

OPTIMASI KEBIJAKAN PEMIKULAN BEBAN BERSAMA UNTUK MENGHEMAT PEMAKAIAN BAHAN BAKAR DI PLTU GRESIK BERDASARKAN MODEL ECONOMIC DISPATCH

Hadi Suroso
Program Studi Teknik Elektro – Universitas Muhammadiyah Gresik
hadi@umg.ac.id

ABSTRAK

Perhatian semua orang terhadap penghematan energi dan pencemaran lingkungan hidup membawa dampak suatu keharusan penerapan metode optimasi dalam pengoperasian suatu sistem tenaga listrik, karena itu penelitian ini mencoba menerapkan metode Economic Dispatch, yaitu metode yang menentukan optimum power yang harus didispatch oleh suatu unit pembangkit.

Dalam penelitian ini, dikembangkan suatu model Economic Dispatch yang ramah pengguna (user friendly) dengan menggunakan software LabVIEW. Kemudian data dari PLTU Gresik disimulasikan dan akhirnya dapat dibuktikan bahwa penerapan metode ini menghasilkan penghematan biaya sekitar 8,5% bila dibandingkan dengan cara proporsional serta 12,3% bila dibandingkan dengan cara yang dilakukan di lapangan.

Kata Kunci: *Energi Management Systems, Economic Dispatch, Optimasi*

A. PENDAHULUAN

Optimasi adalah suatu usaha untuk mendapatkan hasil terbaik dalam suatu kondisi tertentu. Dalam desain, konstruksi, dan perawatan dari segala sistem teknik, dalam setiap tahap pengambilan keputusan para sarjana teknik harus mempertimbangkan aspek teknologi dan managerial. Tujuan utama dari keseluruhan pengambilan keputusan adalah meminimalkan usaha yang dibutuhkan atau memaksimalkan keuntungan yang diinginkan. Sebab usaha yang dibutuhkan atau keuntungan yang diinginkan dalam dunia nyata dapat diekspresikan dalam suatu fungsi variable-variable keputusan tertentu, sehingga optimasi dapat didefinisikan sebagai suatu proses untuk menemukan suatu kondisi yang memberikan harga maksimum atau minimum dari suatu fungsi tersebut (Rao, 1996).

Dalam bidang tenaga listrik, aplikasi optimasi telah dilakukan secara luas terutama pada masalah-masalah penjadwalan (*unit Commitment*), dan pemikulan beban bersama secara ekonomis (*Economic Dispatch*) (Wood dan Wollenberg, 1996). Tujuan utama dari optimasi ini adalah meminimalkan biaya operasi, terutama biaya bahan bakar.

Kenyataannya, meskipun suatu mesin itu identity, dikarenakan oleh pengaruh jam kerja dan umur pakai yang tidak sama, lambat laun unit mesin tersebut akan berubah pula karakteristik *fuel rate function*nya. Konsekuensinya, kalau mesin tersebut tetap dioperasikan paralel dengan pemikulan beban secara proporsional, akan terjadi ketidakekonomisan dari segi pemakaian bahan bakar.

B. ECONOMIC DISPATCH

Power generation dispatch yang biasanya dikenal dengan *economic dispatch* (ED) adalah suatu permasalahan yang mengasumsikan bahwa jika ada N generator unit yang sudah terhubung ke suatu sistem. Tujuan utamanya adalah untuk menentukan kebijakan operasional yang optimum untuk N unit tersebut (Wood dan Wollenberg, 1996).

Permasalahan *economic dispatch* dapat diformulasikan dalam bentuk model optimasi (Rao, 1996):

$$\text{Cari } \mathbf{X} = \begin{Bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{Bmatrix} \text{ yang meminimalkan/memaksimalkan } f(\mathbf{X}) \quad (1)$$

$$\text{s.t. : } \begin{array}{ll} g_j(\mathbf{X}) \leq 0 & j = 1, 2, \dots, m \\ l_j(\mathbf{X}) = 0 & j = 1, 2, \dots, p \end{array}$$

dengan : \mathbf{X} = vektor n-dimensi
 $f(\mathbf{X})$ = *objective function*
 $g_j(\mathbf{X})$ = pertidaksamaan *constraint*
 $l_j(\mathbf{X})$ = persamaan *constraint*

Masukan (*input*) dari model tersebut adalah maksimum dan minimum kapasitas, kebutuhan bahan bakar rata-rata, dan harga bahan bakar dari setiap unit generator. Keluaran (*output*) dari model tersebut adalah kebijakan pemikulan beban dari masing-masing unit. Dalam hal ini fungsi *Lagrangian* dipergunakan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut.

