

Analisa Economic Dispatch Pada Unit Pembangkit Menggunakan Metode Iterasi Lambda Berdasarkan Base Point And Participation Factors

Nyimas Putri Pertiwi ^{#1}, Syahrizal ^{#2}, Ramdhan Halid Siregar ^{#3}

[#] Teknik Elektro dan Komputer, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No.7, Banda Aceh 23111, Indonesia

¹20a07a95@gmail.com

²syahrizal.ee@unsyiah.ac.id

³ ramdhan_halid@yahoo.com

Abstrak— Suatu pengoperasian sistem tenaga listrik yang optimal diperlukan terutama pada sisi pembangkitan agar memperoleh biaya pembangkitan yang optimum dan ekonomis. Pengoperasian sistem tenaga listrik dipengaruhi oleh pembagian pembebanan pada unit-unit pembangkit, sehingga diperlukan analisis *economic dispatch* pada unit pembangkit. Sebelumnya telah dilakukan penelitian penjadwalan dengan menggunakan metode iterasi lambda yang menawarkan solusi berupa perhitungan biaya bahan bakar tanpa mempertimbangkan daya faktor partisipasi Jam sebelumnya. Pada penelitian ini metode iterasi lambda yang didasarkan pada *base point and participation factor* digunakan sebagai penyelesaian permasalahan *economic dispatch* unit pembangkit, yang memberikan solusi baik berupa pengoperasian sistem tenaga listrik yang optimal maupun perhitungan biaya bahan bakar pembangkit. Metode iterasi lambda yang didasarkan pada *base point and participation factor* dalam menyelesaikan permasalahan *economic dispatch* memberikan total biaya yang lebih ekonomis serta pengoperasian unit pembangkit yang lebih optimal. Total biaya yang dihasilkan dengan melakukan metode iterasi lambda yang didasarkan pada *base point and participation factor* sebesar Rp. 234.594.350.

Kata Kunci— Operasi Sistem Tenaga, Optimasi Operasi Pembangkit, Iterasi Lambda, *Base Point and Participation Factors*, *Economic Dispatch*.

I. PENDAHULUAN

Permasalahan pengoperasian sistem tenaga listrik pada unit pembangkit merupakan suatu permasalahan yang sering terjadi, karena pertumbuhan jumlah penduduk yang terus berkembang menyebabkan konsumsi listrik yang besar semakin meningkat. Proses pembangkitan tenaga listrik memerlukan biaya yang sangat besar dan setiap unit pembangkit memiliki karakteristik yang berbeda-beda dalam hal biaya, sehingga diperlukan suatu pengoperasian yang optimal untuk memenuhi kebutuhan beban. Suatu pengoperasian yang optimal sangat dipengaruhi oleh pembagian pembebanan (*economic dispatch*) yang memenuhi kebutuhan pembebanan serta memiliki biaya bahan bakar yang ekonomis.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan pembagian pembebanan (*economic dispatch*) ini adalah dengan menggunakan metode iterasi lambda yang berdasarkan pada *base point and participation factors*. Iterasi lambda merupakan suatu metode yang lebih sederhana dalam penyelesaian permasalahan *economic dispatch*, dengan menentukan nilai λ terlebih dahulu kemudian dengan menggunakan syarat optimum dihitung P_i (output setiap pembangkit). Dengan menggunakan batasan kapasitas pembangkit, diperiksa apakah jumlah total dari output sama dengan beban sistem, bila belum harga λ ditentukan kembali [11].

Dalam penelitian ini, metode iterasi lambda yang berdasarkan pada *base point and participation factors* digunakan untuk memperoleh atau mendapatkan pembagian pembebanan (*economic dispatch*) yang optimal dengan biaya pembangkitan yang ekonomis.

