

# STUDI OPTIMASI OPERASI PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK DENGAN METODE PEMROGRAMAN DINAMIK

Ahmad Rosyid Idris<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Lecturer of Bosowa polytechnic

## Abstrak

*Suatu sistem tenaga listrik mencakup tiga bagian utama, yakni pusat pembangkit tenaga listrik, saluran transmisi dan sistem distribusi. Sistem dikatakan baik bila ketiga bagian di atas bekerja secara optimal, andal dan ekonomis. Pada penelitian ini akan dibahas penjadwalan pembangkitan energi listrik dan aspek ekonominya. Dalam pembangkitan energi listrik, minimalisasi biaya operasi menjadi sangat penting. Minimalisasi biaya operasi pembangkit merupakan permasalahan optimalisasi di mana penjadwalan produksi pembangkit harus dilakukan dengan sebaik-baiknya. Pembangkit dengan biaya operasi paling kecil harus dimaksimalkan penggunaannya dan pembangkit dengan biaya operasi paling besar, penggunaannya diminimalkan. Namun, pemanfaatan pembangkit biaya terkecil ini selalu dibatasi oleh keterbatasan sumber daya, seperti kapasitas maksimum setiap pembangkit, permintaan energi listrik yang harus di penuhi, keandalan, pemakaian bahan bakar, maupun margin reserve untuk setiap pembangkit.*

*Kondisi di atas menuntut dilakukannya penjadwalan dengan metode yang tepat sehingga menghasilkan biaya operasi pembangkit dengan seminimal mungkin. Pemrograman dinamik menjadi salah satu metode yang digunakan untuk menyusun koordinasi operasi pembangkit termal. Dengan Keunggulan yang dimilikinya, penerapan Pemrograman dinamik dalam penjadwalan pembangkit listrik termal Sistem Tenaga Listrik Sulawesi Selatan pada tanggal 04 April 2010 antara pukul 01.00 sampai pukul 24.00 menghasilkan kombinasi optimum dengan biaya yang minimum dengan total penghematan biaya operasi pembangkitan sebesar Rp.491.772.687,8 sedangkan pada tanggal 13 April 2010 diperoleh penghematan biaya sebesar Rp. 199.555.602,9*

## A. PENDAHULUAN

Kemajuan dan perkembangan teknologi dewasa ini memberikan konsekuensi di antaranya kebutuhan akan tenaga listrik yang semakin meningkat, baik yang bersangkutan dengan kebutuhan listrik rumah tangga maupun untuk industri. Bahkan bisa dikatakan bahwa energi listrik tidak dapat dipisahkan dari kehidupan masyarakat. Tenaga listrik kini merupakan landasan bagi kehidupan modern, dan tersedianya dalam jumlah dan mutu yang cukup, menjadi syarat bagi

suatu masyarakat yang memiliki taraf kehidupan yang baik dan perkembangan industri yang maju.

Di Indonesia, listrik merupakan salah satu yang sangat penting dalam kebutuhan rumah tangga maupun dalam dunia industri. Kelistrikan merupakan salah satu faktor dalam menunjang program pemerintah sehingga pembangunan nasional dapat tercapai. Selain digunakan sebagai sumber energi pada pusat-pusat pemukiman / komersial, energi listrik merupakan kebutuhan industri yang paling

dominan dan merupakan kunci energi bagi kehidupan masyarakat modern, sehingga pemanfaatan potensial energi perlu dikembangkan.

Pengoperasian beberapa unit pembangkit dalam suatu pusat pembangkit memerlukan manajemen yang baik. Khususnya dalam pembebanan dan jumlah daya yang harus disumbangkan oleh suatu unit pembangkit atau suatu pusat pembangkit kedalam system harus diatur dengan baik. Manajemen pengoperasian yang ekonomis dapat menghemat biaya produksi daya terutama biaya bahan bakar.

Dalam pengoperasian system untuk keadaan beban bagaimanapun, sumbangan daya dari suatu pusat pembangkit dan dari setiap unit pada pusat pembangkit tersebut harus ditentukan sedemikian rupa sehingga biaya yang diserahkan menjadi minimum (William D. Stevenson, Jr. 1983).

