biaya Bahan Bakar

Persamaan laju pertambahan biaya bahan bakar (*incremental fuel cost*) dihtung dengan persamaan (5). Persamaan Laju pertambahan biaya bahan bakar (*IFC*) diperoleh dengan cara mengalikan turunan pertama karakteristik input-output *IFR* (tabel 1) dengan harga bahan bakarnya (tabel 2).

Tabel 3. Persamaan laju pertambahan biaya bahan bakar

Unit Pembangkit	Karakteristik Persamaan laju pertambahan biaya bahan bakar (Rp/kWh)
1	$F1 = 887,7702 + 1,1091$
2	$22,2482 - 2,4344$
3	$08,3938 + 0,93727$
4	$09,4526 - 0,50777$
5	$39,919 + 1,6297$
6	$16,2067 + 0,70056P6$
7	$59,7845 - 1,3231$
8	$61,375 - 0,18104P8$
9	$67,5427 + 0,097883$
10	$450,4923 + 0,010144$

3.4. Urutan prioritas Unit Pembangkit

Urutan prioritas diurutkan berdasarkan biaya rata-rata beban maksimum (*Full-Load Average Cost*). Biaya rata-rata beban maksimum diperoleh dengan mengalikan persamaan laju pertambahan biaya bahan bakar masing-masing unit dengan daya maksimum.

Tabel 4. Biaya bahan bakar rata-rata maksimum unit pembangkit

Urutan Prioritas	Biaya bahan bakar rata-rata maksimum (Rp/kWh)
1	$F7 = 67,5189$
2	$F2 = 253,0386$
3	1177,8499
4	1499,2874
5	1519,9764
6	1776,6545
7	1805,0699
8	1941,4439
9	2059,0741
10	$F5 = 2317,718$

3.5. Studi Penjadwalan Pembangkit dengan Metode Iterasi Lamda

Penjadwalan menggunakan iterasi lamda membutuhkan karakteristik persamaan biaya bahan bakar (Rp/Jam) dari masing-masing unit pembangkit termal, daya yang dibutuhkan sistem serta kapasitas tiap unit berdasarkan persamaan (7 dan 8).

Perhitungan untuk iterasi lamda hari senin tanggal 23 November 2015 pukul 03.00 unit dengan daya total $PD = 9.320 \text{ kW}$ sehingga unit pembangkit yang memenuhi berdasarkan urutan prioritas adalah ($P7 \mp P2 + P4 + P8 + P10$).

Penyelaian dengan metode iterasi lamda didapatkan daya optimal masing-masing unit pembangkit adalah sebagai berikut.

$$P_7^1 = 2914,9533 \text{ kW}, P_2^1 = 336,47793 \text{ kW}, P_4^1 = 209,4026 \text{ kW}, \\ P_8^1 = 1978,7934 \text{ kW} \text{ dan } P_{10}^1 = 3880,3728 \text{ kW}$$

Tabel 5. Hasil biaya bahan bakar untuk penjadwalan pada pukul 01.00 – 09.00

Jam	Total Biaya Pembangkitan (Rp)		Beban Sistem (kW)
	Iterasi Lamda	Operator PLTD Sanggeng	
01.00	19.154.339,4155	19.621.427,5199	13.340
02.00	18.337.177,3019	18.817.672,2199	12.810
03.00	13.578.847,6172	13.599.672,7308	9.320
04.00	18.229.480,9402	18.711.589,8763	12.740
05.00	17.952.794,628	18.439.080,8011	12.560
06.00	18.768.501,0717	19.242.598,5102	13.090
07.00	18.137.212,6192	18.620.709,6628	12.680
08.00	18.706.830,6566	19.181.836,281	13.050
09.00	20.797.921,7034	21.186.048,9411	14.400
Total Biaya	163.663.106	167.420.636,5	113.990

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 5 maka biaya yang dihemat dengan menggunakan metode iterasi lamda adalah sebesar $\text{Rp } 3.757.530,5 / \text{jam}$. Hal ini menunjukkan bahwa dengan metode iterasi lamda dapat menghasilkan biaya yang lebih murah. Dari hasil tersebut juga terlihat perbedaan antara iterasi lamda dengan penjadwalan oleh operator PLTD, sehingga dapat dilihat bahwa penjadwalan oleh operator PLTD belum efektif.

Tabel 6. Sistem Penjadwalan dengan metode iterasi lamda pukul 01.00 – 09.00

Waktu	Unit 2	Unit 4	Unit 7	Unit 8	Unit 10
01.00	on	on	on	on	on
02.00	on	on	on	on	on
03.00	on	on	on	on	on
04.00	on	on	on	on	on
05.00	on	on	on	on	on
06.00	on	on	on	on	on
07.00	on	on	on	on	on
08.00	on	on	on	on	on
09.00	on	on	on	on	on

4. KESIMPULAN

1. Perhitungan biaya bahan bakar dengan metode iterasi lamda lebih murah dibandingkan metode yang dilaksanakan oleh PLTD Sanggeng dengan mengambil contoh pada tanggal 23 November 2015 mulai dari pukul 01.00 – 09.00 masing-masing bernilai $\text{Rp } 163.663.106$ dan $\text{Rp } 167.420.636,5$
2. Terdapat selisih biaya pembangkitan sebesar $\text{Rp } 3.757.530,5$.

UCAPAN TERIMA KASIH

1. PT. PLN (persero) cabang Manokwari unit pembangkitan

2. Laboratorium jurusan teknik elektro fakultas teknik Unipa

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rehiara, A.B. Setiawan, S, Bawan, E.K. optimal Operation Scheme For Diesel Power Plants units of PT.PLN-Manokwari Branch Using Lagrange Multiplier Method. *Procedia Environmental Sciences* 17 (2013) 557-565
- [2] Rehiara, A.B., Bawan, E.K., Wihyawari B.R. Optimal Scheduling of Fossil-Fuel Power Plant in Anticipating peak Load Demand: A Case Study in PT. PLN Manokwari. 4th International Conference on Sustainable Future for Human Security, Sustain 2013.
- [3] Sartika Veronika Angdrie, L.S Patras, H.Tumaliang, F.Lisi. Optimalisasi Biaya Bahan Bakar untuk Penjadwalan Unit-Unit pada pembangkit Thermal Sistem Minahasa dengan Metode Iterasi Lamda, 2012. Jurusan Teknik Elektro-FT Unsrat.
- [4] Yulianto Mariang, L.S Patras, M. Tuegeh, H. Tumaliang. *Optimalisasi Penjadwalan Pembangkit Listrik di Sistem Sorong*. 2012. Jurusan Teknik Elektro-FT. UNSRAT
- [5] M. Djiteng. *Pembangkitan Energi Listrik*. Jakarta: Erlangga. 2005
- [6] Saadat, Hadi. *Power System Analysis*. Mexico City: McGrawhill. 1999.
- [7] Zhu, Jizhong. *Optimization of Power System Operation*. John Wiley & Son, Inc. Hoboken, New Jerse Canada. 2009.
- [8] Harun, *Perancangan Pembangkit Tenaga Listrik*. Universitas Hasanuddin, Makassar, 2011
- [9] Thalib, F., Handayani, T.P., Kanata, S. Optimasi pembangkit Ekonomis pada Unit-Unit Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Telaga Menggunakan Modifikasi Particle Swarm Optimization. *Electrichsan*, 2014