II. DASAR TEORI

A. Operasi Sistem Tenaga Listrik

Operasi sistem tenaga merupakan suatu proses operasi untuk menghasilkan daya listrik mulai dari suatu pembangkitan, penyaluran transmisi, distribusi sampai ke beban konsumen. Pada dasarnya, operasi sistem tenaga listrik meliputi beberapa aspek yaitu karakteristik pembangkit tenaga listrik, *economic dispatch*, *Unit Commitment*, serta koordinasi *hidro-thermal*. Tujuan utama operasi sistem tenaga listrik adalah untuk memenuhi kebutuhan secara efisien (beban terpenuhi dengan biaya yang optimum dan ekonomis) dengan mempertimbangkan keandalan yang memenuhi standar keamanan lingkungan serta dapat melayani permintaan secara *continue* dari waktu ke waktu [5].

Terdapat beberapa persoalan dalam pengoperasian sistem tenaga listrik. Salah satu penyebab timbulnya persoalan ini karena pemakaian tenaga listrik selalu berubah dari waktu ke waktu, biaya bahan bakar yang relatif tinggi serta kondisi alam dan lingkungan yang sering mengganggu jalannya

operasi [8]. Biaya operasi dari sistem tenaga listrik pada umumnya merupakan bagian biaya yang terbesar dari biaya operasi suatu perusahaan listrik, Sehingga untuk mendapatkan solusi operasi ekonomis sistem tenaga listrik maka diperlukan konfigurasi penjadwalan unit pembangkit yang berbeda dapat memberikan biaya operasi yang berbeda berdasarkan karakteristik dari masing-masing pembangkit.

Karakteristik input output pembangkit termal adalah karakteristik yang mendeskripsikan hubungan antara input yang berupa bahan bakar (liter/jam) dan output yang dihasilkan oleh pembangkit (MW) [3]. Biaya pengoperasian pembangkit tenaga listrik khususnya biaya bahan bakar yang digunakan digambarkan dalam fungsi kuadrat dari daya aktif yang dibangkitkan pada generator. hubungan antara input bahan bakar terhadap daya output yang dihasilkan pembangkit dapat dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$H_i = \alpha_i + \beta_i P_i + \gamma_i P_i^2 \quad (1)$$

Dengan:

H_i = Input bahan bakar pembangkit termal ke-i
 P_i = Output Pembangkit termal ke-i (MW)
 $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$ = Konstanta *input-output* pembangkit termal ke-i

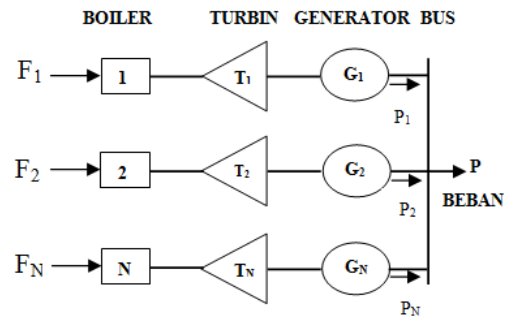
B. Optimasi Operasi Pembangkit

Terdapat dua pokok permasalahan dalam sistem operasi ekonomis pembangkitan pada sistem tenaga listrik, yaitu pengaturan unit pembangkit dan penjadwalan pembangkit. pengaturan unit pembangkit menggunakan metode *priority list* dibuat skema urutan prioritas, dimana metode pengoperasian unit pembangkit yang dilakukan berdasarkan total biaya rata-rata bahan bakar yang paling rendah. Sedangkan penjadwalan pembangkitan dilakukan guna menentukan besar daya yang harus disuplai dari tiap unit generator untuk memenuhi beban tertentu dengan cara membagi beban tersebut pada unit-unit pembangkit yang ada dalam sistem secara optimal ekonomis dengan tujuan meminimumkan biaya operasi pembangkitan [6].

C. Economic Dispatch Mengabaikan Rugi-rugi Transmisi dan Memperhatikan Kapasitas Pembangkit

Economic Dispatch adalah pembagian pembebanan setiap unit pembangkit sehingga diperoleh kombinasi unit pembangkit yang dapat memenuhi kebutuhan beban dengan biaya optimum atau dengan kata lain, untuk mencari nilai optimum dari *output* daya kombinasi unit pembangkit yang bertujuan untuk meminimalkan total biaya pembangkitan besar beban pada suatu sistem tenaga yang selalu berubah setiap periode waktu tertentu [12].