Pada tesis ini yang akan dijelaskan adalah analisa pembebanan pembangkit listrik pada sistem Sulawesi Selatan Barat dengan metode pemrograman dinamik. Dalam hal ini adalah perancangan suatu sistem pembebanan pembangkit listrik yang efektif sehingga beban yang dihasilkan pembangkit listrik dapat tersalurkan dengan baik dengan biaya yang minimum.

## **B. LANDASAN TEORI**

### **a. Sistem Tenaga Listrik**

Suatu sistem tenaga listrik terdiri dari tiga bagian utama, yaitu pusat pembangkit, saluran transmisi, dan sistem distribusi. Pembangkitan, yaitu produsen tenaga listrik, dilakukan dalam pusat tenaga listrik atau sentral, menggunakan penggerak mula dan generator. Transmisi atau penyaluran, adalah memindahkan tenaga listrik dari pusat tenaga listrik ke gardu induk, yang terletak berdekatan dengan suatu pusat pemakaian berupa kota atau industri besar.

Biaya operasi dari sistem tenaga listrik pada umumnya merupakan bagian biaya yang terbesar dari biaya operasi suatu perusahaan listrik. Secara garis besar biaya operasi dari suatu sistem tenaga listrik terdiri dari dari :

- a. Biaya pembelian tenaga listrik
- b. Biaya pegawai
- c. Biaya bahan bakar dan material operasi
- d. Biaya lain-lain

Dari keempat biaya tersebut di atas, biaya bahan bakar pada umumnya adalah biaya yang terbesar. Untuk PLN biaya bahan bakar adalah kira-kira 60 persen dari biaya operasi keseluruhan.

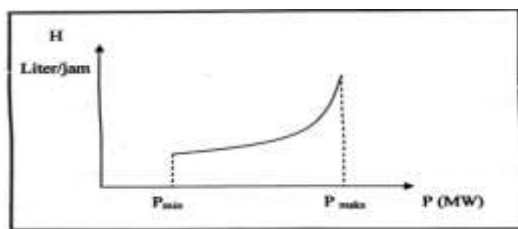
Mengingat hal-hal tersebut di atas maka operasi sistem tenaga listrik perlu

dikelola atas dasar pemikiran manajemen operasi yang baik terutama karena melibatkan biaya operasi yang terbesar dan juga karena langsung menyangkut citra PLN kepada masyarakat. Manajemen operasi sistem tenaga listrik haruslah memikirkan bagaimana menyediakan tenaga listrik yang seekonomis mungkin dengan tetap memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- a. Perkiraan beban (load forecast)
- b. Syarat-syarat pemeliharaan peralatan
- c. Keandalan yang diinginkan
- d. Alokasi beban dan produksi pembangkit yang ekonomis

**b. Karakteristik Input-Output Pembangkit Termal**

Karakteristik input-output pembangkit termal adalah karakteristik yang menggambarkan hubungan antara input bahan bakar (liter/jam) dan output yang dihasilkan oleh pembangkit (MW) pada gambar di bawah ini:



Gambar II. 1 Karakteristik Input-Output Pembangkit Termal

Kurva input-output pembangkit dapat diperoleh dengan beberapa cara, yaitu:

1. Pengetesan karakteristik

2. Berdasarkan data operasi
3. Berdasarkan data dari pabrik

Pada umumnya karakteristik input-output pembangkit termal didekati dengan fungsi polinomial orde dua yaitu:

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

dimana:

$H_i$  = input bahan bakar pembangkit termal ke-i (Liter/jam)

$P_i$  = output pembangkit termal ke-i (MW)

$\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$  = konstanta input-output pembangkit termal ke-i

Penentuan parameter  $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$  membutuhkan data yang berhubungan dengan input bahan bakar  $H_i$ , dan output pembangkit  $P_i$ . Kemudian data tersebut diolah dengan menggunakan Metode Kuadrat Terkecil (*Least-Square Method*). Cara untuk mendapatkan persamaan karakteristik input-output pembangkit termal berdasarkan data operasi atau pengetesan karakteristik adalah sebagai berikut:

1. Mencatat pemakaian bahan bakar  $H_i$  untuk menghasilkan daya listrik sebesar  $P_i$ .
2. Mengulangi langkah di atas untuk beberapa harga  $H_i$  dan  $P_i$ .
3. Data yang diperoleh dari pengamatan di atas diolah dengan menggunakan metode kuadrat terkecil untuk mendapatkan persamaan input-

output pembangkit listrik tenaga termal.