F_t adalah *objective function* yang besarnya adalah total biaya untuk mensupply beban yang ada. Sehingga permasalahan optimasi disini adalah meminimalkan F_t .

$$\begin{aligned} \text{Min : } F_t &= F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_N \\ &= \sum_{i=1}^N F_i(P_i) \end{aligned} \quad (2)$$

Constraint dari permasalahan ini adalah total dari keluaran power harus sama dengan besarnya kebutuhan beban.

$$\phi = 0 = P_{\text{load}} - \sum_{i=1}^N P_i \quad (3)$$

Constraint kedua adalah keluaran power dari masing-masing unit harus lebih besar atau sama dengan power minimum yang diijinkan dan juga harus lebih kecil atau sama dengan power maksimum yang diijinkan (Huang, 1999).

$$P_{i,\min} \leq P_i \leq P_{i,\max} \quad (4)$$

Untuk membentuk *necessary condition* untuk harga puncak dari *objective function*, tambah fungsi batasan ke *objective function* setelah sebelumnya dikalikan terlebih dahulu dengan suatu *undetermined multiplier* λ . Hal ini dikenal dengan fungsi *Lagrange*.

$$\mathcal{L} = F_T + \lambda\phi \quad (5)$$

Necessary condition untuk harga puncak dari *objective function*:

- Turunan pertama dari fungsi *Lagrange* terhadap tiap-tiap *independent variabelnya*.
- Set harga turunan tersebut sama dengan nol.

Dalam hal ini ada $N+1$ variabel, yaitu N harga dari keluaran power, P_i , ditambah dengan *undetermined multiplier Lagrange*. Turunan dari fungsi *Lagrange* terhadap *undetermined multiplier* pada dasarnya kembali kepada persamaan batasan. Di sisi lain, N persamaan yang dihasilkan dari hasil turunan parsial terhadap output power, dapat menghasilkan satu set persamaan berikut,

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial P_i} = \frac{dF_i P_i}{dP_i} - \lambda = 0 \quad (6)$$

$$0 = \frac{dF_i}{dP_i} - \lambda$$

Yaitu, *necessary condition* untuk keberadaan suatu biaya operasi yang minimum untuk suatu power system adalah rata-rata kenaikan biaya untuk setiap unit yang sama dengan *undetermined value*, λ .

Untuk *necessary condition* ini kita harus menambahkan persamaan batasan-batasan dengan:

- Jumlah dari keluaran power harus sama dengan power yang dibutuhkan oleh beban.
- Keluaran power setiap unit harus lebih besar atau sama dengan power minimum yang diijinkan dan juga harus lebih kecil atau sama dengan power maksimum yang diijinkan.

Necessary condition ini dan pertidaksamaan *constraint* dapat diringkas dalam satu set persamaan berikut,

$$\frac{dF_i}{dP_i} = \lambda \quad N \text{ persamaan}$$

$$P_{i,\min} \leq P_i \leq P_{i,\max} \quad 2N \text{ pertidaksamaan} \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^N P_i = P_{load} \quad 1 \text{ constraint}$$

Jika permasalahannya mengandung pertidaksamaan *constraint*, maka *necessary condition* bisa diperluas menjadi,

$$\begin{aligned} \frac{dF_i}{dP_i} &= \lambda && \text{untuk } P_{i,\min} \leq P_i \leq P_{i,\max} \\ \frac{dF_i}{dP_i} &\leq \lambda && \text{untuk } P_i = P_{i,\max} \\ \frac{dF_i}{dP_i} &\geq \lambda && \text{untuk } P_i = P_{i,\min} \end{aligned} \quad (8)$$