Masalah *Economic Dispatch* yang paling sederhana adalah kasus ketika kerugian transmisi diabaikan, yaitu tidak mempertimbangkan konfigurasi sistem dan impedansi *line*. Dalam *Economic Dispatch* ada dua batasan yang harus dipertimbangkan dalam proses komputasi yakni batas generator dan rugi-rugi transmisi.



Gambar 1 sistem n unit pembangkit diesel dengan mengabaikan rugi-rugi transmisi [4]

Keluaran daya dari generator seharusnya terbatas pada batas minimum dan maksimum yang diberikan. Batasan unit pembangkit dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P_{i(\min)} \leq P_i \leq P_{i(\max)} \quad i = 1, \dots, n \quad (2)$$

1) *Metode Iterasi Lambda*: Pada metode ini λ ditentukan terlebih dahulu, kemudian dengan menggunakan syarat optimum dihitung P_i (output setiap pembangkit). Dengan menggunakan batasan kapasitas pembangkit, diperiksa apakah jumlah total dari output sama dengan beban sistem, bila belum harga λ ditentukan kembali [11].

2) *Base Point And Participation Factors*: metode ini mengasumsikan bahwa masalah *economic dispatch* harus diselesaikan secara berulang dengan melihat penjadwalan yang optimal, yaitu dengan memindahkan unit pembangkit dari satu jadwal yang optimal secara ekonomis ke unit yang lain karena adanya perubahan beban yang kecil. Asumsikan bahwa turunan pertama dan kedua dari F' dan F'' tersedia, dengan perubahan beban sebesar ΔP_i , dan perubahan *incremental cost* dari λ^0 ke $\lambda^0 + \Delta\lambda$.

$$\Delta\lambda_i = \Delta\lambda \cong F''_i(\lambda^0) \Delta P_i \quad (3)$$

Untuk masing-masing unit N pada sistem, sehingga

$$\Delta P_N = \frac{\Delta\lambda}{F''_N} \quad (4)$$

Total perubahan beban (P_D) pada setiap unit pembangkit,

$$\Delta P_D = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \dots + \Delta P_N \quad (5)$$

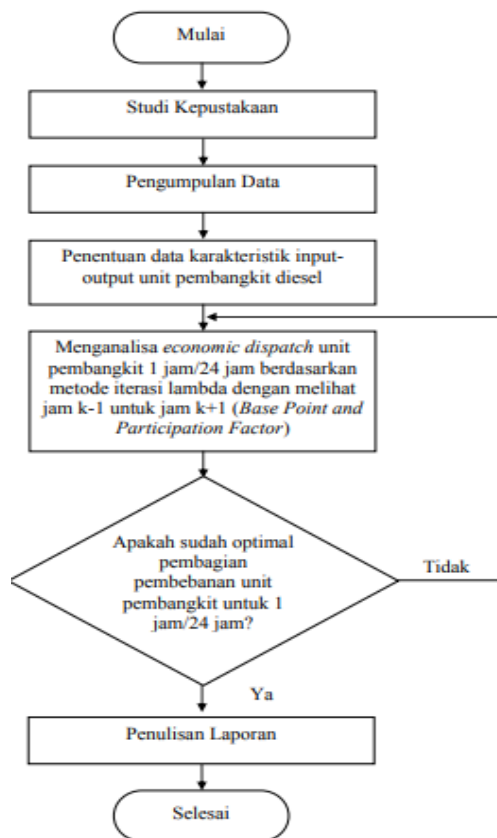
$$= \Delta\lambda \sum_i \frac{1}{F''_i} \quad (6)$$

Dari persamaan sebelumnya didapatkan untuk menentukan persamaan faktor partisipasi untuk masing-masing unit sebagai berikut,

$$\left(\frac{\Delta P_i}{\Delta P_D} \right) = \frac{\left(\frac{1}{F''_i} \right)}{\sum \left(\frac{1}{F''_i} \right)} \quad (7)$$

III. METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian yang digunakan dalam pengerjaan penelitian ini dapat dilihat pada *flowchart* berikut,



Gambar 2 Flowchart tahapan penelitian

A. Pengumpulan Data

Data pengujian yang diperoleh dari PT. PLN (PERSERO) Pusat Listrik Lueng Bata berupa data spesifikasi generator, kapasitas daya pembangkit terpasang, data rata-rata beban harian dalam satu bulan, data pembebanan maksimum dan minimum pembangkit pada bulan Maret 2017.