Metode kuadrat terkecil digunakan untuk menyusun suatu persamaan pendekatan menjadi suatu fungsi tertentu yang dihasilkan dari data pengamatan.

### c. Distribusi Beban Sistem Tenaga Listrik dengan Mengabaikan Rugi-Rugi Transmisi

Dalam suatu pusat pembangkit umumnya terdapat lebih dari satu pembangkit. Untuk melakukan pembagian beban di antara pembangkit-pembangkit yang berdekatan letaknya, rugi-rugi transmisi dapat diabaikan walaupun kenyataannya rugi-rugi tetap ada.

Biaya bahan bakar dan daya pembangkit-pembangkit tenaga listrik dari suatu sistem tenaga listrik dengan mengabaikan rugi-rugi transmisi dapat dinyatakan sebagai berikut:

$F_T$  = biaya bahan bakar total (Rp/Jam)

$F_i$  = biaya bahan bakar pada pembangkit ke-i (Rp/jam)

$P_T$  = daya output total pembangkit (MW)

$P_R$  = beban sistem tenaga listrik (MW)

$P_i$  = daya output pembangkit ke-i yang optimal (MW)  
 $i = 1, 2, 3, \dots, n$  (jumlah unit pembangkit)

### d. Optimasi beban termis

Penyelesaian subproblem termis yaitu penentuan kombinasi pembebanan diantara unit-unit pembangkit termis tiap satu jam. Subproblem termis dipecahkan dengan tujuan agar didapat biaya bahan bakar yang minimal dengan menggunakan metode *Dynamic Programming* dalam mencari alternatif yang optimum berupa kombinasi unit pembangkit termis yang terbaik untuk melayani beban tertentu.

*Dynamic Programming* adalah suatu cara pemecahan persoalan untuk mencari keluaran yang optimal dari berbagai alternatif (G. Hadley, 1964: 350-358), dalam hal ini ialah unit pembangkit, yang bisa untuk memenuhi suatu beban tertentu. Dalam metode ini, meminimalan biaya dilakukan secara bertahap dimana dilakukan terhadap biaya minimum unit 1 yang sudah ditambah dengan biaya unit ke-2. Dari perhitungan ini didapatkan biaya minimum dari dua unit pembangkit serta keluaran unit ke-2. kemudian dilakukan meminimalan untuk tiga unit. Demikian seterusnya hingga didapatkan biaya minimum untuk m unit pembangkit ( $m =$  jumlah unit pembangkit) yang terdapat dalam sistem serta keluaran masing-masing unit tersebut. Keuntungan dari penggunaan metode ini adalah dengan mengetahui cara optimal untuk pengoperasian m unit pembangkit, maka

dengan mudah dapat ditentukan cara optimal pengoperasian dari  $(m + 1)$  unit pembangkit.

Perumusan pengoptimalan biaya pembebanan dengan metode *Dynamic Programming* (DP) dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$F_M(X) = \text{Minimumkan}[f_M(Y) + F_{M-1}(X-Y)]$$

Dengan batasan – batasan:

$$Y \in Y_M \quad (X-Y) \in X_{M-1}$$

$$Y_M = \{Y \mid Y=0 \text{ atau } Y_{M\min} \leq Y \leq Y_{M\max}\}$$

$$X_{M-1} = \{X \mid X = 0 \text{ atau } X_{(M-1)\min} \leq X \leq X_{(M-1)\max}\}$$

$$X_{(M-1)\min} = \text{Minimumkan} [Y_{1\min}, Y_{2\min}, \dots, Y_{M\min}]$$

$$X_{(M-1)\max} = (X_{1\max} + X_{2\max} + \dots + X_{M\max})$$

Dimana:

$F_M(X)$  : Biaya bahan bakar minimum M unit pembangkit dengan beban sebesar X MW (Rp / Jam)

$F_M(Y)$  : Biaya bahan bakar unit pembangkit ke - M dengan beban sebesar Y MW (Rp / Jam)

$F_{M-1}(X-Y)$  : Biaya bahan bakar minimum (M-1) unit pembangkit dengan beban sebesar (X-Y) MW (Rp / Jam)

$Y_{M\min}$  : Keluaran minimum unit pembangkit ke-M (MW)

$Y_{M\max}$  : Keluaran maksimum unit pembangkit ke-M (MW)

Dengan menggunakan persamaan dari kurva biaya bahan bakar, maka perhitungan biaya pembebanan dapat dilakukan. Tetapi, sebelum perhitungan dilakukan harus ditentukan terlebih dahulu nomor-nomor unit. Penomoran dilakukan dengan cara:

1. Harus selalu diingat adanya batas pembebanan minimum dan maksimum ( $Y_M \min$  &  $Y_M \max$ ) pada masing-masing unit pembangkit.
2. Sebagai unit ke-1, dipilih unit pembangkit dengan keluaran minimum yang terkecil.
3. Untuk nomor-nomor unit selanjutnya, urutan dibuat berdasarkan pada unit dengan besar keluaran maksimum yang terkecil sampai unit dengan keluaran maksimum terbesar.

Langkah-langkah perhitungan optimasi pembebanan unit-unit pembangkit termis adalah sebagai berikut:

1. Tentukan dahulu step kenaikan ( $\delta$ ) yang sama antara harga X dan Y;
2. Apabila hanya terdapat sebuah unit pembangkit termis ( $M=1$ ) dalam sistem, maka beban sistem hanya dapat dilayani oleh satu-satunya unit pembangkit termis tersebut, sehingga biaya bahan bakar minimum dapat ditulis menjadi:

$$F_1(X) = f_1(X)$$

3. Kemudian dengan  $M=2$ , yaitu apabila terdapat dua unit pembangkit termis, maka biaya bahan bakar minimum dapat diperoleh dengan:

$$F_2(X) = \text{Minimumkan} [ f_2(Y) + F_1(X-Y) ]$$

Dengan batasan-batasan:

$$X = 0 \text{ atau } Y_{1\text{min}} \leq X \leq (Y_{1\text{maks}} + Y_{2\text{maks}})$$

$$Y = 0 \text{ atau } Y_{2\text{min}} \leq Y \leq Y_{2\text{maks}}$$

Untuk mencapai nilai minimum pada suatu harga  $X$  MW tertentu yaitu  $F_2(X)$ , maka pernyataan  $f_2(Y) + F_1(X-Y)$  dihitung terlebih dahulu dengan urutan sebagai berikut:

- a. Dipilih beban sistem  $X$  mulai dari nilai yang sekecil mungkin, kemudian harga  $X$  tersebut dibagi untuk unit pembangkit ke-1 sebesar  $(X-Y)$  MW dan untuk unit pembangkit ke-2 sebesar  $Y$  MW. Kemudian dengan mengubah-ubah harga  $Y$  dengan variasi  $\delta$ , didapatkan nilai yang minimum ( $F_2(X)$ );
- b. Dipilih beban sistem  $X$  yang lebih besar dan dilakukan kembali proses perhitungan seperti butir 1 di atas;
- c. biaya bahan bakar minimum dapat dihitung yaitu:  $F_2(0)$ ,  $F_2(Y_{M\text{min}})$ ,  $F_2(Y_{M\text{min}} + \delta)$ ,  $F_2(Y_{M\text{min}} + 2\delta)$ ,  $F_2(Y_{M\text{min}} + 3\delta)$ , ...,  $F_2(Y_{M\text{maks}} + Y_{M-1\text{maks}})$ . Sehingga didapatkan komposisi beban unit 1 dan unit 2

yang menghasilkan biaya bahan bakar minimum untuk berbagai beban sistem.