Setelah power yang *dispatch* ditemukan, total cost dihitung berdasarkan rumus berikut

$$\sum_{i=1}^N \{ (A_i + B_i \times P_i + C_i \times P_i^2) \times \text{fuel}_i \} \quad (9)$$

dengan :

A,B,C = konstanta

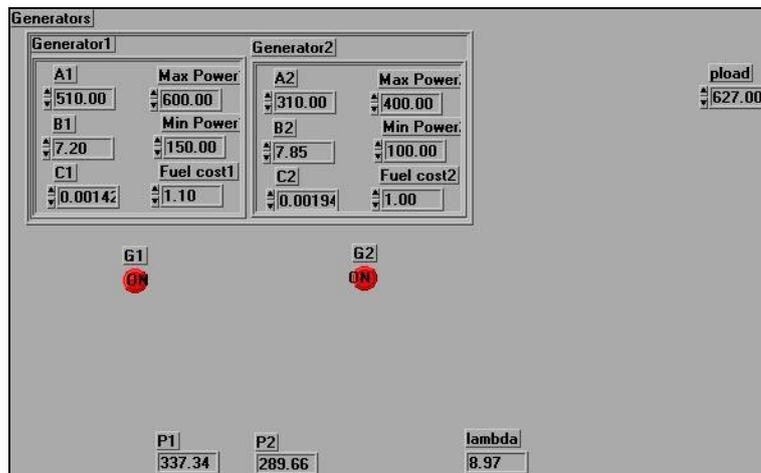
P_i = power yang *dispatch* untuk unit i

fuel_i = harga bahan bakar untuk unit i

i = indeks untuk unit-unit generator = 1, 2,, N.

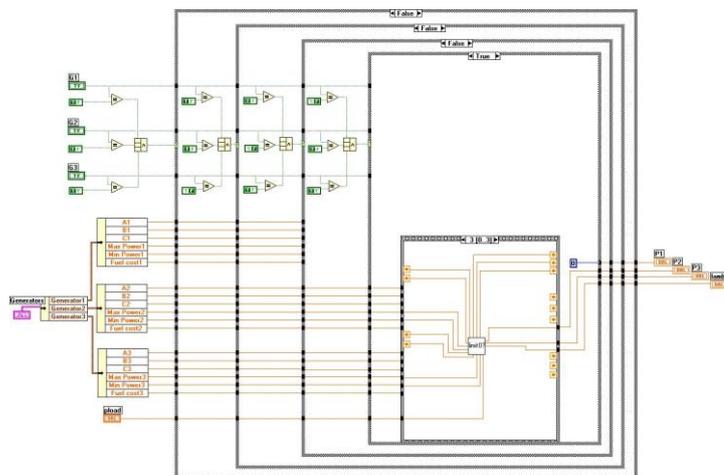
PEMODELAN

Model *Economic Dispatch* menggunakan metode *Lagrangian* telah dikembangkan dengan software LabVIEW (Suroso dkk., 2000; Suroso dkk., 2002; Masroeri dan Suroso 2002). Tampilan *Front Panel* dan *Block Diagram* dari model *Economic Dispatch* dapat dilihat seperti dalam Gambar 1 dan Gambar 2.

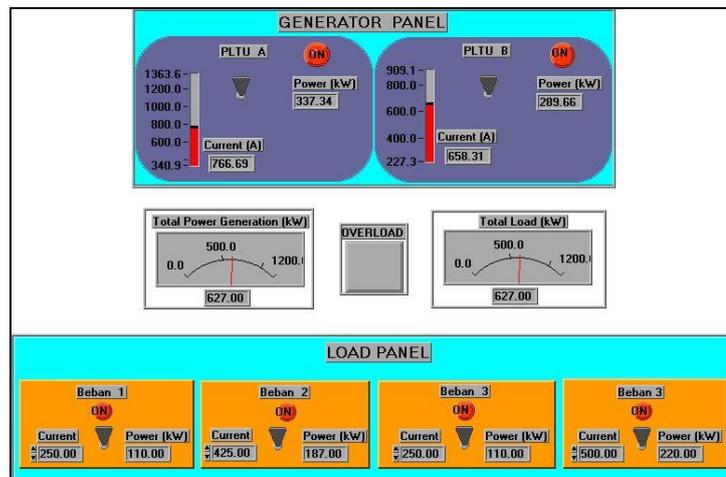


Gambar 1. Front Panel Model *Economic Dispatch*

Kemudian dikembangkan suatu model simulasi *Economic Dispatch* yang user friendly yang terdiri dari generator panel PLTUA dan PLTUB dan empat beban seperti terlihat dalam gambar 3. Dengan mensimulasikan saklar beban maka power yang didispatch akan muncul di generator panel.