TABEL I
DATA SPESIFIKASI GENERATOR DIESEL YANG BEROPERASI

No	Merek Mesin	Type	Tahun Pembuatan	Daya Terpasang (kW)	Daya Mampu (kW)
1	SWD 6 TM BW	6TM 410RR	1978	2296	1800
2	SWD 6 TM HL	6TM 410RR	1984	3280	2500
3	SULZER 1	12 ZV 40/48	1985	6368	5400
4	SULZER 6	12 ZV 40/48	1985	6368	5400
5	WARTSILA 3	200/18V	2003	3450	3000

B. Perhitungan dengan Menggunakan Software Matlab

Perhitungan dengan menggunakan *Software Matlab* dilakukan untuk mendapatkan persamaan karakteristik *input-output* setiap pembangkit. Yang kemudian persamaan karakteristik *input-output* setiap pembangkit digunakan untuk menghitung karakteristik persamaan biaya bahan bakar serta laju pertambahan biaya bahan bakar. Perhitungan dengan menggunakan *Software Matlab* juga dilakukan untuk pembagian pembebanan pada unit pembangkit (*Economic Dispatch*) serta perhitungan biaya bahan bakar yang diperoleh baik sebelum dilakukan penjadwalan maupun setelah dilakukan penjadwalan pembangkit dengan metode daftar prioritas. Sehingga diperoleh suatu pengoperasian yang optimal dan ekonomis, yang dapat diimplementasikan pada unit pembangkit *thermal*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Input-output Unit Pembangkit Listrik Tenaga Diesel

Karakteristik *input-output* pembangkit diperoleh dari masukan daya yang dibangkitkan dan data konsumsi bahan bakar. Karena data bahan bakar yang diperoleh dalam satuan liter, maka harus dikonversikan dalam bentuk Btu (British Thermal Unit) atau MBTU (Million British Thermal Unit). Perhitungan karakteristik *input-output* pembangkit secara manual dilakukan untuk unit pembangkit 1 (SWD 6 TM BW) dengan menggunakan metode *least square* (kuadrat terkecil) polinom orde 2 yang dapat dilihat pada tabel 1 berikut:

TABEL II
PERHITUNGAN DENGAN METODE LEAST SQUARE

n	(X1)	(Y1)	(X1) ²	(X1) ³	(X1) ⁴	(X1)Y1	(X1)2Y1
1	0,244	2,59	0,06	0,0145	0,004	0,633	0,1545
2	0,296	3	0,088	0,0259	0,008	0,9289	0,2749
3	0,296	3	0,088	0,0259	0,008	0,9289	0,2749
4	0,296	3	0,088	0,0259	0,008	0,9289	0,2749
5	0,347	3,69	0,12	0,0418	0,014	1,2811	0,4446
6	0,347	3,69	0,12	0,0418	0,014	1,2811	0,4446
7	0,347	3,69	0,12	0,0418	0,014	1,2811	0,4446
8	0,376	4	0,141	0,0532	0,02	1,5041	0,5655
9	0,46	5	0,212	0,0973	0,045	2,261	1,0401
10	0,504	5	0,254	0,128	0,065	2,7025	1,3621
11	0,559	6	0,312	0,1747	0,098	3,3221	1,857
12	0,566	6	0,32	0,1813	0,103	3,3819	1,9141
13	0,676	7	0,457	0,3089	0,209	4,8341	3,2678
14	0,68	7,17	0,462	0,3144	0,214	4,8757	3,3155
15	0,826	9	0,682	0,5636	0,466	7,2067	5,9527
16	0,935	10	0,874	0,8174	0,764	9,2434	8,6426
17	0,99	10,5	0,98	0,9703	0,961	10,36	10,256
18	1,04	11,7	1,082	1,1249	1,17	12,153	12,639
19	1,106	11,7	1,223	1,3529	1,496	12,936	14,307
20	1,337	14,1	1,788	2,39	3,195	18,906	25,278
21	1,337	14,1	1,788	2,39	3,195	18,906	25,278
22	1,359	14,4	1,847	2,5099	3,411	19,529	26,54
23	1,4	14,8	1,96	2,744	3,842	20,759	29,063
24	1,4	14,8	1,96	2,744	3,842	20,759	29,063
n=24	17,72	188	17,03	19,082	23,16	180,9	202,66