4. Untuk  $M=3, 4, \dots$  dan seterusnya dapat dihitung dengan cara yang sama sehingga diperoleh  $F_3(X)$ ,  $F_4(X)$ , ...,  $F_M(X)$ . Dari proses perhitungan di atas, akan ditentukan keluaran masing-masing unit pembangkit untuk menanggung beban sistem tertentu.

### C. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini perancangan program dilakukan dengan menggunakan program Matlab dan visual basic untuk mempermudah dalam proses perhitungan.

MATLAB merupakan bahasa pemrograman dengan performansi tinggi untuk komputasi numerik dan visualisasi. Kombinasi kemampuan, fleksibilitas, reability dan powerful grafik membuat MATLAB menjadi program yang sangat cocok digunakan untuk teknik elektro. MATLAB merupakan suatu bahasa pemrograman sederhana dengan fasilitas yang jauh lebih hebat dan lebih mudah digunakan dari bahasa pemrograman lain, seperti BASIC, Pascal, atau PC, melalui kemampuan grafisnya, MATLAB menyediakan banyak pilihan untuk visualisasi data. MATLAB adalah suatu lingkungan untuk membuat aplikasi dimana anda dapat membuat antarmuka

grafis dan menyediakan pendekatan visual untuk menyelesaikan program-program tertentu. Lebih dari itu MATLAB menyediakan sekelompok alat penyelesaian masalah untuk problem-problem khusus, yang dinamakan Toolbox. Sebagai contoh menyediakan Control System Toolbox, Signal Processing Toolbox, Symbolic Math Toolbox dan bahkan anda dapat membuat toolbox sendiri.

MATLAB mengintegrasikan komputasi, visualisasi dan pemrograman dalam ruang yang mudah digunakan dimana masalah dan solusi diekspresikan dalam notasi matematika yang umum. MATLAB adalah sebuah sistem interaktif dimana elemen dasar data berupa array yang tidak perlu definisi dimensi. Ini memberikan kebebasan untuk menyelesaikan banyak masalah komputasi teknik, terutama yang berkaitan rumus vektor dan matriks.

Dalam penelitian ini Matlab digunakan untuk menghitung beberapa kasus, antara lain :

1. Menghitung persamaan input-output pembangkit termal sistem Sulawesi Selatan.
2. Menghitung persamaan biaya pembangkitan tiap pembangkit termal berdasarkan kapasitasnya.

Selain MATLAB bahasa pemrograman lain yang digunakan pada penelitian ini adalah Visual Basic. Visual basic ini sangat cocok digunakan untuk membuat program atau aplikasi dalam dunia bisnis, oleh karena itu bahasa pemrograman ini digunakan untuk menghitung optimasi biaya pembangkitan dengan pemrograman dinamis.

## **D. HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **a. Kondisi Kerja**

Untuk mengetahui hasil analisis pembebanan pembangkit listrik pada sistem Sulawesi Selatan Dan Barat digunakan program komputer. Dalam hal ini digunakan program *Matlab*. Hasil analisis optimisasi Hidro Termis didapat dari penjadwalan unit pembangkit.

Dengan menggunakan program *Matlab*, diperoleh hasil perhitungan biaya bahan bakar untuk unit - unit pembangkitan termis dan jadwal kerja unit - unit pembangkit termis sistem Sulawesi Selatan dan Barat.

Operasi ekonomis ialah proses pembagian atau penjatahan beban total kepada masing-masing unit pembangkit, seluruh unit pembangkit dikontrol terus menerus dalam interval waktu tertentu sehingga dicapai pengoperasian yang optimal, dengan demikian pembangkitan

tenaga listrik dapat dilakukan dengan cara yang paling ekonomis.