Gambar 2. Block Diagram Model *Economic Dispatch*



Gambar 3. Model Simulasi Economic Dispatch yang User Friendly

SIMULASI

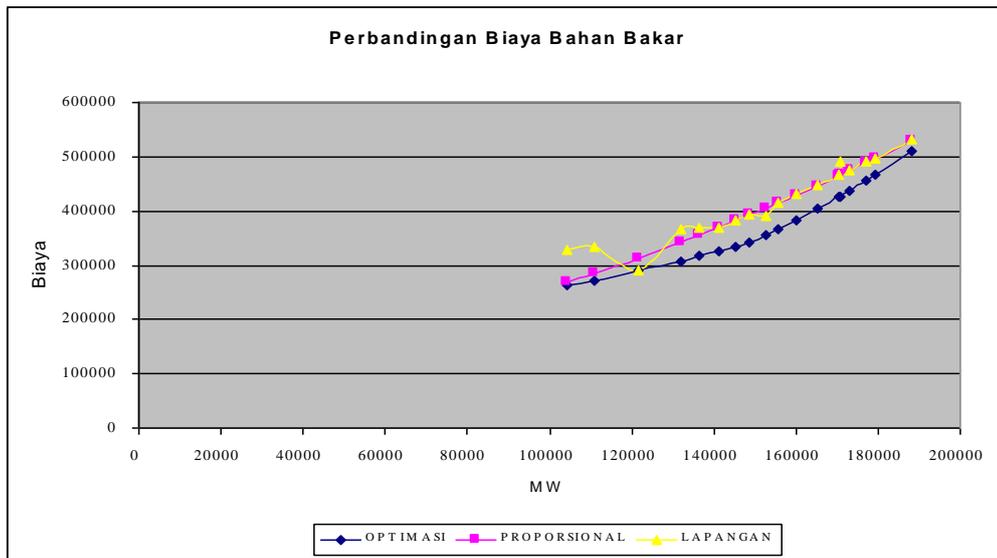
Untuk PLTU A dihasilkan persamaan karakteristik input-output $1,1 \cdot 10^{-5} X^2 + 0,0808X + 65881,1$ dengan nilai F hitung 7.45 dan signifikansi 0,002. Hal ini mengindikasikan model sudah bagus dan dapat dipergunakan untuk proses analisis.

Untuk PLTU B, dengan nilai F hitung 75.95 dan signifikansi 0,00. Ini berarti bahwa model dapat menjelaskan kontribusi variable bebas terhadap variable terikat dengan persamaan $2,2 \cdot 10^{-5} X^2 + 1,3166X + 40366,8$.

Tabel 1. Konstanta Persamaan Karakteristik Input-output

KONSTANTA	PLTU A	PLTU B
A	6588,11	40366,8
B	0,0808	1,3166
C	0,000011	0,000022

Data konstanta dari persamaan karakteristik input-output dimasukkan pada front panel dalam gambar 1 dengan memberikan data asumsi untuk minimum power adalah 50 MW, maksimum power 100 MW, dan harga bahan bakar satu satuan mata uang. Hasil simulasi dari Model Economic Dispatch yang membandingkan ketiga hasil perhitungan biaya bahan bakar tadi dapat digambarkan dalam grafik berikut,



Gambar 4 Perbandingan Perhitungan Biaya Bahan Bakar

Dari gambar 4 dapat dilihat bahwa hasil optimasi dengan model Economic Dispatch menghasilkan penghematan biaya bahan bakar yang sangat signifikan, baik bila dibandingkan dengan cara pengoperasian yang proporsional maupun cara yang dipakai di lapangan selama ini, seperti yang diilustrasikan dalam tabel 5 berikut,