Sehingga didapat:

$$\begin{aligned} n &= 24 & \sum x_i^3 &= 19,08243 & \sum x_i y_i &= 180,90391 \\ \sum x_i &= 17,724 & \sum x_i^4 &= 23,163774 & \sum x_i^2 y_i &= 202,65507 \\ \sum x_i^2 &= 17,026272 & \sum y_i &= 188,367 \end{aligned}$$

$$\begin{bmatrix} 24 & 17,724 & 17,026272 \\ 17,724 & 17,026272 & 19,026272 \\ 17,026272 & 19,08243 & 23,163774 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 188,367 \\ 180,90391 \\ 202,65507 \end{bmatrix}$$

Dari hasil perhitungan diatas, maka didapatkan persamaan karakteristik input-output pembangkit 1 (SWD 6 TM BW)

$$H_1 = -0,1015 + 10,9727P_1 - 0,216P_1^2 \text{ MBTU/Jam}$$

Persamaan karakteristik *input-output* unit pembangkit untuk setiap pembangkit lainnya dapat dilihat pada tabel dari hasil perhitungan menggunakan *software Matlab* berikut,

TABEL III
KARAKTERISTIK *INPUT-OUTPUT* UNIT PEMBANGKIT

Pembangkit	Unit	Karakteristik input-output pembangkit (MBTU/Jam)
SWD 6 TM BW	Unit 1	$H_1 = -0,1015 + 10,9727P_1 - 0,216P_1^2$
SWD 6 TM HL	Unit 2	$H_2 = -0,02 + 10,667 - 0,028P_2^2$
SULZER 1	Unit 3	$H_3 = -0,3608 + 10,8883P_3 - 0,1061P_3^2$
SULZER 6	Unit 4	$H_4 = -0,0358 + 10,7017P_4 - 0,0228P_4^2$
WARTSILA 3	Unit 5	$H_5 = 0,0335 + 10,4894P_5 + 0,3288P_5^2$

Dari persamaan karakteristik *input-output* unit pembangkit didapatkan karakteristik persamaan biaya bahan bakar unit pembangkit tenaga diesel berikut,

TABEL IV
KARAKTERISTIK PERSAMAAN BIAYA BAHAN BAKAR UNIT PEMBANGKIT TENAGA DIESEL

Unit	Karakteristik persamaan biaya bahan bakar(Rp/Jam)
Unit 1	$F_1 = -19287,44209 + 2085077,003 P_1 - 41045,19696 P_1^2$
Unit 2	$F_2 = -3800,4812 + 2026986,648 P_2 - 5320,67368 P_2^2$
Unit 3	$F_3 = -68560,68085 + 2069038,973 P_3 - 20161,55277 P_3^2$
Unit 4	$F_4 = -6802,861348 + 2033580,483 P_4 - 4332,548568 P_4^2$
Unit 5	$F_5 = 6365,80601 + 1993238,375 P_4 + 62479,91093 P_4^2$

B. Karakteristik Laju Pertambahan Biaya Bahan Bakar Unit Pembangkit Listrik Tenaga Diesel

Karakteristik laju pertambahan biaya bahan bakar diperoleh dari turunan pertama karakteristik persamaan biaya bahan bakar unit pembangkit tenaga diesel. Karakteristik laju pertambahan biaya bahan bakar unit pembangkit untuk kelima unit pembangkit tenaga diesel adalah sebagai berikut:

TABEL V
KARAKTERISTIK LAJU PERTAMBAHAN BIAYA BAHAN BAKAR (*Incremental Fuel Cost*) UNIT PEMBANGKIT TENAGA DIESEL

Pembangkit	Unit	Karakteristik persamaan biaya bahan bakar (Rp/MWh)
SWD 6 TM BW	Unit 1	$FF_1 = 2085077,03 - 82090,39392P_1$
SWD 6 TM HL	Unit 2	$FF_2 = 2026986,64 - 10641,34736P_2$
SULZER 1	Unit 3	$FF_3 = 2069038,973 - 40323,10554P_3$
SULZER 6	Unit 4	$FF_4 = 2033580,483 - 8665,097136P_4$
WARTSILA 3	Unit 5	$FF_5 = 1993238,375 - 124959,8219P_5$

C. Perhitungan Biaya Bahan Bakar Menggunakan Iterasi Lambda Yang Didasarkan Pada Base Point And Participation Factor

Perhitungan biaya bahan bakar dilakukan dengan menggunakan karakteristik *input-output* pembangkit, kapasitas maksimum dan minimum unit pembangkit termal, dan beban (P_D) yang ditanggung oleh setiap unit pembangkit. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan metode iterasi lambda, dimana dengan menggunakan metode ini akan ditentukan nilai λ , daya output masing-masing unit pembangkit dan biaya bahan bakar total (Rp/Jam). Perhitungan dilakukan dengan menggunakan *software Matlab*.

Perhitungan secara manual dilakukan untuk rata-rata per bulan hari Rabu jam 01.00 dengan beban 5,32 MW dapat dilihat sebagai berikut;

Pukul 01.00 pada hari Rabu dengan beban 5,32 MW (3 unit pembangkit yang beroperasi).

$$\begin{aligned} F_1 &= -19287,44209 + 2085077,003 P_1 - 41045,19696 P_1^2 \\ F_3 &= -68560,68085 + 2069038,973 P_3 - 20161,55277 P_3^2 \\ F_4 &= -6802,861348 + 2033580,483 P_4 - 4332,548568 P_4^2 \end{aligned}$$

Dengan batasan generator:

$$0,36 \leq P_1 \leq 1,8 \text{ MW}$$

$$0,4 \leq P_3 \leq 5,4 \text{ MW}$$

$$0,6 \leq P_4 \leq 5,4 \text{ MW}$$

Harga estimasi $\lambda^{(1)} = \max$ koefisien b =
Rp.2.085.077,003/MWh

$$P_1^{(1)} = \frac{2085077,003 - 2085077,003}{2(-41045,19696)} = 0$$

$$P_3^{(1)} = \frac{2085077,003 - 2069038,973}{2(-20161,55277)} = -0,3977$$

$$P_4^{(1)} = \frac{2085077,003 - 2033580,483}{2(-4332,548568)} = -5,94299$$

Dengan $P_D = 5,32$ MW

$$\Delta P^{(1)} = 5,32 - (0 - 0,3977 - 5,94299) = 11,66$$

$$\Delta \lambda^{(1)} = \frac{11,66}{\frac{1}{2(-41045,19696)} + \frac{1}{2(-20161,55277)} + \frac{1}{2(-4332,548568)}} = -76516,617$$

Maka persamaan lamda baru:

$$\lambda^{(2)} = \lambda^{(1)} + \Delta \lambda^{(1)} = 2085077,003 + (-76516,617) = 2008560,416$$

Proses iterasi terbaru

$$P_1^{(2)} = \frac{2008560,416 - 2085077,003}{2(-41045,19696)} = 0,9321$$

$$P_3^{(2)} = \frac{2008560,416 - 2069038,973}{2(-20161,55277)} = 1,4999$$

$$P_4^{(2)} = \frac{2008560,416 - 2033580,483}{2(-4332,548668)} = 2,887$$

$$\Delta P^{(2)} = 5,32 - (0,9321 - 1,4999 + 2,887) = 0$$

Jadi daya optimal dari masing-masing unit pembangkit adalah

$$P_1 = 0,9321 \text{ MW}$$

$$P_3 = 1,4999 \text{ MW}$$

$$P_4 = 2,887 \text{ MW}$$

Untuk menentukan daya optimal pada jam 02.00 dengan $P_D = 2,46$ MW dilihat dari jam sebelumnya yaitu jam 01.00 dengan menggunakan metode *base point and participation factors*. Daya optimal pada jam 01.00 sebagai P_{base} atau *base point* yang telah diperoleh dengan iterasi *lambda*.