Konfigurasi pembebanan atau penjadwalan pembangkit yang berbeda dapat memberikan biaya operasi pembangkit yang berbeda pula, tergantung karakteristik masing-masing unit pembangkit yang dioperasikan. Ada beberapa metode penjadwalan pembangkit dalam usaha menekan biaya operasi, yakni:

1. Berdasarkan umur pembangkit
2. Berdasarkan rating daya pembangkit
3. Berdasarkan kriteria peningkatan biaya produksi yang sama

#### **b. Pemilihan Metode OPTimasi**

Sekarang metode yang berdasarkan umur pembangkit dan rating pembangkit tidak dipakai lagi, karena penjadwalan tidak berdasarkan kriteria ekonomis. Pembebanan yang lebih besar pada pembangkit yang lebih baru dan daya guna yang lebih tinggi tidak akan menghasilkan biaya pengoperasian yang lebih minimum.

Permasalahan yang di hadapi pada jadwal kerja terdiri dari 2 masalah yang saling berkaitan seperti telah dijelaskan pada rumusan masalah, kedua masalah tersebut adalah:

1. Unit commitment
2. Economic dispatch

Kedua masalah ini dalam mencari solusinya terdapat beberapa metode.

Metode yang paling sering digunakan adalah

#### • **Bagan daftar prioritas**

Metode ini merupakan suatu metode penyelesaian unit commitment yang paling sederhana. Bagan daftar prioritas dibuat berdasarkan biaya produksi rata-rata pada beban penuh (rupiah/ MWh) dari tiap unit dan diurutkan berdasarkan nilai biaya produksi tersebut. Nilai biaya produksi rata-rata pada beban penuh adalah nilai panas bersih (net heat rate) pada beban penuh dikali dengan biaya bahan bakar. Unit yang dioperasikan pertama adalah unit yang memiliki biaya produksi terendah dan yang paling akhir adalah unit yang memiliki biaya produksi termahal.

#### • **Pemrograman dinamik**

Pada metode ini, minimasi biaya dilakukan secara bertahap. Proses optimasi ini mula-mula dilakukan satu unit dari system, setelah diperoleh biaya minimum pada keluaran optimal unit 1, kemudian dilakukan minimasi untuk 2 unit. Demikina seterusnya sampai diperoleh biaya minimum unit ke  $-N$  yang terdapat pada system dan keluaran masing-masing unit. Untuk itu perlu diketahui batas-batas operasional dari masing-masing unit dan batas kapasitas dari system.

#### • **Relaksasi langrange**

Aplikasi dari teknik optimalisasi ganda (dual optimization) disebut “relaksasi langrange”. Disebut optimalisasi ganda karena fungsi  $F_t$  yang diminimalkan dibatasi oleh pembatas lainnya.

Maka dari penjelasan beberapa metode diatas untuk Penyelesaian subproblem termis yaitu penentuan kombinasi pembebanan diantara unit-unit pembangkit termis tiap satu jam, Subproblem termis dapat dipecahkan dengan tujuan agar didapat biaya bahan bakar yang minimal dengan menggunakan metode *Dynamic Programming* dalam mencari alternatif yang optimum berupa kombinasi unit pembangkit termis yang terbaik untuk melayani beban tertentu.

### c. Persamaan Biaya Bahan Bakar Pembangkit Termal

Seluruh PLTD dan PLTG menggunakan HSD (*High Speed Diesel*) dengan harga perliternya = Rp. 6.290,90,-. Sedangkan PLTU menggunakan bahan bakar MFO (*Marine Fuel Oil*) dengan harga per liternya = Rp. 5.029,20,-. Di mana harga baha bakar yang digunakan adalah harga bahan bakar industri.

Persamaan biaya bahan bakar dari pembangkit-pembangkit tersebut diperoleh dengan mengalikan persamaan input-output pembangkit dengan harga bahan bakarnya.