No	Beban (MW)	Penghematan yang dicapai	
		Vs Proporsional	Vs Lapangan
1	104,250.00	4,913.90	64,074.83
2	110,833.33	12,329.51	61,083.81
3	121,541.67	23,882.39	781.51
4	131,833.33	34,391.41	58,393.40
5	136,583.33	39,045.24	52,161.99
6	141,125.00	43,378.91	44,605.05
7	145,208.33	47,178.38	47,592.24
8	148,625.00	50,287.06	52,397.81
9	152,625.00	50,525.14	35,121.26
10	155,541.67	49,197.50	49,874.53
11	159,916.67	46,767.40	48,905.33
12	165,083.33	43,219.70	45,397.89
13	170,375.00	38,825.23	39,930.80
14	170,750.00	38,484.59	64,902.90
15	173,166.67	36,196.60	37,247.15
16	177,208.33	32,011.23	34,216.58
17	179,250.00	29,726.19	31,338.22
18	188,000.00	18,634.80	21,971.60

Tabel 5 Penghematan yang Dicapai dari Penerapan Model Economic Dispatch

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini mengembangkan suatu model *Economic Dispatch* yang ramah pengguna (*user friendly*) dengan menggunakan software LabVIEW. Dari hasil simulasi dapat dicatat hal-hal penting sebagai berikut:

1. Biaya yang paling rendah dihasilkan dari perhitungan dengan menggunakan metoda economic dispatch, sedangkan metoda proporsional sedikit lebih rendah bila dibandingkan dengan metoda yang dipakai di lapangan (penghematan biaya sekitar 8,5% bila dibandingkan dengan cara proporsional serta 12,3% bila dibandingkan dengan cara yang dilakukan di lapangan).
2. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan metoda optimasi dalam pengoperasian sistem tenaga listrik adalah sesuatu yang harus dilakukan karena terbukti dapat menghemat secara signifikan biaya operasi terutama biaya bahan bakar.

Penelitian-penelitian lanjutan tentang penerapan metode optimasi dalam pengoperasian sistem tenaga listrik hendaknya terus digalakkan, dengan memperhatikan beberapa hal, antara lain:

1. Pemilihan sample yang lebih banyak, dikarenakan sistem tersebut adalah merupakan satu kesatuan, sehingga perlu mengambil keseluruhan unit sebagai satu kesatuan objek penelitian.
2. Penggunaan dual bahan bakar dalam satu waktu yang bersamaan dalam satu unit pembangkit memerlukan perhatian khusus, dikarenakan belum banyak literatur yang mengaddress masalah ini, terutama yang berkaitan dengan karakteristik input-outputnya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Huang, S. (1999), Enhancement of Thermal Unit Commitment Using Immune Algorithms Based Optimisation Approaches, *Electrical Power and Energy Systems*, Vol. 21, pp. 245-252.
2. LabView. (1998), User Manual for Windows, National Instruments Corp.
3. Masroeri, A. A. and Suroso, H. (2002), "An Optimisation Approach toward Onboard Energy Management Systems: Demand Side Modelling for An Integrated Supply and Demand Side Model", 7th Seminar on Marine Transportation Engineering and JSPS Meeting in Japan, Hiroshima University, JAPAN, pp. 351- 357.
4. Rao, S.S. (1996), *Engineering Optimization: Theory and Practice*, 3rd Edition, John Wiley & Sons, Inc.
5. Suroso, H., Masroeri, A. A. and Penangsang, O. (2002), "Optimisation Approach toward Onboard Energy Management System: An Integrated Model for Supply and Demand Sides", The 68th Annual Meeting of JIME, Osaka JAPAN, pp. 88-93.
6. Suroso, H., Penangsang, O., and Mesbahi, E. (2000), "Onboard Energy Management Systems: Simulation of Supply Side Based on Unit Commitment and Economic Dispatch Models", The Second Regional Conference on

Marine Technology for Sustainable Development in an Archipelago Environment, MARTEC 2000, Surabaya, INDONESIA, pp. 118-127.

7. Wood, A.J. and Wollenberg, B.J. (1996), Power Generation, Operation, and Control, 2nd Edition, John Wiley & Sons, Inc.