Maka *participation factor* sebagai berikut:

$$\Delta P_D = \frac{1}{2(-41045,19696)} + \frac{1}{2(-20161,55277)} + \frac{1}{2(-4332,548668)} = -0,0001523869$$

$$\frac{\Delta P_1}{\Delta P_D} = \frac{\frac{1}{2(-41045,19696)}}{-0,0001523869} = 0,0799$$

$$\frac{\Delta P_3}{\Delta P_D} = \frac{\frac{1}{2(-20161,55277)}}{-0,0001523869} = 0,16$$

$$\frac{\Delta P_4}{\Delta P_D} = \frac{\frac{1}{2(-4332,548668)}}{-0,0001523869} = 0,757$$

$$\Delta P_D = 2,46 - 5,32 = -2,86$$

$$P_{inew} = P_{ibase} + \left(\frac{\Delta P_i}{\Delta P_D}\right) \Delta P_D$$

$$P_1 = 0,9321 + (0,0799)(-2,86) = 0,7$$

$$P_3 = 1,4999 + (0,16)(-2,86) = 1,04$$

$$P_4 = 2,887 + (0,757)(-2,86) = 0,72$$

Maka perhitungan biaya bahan bakar diperoleh dengan mengalikan masing-masing daya unit pembangkit dengan persamaan bahan bakarnya.

$$F_1 = -19287,4421 + 2085077,003P_1 - 41045,19696P_1^2 = -19287,4421 + 2085077,003(0,7) - 41045,19696(0,7)^2$$

$$= \text{Rp. } 1.420.154 \text{ /Jam}$$

$$F_3 = -68560,68085 + 2069038,973P_3 - 20161,55277P_3^2 = -68560,68085 + 2069038,973(1,04) - 20161,55277(1,04)^2$$

$$= \text{Rp. } 2.061.433 \text{ /jam}$$

$$F_4 = -6802,861348 + 2033580,483P_4 - 4332,548568P_4^2 = -6802,861348 + 2033580,483(0,72) - 4332,548568(0,72)^2$$

$$= \text{Rp. } 1.455.129 \text{ /jam}$$

$$F_T = F_1 + F_3 + F_4$$

$$= 1.420.154 + 2.061.433 + 1.455.129$$

$$= \text{Rp. } 4.936.717,68 \text{ /Jam}$$

Untuk perhitungan pada jam berikutnya juga melihat pada P_{base} dan *Participation Factor* berdasarkan jam sebelumnya, Pada jam 03.00 dengan $P_D = 1,86$ MW

$$\Delta P_D = 1,86 - 2,46 = -0,6$$

$$P_{inew} = P_{ibase} + \left(\frac{\Delta P_i}{\Delta P_D}\right) \Delta P_D$$

$$P_1 = 0,7 + (0,0799)(-0,6) = 0,6556$$

$$P_3 = 1,04 + (0,16)(-0,6) = 0,9368$$

$$P_4 = 0,72 + (0,757)(-0,6) = 0,268$$

Maka untuk F_T didapatkan,

$$F_T = F_1 + F_3 + F_4$$

$$= 1.319.532 + 1.852.073,34 + 537.885,53$$

$$= \text{Rp. } 3.719.142 \text{ /Jam}$$

Perhitungan biaya bahan bakar unit pembangkit dapat dilakukan dengan menggunakan *software Matlab*,

TABEL IV
HASIL PERHITUNGAN BIAYA BAHAN BAKAR DENGAN
MENGGUNAKAN METODE ITERASI LAMBDA YANG
DIDASARKAN PADA BASE POINT AND PARTICIPATION FACTOR