Misalnya, untuk tello 2 dengan persamaan input-output yaitu:  $145,3125 + 394,1P + 0,16P^2$  (Liter/Jam), dengan harga bahan bakar yang digunakan Rp. 6.290,90. Maka diperoleh persamaan biaya bahan bakar:

$$(165.75 + 409.5P + 5.7P^2) \times \text{Rp. } 6.290,90 \\ = 747589,2188 + 2027526,27P + 823,152P^2$$

Persamaan biaya bahan bakar selengkapnya untuk semua pembangkit termal sebagai berikut:

No	unit pembangkit	Persamaan biaya bahan bakar
1	tello 2	$1042716.67 + 2576123.55 P + 35858.13 P^2$
2	GE#1	$714 + 567.4P - 3.2941P^2$
3	Mitsubishi	$432 + 66.2P + 12.5P^2$
4	SWD 1	$144 + 207.4 P + 5.33P^2$
5	Palopo	$101.625 + 151.65 P + 30.5P^2$
6	Masamba	$231.525 + 172.2P + 9.7959P^2$
7	Suppa	$2070 + 178.6 P + 0.4P^2$
8	sewatama1	$307.6088 + 151.3 P + 10.5548 P^2$
9	sewatama2	$359.2238 + 151.5P + 8.5747P^2$
10	GE#2	$617.625 + 477.25P - 4.1667P^2$
11	Bulukumba	$206.25 + 124P + 23.1818P^2$
12	Cgndo	$558 + 174.5P + 1.375P^2$
13	jenepono	$744.975 + 128 P + 7.426P^2$
14	aggreco	$771.975 + 160 P + 2.7397 P^2$
15	mamuju	$23.6 + 192.37 P + 65.6438P^2$

### d. Perbandingan Biaya Pembangkitan

jam	beban termal	biaya pembangkitan		selisih
		Pln	dp	
01.00	42.4	91667796.82	56929134.56	34738662.26
02.00	25.85	78069209.02	34973554.69	43095654.33
03.00	21.2	71554403.97	30356734	41197669.97
04.00	21.2	71554403.97	30356734	41197669.97
05.00	21.2	71554403.97	30356734	41197669.97
06.00	29.2	79126367.49	38353564.34	40772803.15
07.00	33.2	83008909.89	41213289.36	41795620.53
08.00	45.2	95042779.65	52753292.68	42289486.97
09.00	85.6	145547602.8	117533727.4	28013875.41
10.00	98.05	165271481.2	145206145.3	20065335.87
11.00	117.1	198181418.3	199074135.1	-892716.786
12.00	121.1	202300679.3	212487199.4	-10186520.1
13.00	115.7	195868703.6	197723518.3	-1854814.68
14.00	98.4	173502204.8	145878559.7	27623645.14
15.00	109.92	189960735.7	181597108.1	8363627.552
16.00	114.5	195088313.5	193704082	1384231.478
17.00	109.6	189230580.5	181267493.2	7963087.256
18.00	144.8	244171703.2	243181529.6	990173.6162
18.30	162.95	294278469.1	291866044.8	2412424.331
19.00	178.6	352757048	350922505.2	1834542.871
19.30	182.7	369213120.8	366062029.5	3151091.363
20.00	178.42	344124278.2	350625977.9	-6501699.7
20.30	171.09	326885658.9	325185893.8	1699765.087
21.00	159.96	280285657.3	288572793.9	-8287136.65
21.30	145.48	248191443.1	231583466.5	16607976.59
22.00	117.18	202713154.9	195099342.5	7613812.371
23.00	81.15	138526984.4	107251441.8	31275542.56
24.00	60.07	114995157	80783949.82	34211207.14
Jumlah		5212672669	4720899982	491772687.8

Dari data pada Tabel terlihat jelas perbedaan biaya penjadwalan antara hasil perhitungan dengan pemrograman dinamik dengan realisasi operasi pembangkit termal sistem Sulawesi Selatan dari data PLN.

Secara keseluruhan, total penghematan biaya pembangkitan dengan Penjadwalan Pemrograman Dinamik

dalam 1 hari pada tanggal 04 April 2010 adalah Rp. 491.772.687,8. Sedangkan total penghematan biaya pembangkitan pada tanggal 13 April 2010 adalah sebesar Rp. 199.555.602,9

Dari hasil perhitungan beban harian diatas maka kita dapat melihat rencana operasi jangka pendek dan jangka menengah. Yang dimaksud operasi jangka menengah adalah rencana operasi yang memandang persoalan system sedikitnya satu tahun yang akan datang, seperti jadwal pemeliharaan peralatan dalam system dan penambahan jumlah pembangkit. Sedangkan masalah optimasi hidro termis yang telah diuraikan diatas serta jadwal operasi unit- unit pembangkit merupakan rencana operasi jangka pendek.

Rencana operasi jangka pendek tidak dapat lepas dari apa yang telah direncanakan dalam rencana operasi jangka menengah. Misalnya dalam menyusun jadwal pemeliharaan unit pembangkit tahunan, harus sudah diusahakan agar unit-unit pembangkit hidro siap beroperasi maksimum pada musim hujan dan unit-unit pembangkit termis siap beroperasi maksimum di musim kemarau.

Namun pada penelitian hanya dibatasi pada operasi jangka pendek dimana yang dilakukan adalah

penjadwalan unit-unit pembangkit yang beroperasi dengan menggunakan metode dynamic programming. Kelebihan dari metode ini adalah perhitungan dalam mencari pengoperasian unit yang optimal dilakukan setahap demi setahap yang didasar pada prinsip optimal recursive, dengan kata lain bahwa masalah optimasi yang besar dapat diselesaikan dengan cara memecah masalah tersebut menjadi beberapa masalah sehingga lebih mudah diselesaikan. Selain itu, perhitungan dengan dynamic programming bisa dilakukan jauh hari sebelum diperoleh perkiraan beban dengan tetap memperhatikan jadwal pemeliharaan unit-unit pembangkit dan penambahan jumlah pembangkit atau dengan kata lain dapat dilakukan rencana operasi jangka menengah.

## E. KESIMPULAN

Dengan menggunakan metode dynamic programming dapat menentukan kombinasi urutan pengoperasian (penjadwalan) pembangkit termal sehingga diperoleh biaya yang ekonomis.

Dengan menggunakan Dynamic Programming untuk menyelesaikan subproblem termis, diperoleh alternatif pembebanan antar unit pembangkit termis yang ekonomis. Selain itu, perhitungan dengan Dynamic Programming bisa

dilakukan jauh hari sebelum diperoleh perkiraan beban (kapanpun) dengan tetap memperhatikan jadwal pemeliharaan unit-unit pembangkit. Dengan kata lain dengan metode ini dapat membantu dalam rencana operasi jangka menengah.

Dari hasil penelitian, Setelah membandingkan hasil penjadwalan pemrograman dinamik dengan realisasi operasi pembangkit hidro dan termal Sistem Tenaga Listrik Sulawesi Selatan diperoleh penghematan biaya pembangkitan pada hari Selasa, tanggal 04 April 2010 sebesar Rp. 491.772.687,8

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] **Hawary, M. E. El**, *Optimal Economic Operation of Electric Power Systems*, Academic Press, New York San Fransisco London
- [2] **Icl dro Hano, Dr. Eng**, *Operating Characteristics of Electric Power Systems*, Denki Shoin Publishing Company, Tokyo
- [3] **Kirchmayer, Leon K**, *Economic Operation of Power Systems*, Hohn Wilev and Sons, Inc., New York London Sydney
- [4] **Lowery, P. G**, *Generating Unit Commitment*, IEE, May 1966
- [5] **Marsudi, Djiteng**, *Operasi Sistem Tenaga Listrik*, Edisi Kedua, Penerbit Graha Ilmu, Jakarta, 2006

- [6] **Marsudi, Djiteng**, *Pembangkitan Energi Listrik*, Penerbit Erlangga, 2005
- [7] **Momoh, James A**, *Electric Power Application of Optimalization*, Marcel Dekker, Inc., New York, 1984
- [8] **Stevenson, William D., Jr.**, *Analisis Sistem Tenaga Listrik*, Edisi Keempat, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1996
- [9] **Stevenson, William D., Jr.**, *Elemen of Power System Analysis*, International Student Edition
- [10] **Wood, Allen J. and Bruce F. Wollenberg**, *Power Generation, Operation and Control*, John Wiley & Sons, New Y