NO	JAM	BEBAN PEMBANGKIT (MW)	BIAYA PEMBANGKIT (RP)
1	01.00	5,32	10.708.028
2	02.00	2,46	4.936.718
3	03.00	1,86	3.719.142
4	04.00	1,86	3.719.142
5	05.00	1,86	3.719.142
6	06.00	1,86	3.719.142
7	07.00	1,86	3.719.142
8	08.00	1,86	3.719.142
9	09.00	1,86	3.719.142
10	10.00	1,86	3.719.142
11	11.00	2,06	4.125.263
12	12.00	1,72	3.434.701
13	13.00	1,76	3.515.983
14	14.00	3,46	6.968.165
15	15.00	4,84	9.752.327
16	16.00	4,94	9.957.416
17	17.00	5,84	11.771.855
18	18.00	8,34	16.794.133
19	19.00	10,08	20.274.162
20	20.00	10,58	21.271.821
21	21.00	10,58	21.271.821
22	22.00	10,58	21.271.821
23	23.00	10,58	21.271.821
24	24.00	8,7	17.515.181
JUMLAH		116,72	234.594.350

V. KESIMPULAN

Dari analisa pembagian pembebanan yang telah dilakukan dengan menggunakan metode iterasi lambda berdasarkan *Base Point And Participation Factor* menghasilkan pengoperasian unit pembangkit tenaga diesel yang optimal sesuai dengan kapasitas maksimum dan minimum pembangkit. Dengan memeriksa setiap daya 1 jam sebelumnya didapatkan konsumsi biaya bahan bakar yang lebih ekonomis.

Biaya yang lebih ekonomis untuk total konsumsi bahan bakar pada hari rabu (24 jam) didapatkan sebesar Rp.234.594.350. Sehingga dapat disimpulkan bahwa optimalisasi pembagian pembebanan (*economic dispatch*) menggunakan metode iterasi lambda berdasarkan *Base Point And Participation Factor* mampu memberikan hasil yang lebih ekonomis dari segi biaya bahan bakar.

REFERENSI

- [1] Delima, Syafli, "Operasi Ekonomis dan Unit Commitment Pembangkit Thermal pada Sistem Kelistrikan Jambi," Universitas Andalas, November. 2016, pp. 368-375.
- [2] Yulianto Mariang, L. S. Patras, ST.,MT, M. Tuegeh,ST.,MT, dan Ir. H. Tumaliang, MT, "Optimalisasi Penjadwalan Pembangkit Listrik di Sistem Sorong," Manado: Universitas Sam Ratulangi, 2011.
- [3] Maickel Tuegeh, Adi Soeprijanto, and Mauridhi Hery P, "Optimal Generator Scheduling Based On Particle Swarm Optimization," in *Proc. Seminar Nasional Informatika.*, May.23. 1999, pp. A25-A32.
- [4] Alen J. Wood dan Bruce F. Wollenberg, *Power Generation, Operation, and Control*, Edisi ke-2, New York: John Wiley & Sons, INC. 1996.
- [5] Prof. Dr. Ir. Nadjamuddin Harun, MS, *Bahan Ajar Perancangan Pembangkitan Tenaga Listrik*, Makassar: Universitas Hasanuddin, 2011.
- [6] Sayeed Salam, 2007, "Unit Commitment Solution Methods", World Academy of Science, Engineering and Technology 35.
- [7] Yang Tingfang T, O, Ting and Su Sheng, "Methodological Priority List (MPL) faor Unit Commitment Problem," *DPRT2008.*, April. 6-9. 2008, pp. 1-6.
- [8] Djiteng Marsudi, *Operasi Sistem Tenaga Listrik*, Jakarta: Penerbit Graha Ilmu, 2006.
- [9] D. Novandi, "Optimasi Penjadwalan Operasi PLTD pada PT. PLN (PERSERO) Sektor Nagan Raya Pusat Listrik Lueng Bata Banda Aceh dengan Menggunakan Metode Iterasi Lamda," Skripsi, Unsyiah, Banda Aceh, Indonesia, 2016.
- [10] Dr. Juan C. Olivares-Galvan, "Reduction of Losses in Distribution Transformers," in *Proc. IEEE Greece PES Chapter.*, Nov. 2010, pp. 30.
- [11] Gama, Nova dkk 2011, Aliran Daya Optimal Pada Sistem Minahasa
- [12] Angdrie, SV dkk 2011, *Optimasi Biaya Bahan Bakar Untuk Penjadwalan Unit-Unit Pembangkit Thermal Sistem Minahasa Dengan Metode Iterasi Lambda.*