

OPERASI EKONOMIS DAN UNIT COMMITMENT PEMBANGKIT THERMAL PADA SISTEM KELISTRIKAN JAMBI

Delima*, Syafii

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Andalas

*Corresponding author, e-mail : delimarara@gmail.com

Abstrak—Operasi ekonomis pada pembangkit tenaga listrik merupakan suatu aspek penting dalam manajemen sistem tenaga listrik khususnya operasi ekonomis, dalam makalah ini membahas tentang operasi ekonomis dan unit Commitment untuk koordinasi pembangkit sistem kelistrikan Jambi dengan menerapkan metode daftar prioritas. Data yang digunakan dalam makalah ini adalah pembangkit listrik tenaga termal pada bulan November 2015 dilakukan di Provinsi Jambi diperoleh hasil kurang ekonomis, untuk itu perlu adanya perhitungan pada operasi ekonomis untuk unit-unit pembangkit. Kombinasi yang dipilih adalah kombinasi yang menghasilkan biaya bahan bakar yang paling minimum. Pada pembebanan daya 235 MW dengan mengoperasikan 4 unit pembangkit yaitu PLTG Batanghari unit 1, PLTMG segai gelam unit 3, PLTG Sewa unit 6, PLTG Batanghari unit 2. Dengan biaya operasi sebesar Rp.102.864.238,65. Metode daftar prioritas dalam menyelesaikan permasalahan unit commitment memberikan hasil yang lebih yang lebih optimal dibandingkan dengan total biaya yang dikeluarkan oleh PT.PLN (Persero) Wilayah Jambi. Total biaya pembangkit dari PT.PLN (Persero) Wilayah Jambi Sebesar Rp.163.755.996,30 dengan demikian ada penghematan sebesar Rp. 60.891.757,65./bulan. Dari hasil pengolahan data ini maka operasi ekonomis pada pembangkit tenaga listrik di Provinsi Jambi perlu dikaji ulang agar lebih efisien dalam penggunaan energi listrik.

Kata Kunci : *Optimalisasi penjadwalan pembangkit , Operasi ekonomis, Kombinasi on/off daftar prioritas.*

Abstrak—Economical operation at power plants is an important aspect in the management of power system economic operation, his specialty in this paper discusses economic and operating unit Commitment to coordination of power plant electrical systems Jambi by applying method of the list of priorities. The data used in this paper is thermal power plant in November 2015 conducted in Jambi province retrieved results less economical, for it is need for calculation of economical operations for power generation units. The selected combination is the combination that produces the most fuel costs to a minimum. On the imposition of 235 MW power by operating unit 4 generating namely PLTG Batanghari unit 1, PLTMG segai gelam unit 3, unit 6, Rent PLTG PLTG Batanghari unit 2. With operating expenses amounted to Rp.,65.102.864.238 method of the list of priorities in solving unit commitment gives results which are more optimal as compared to the total costs incurred by PT. PLN (Persero) Area Of Jambi. The total cost of the plant from PT. PLN (Persero) Rp Jambi Region. 163,755,996.30 thus there are savings of Rp. 60,891,757.65. per mounth From the results of this data processing operations are economical in power plants in Jambi province need to be rethought to make it more efficient in the use of electrical energy.

Keywords : *Optimization of plant scheduling, economical operation, Combination of on / off priority list.*

Copyright © 2016 JNTE. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Suatu sistem pembangkit secara garis besar terdiri dari pembangkit listrik tenaga hidro dan pembangkit listrik tenaga termal. Kedua pusat listrik tersebut terinterkoneksi untuk melayani kebutuhan beban, Pembangkit listrik tenaga termal menggunakan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui. Karena itu memerlukan pengoperasian yang optimal agar tidak ada energi yang terbuang percuma.

Pada pembangkit dan penyaluran daya listrik ini selalu dilakukan pembangian pembeban pada unit pembangkit yang akan mensuplai beban[1]. Pertimbangan yang diambil untuk mencapai operasi ekonomis pada sistem tenaga, terdapat dua pokok permasalahan yang harus dipecahkan dalam operasi ekonomis pembangkit pada sistem tenaga listrik yaitu : pengaturan unit pembangkit (unit commitment) dan penjadwalan ekonomis (economic dispatch).

Unit commitment bertujuan untuk menentukan jadwal (schedule) on/off unit pembangkit yang paling optimun dioperasikan dalam memenuhi beban yang diperkirakan untuk mencapai biaya bahan bakar minimum rupiah [2].

2. LANDASAN TEORI

2.1. Pertimbangan Operasi Ekonomis

Operasi ekonomis ialah proses pembagian beban total kepada masing-masing unit pembangkit, seluruh unit pembangkit dikontrol terus menerus dalam interval waktu tertentu sehingga dicapai pengoperasian yang optimal, dengan demikian pembangkit tenaga listrik dapat dilakukan dengan cara paling ekonomis.

Pertimbangan yang diambil untuk mencapai operasi ekonomis pada sistem tenaga dapat dibagi atas dua bagian, yaitu :

1. *Economic Dispatch* yaitu pengaturan sistem pembangkit yang berkomitmen dalam melayani beban untuk meminimalisasi rugi-rugi saluran dan total biaya produksi.
2. *Unit commitment* yaitu menentukan jadwal (schedule) on/off pembangkit untuk dapat memenuhi kebutuhan beban.

2.2. Optimasi unit pembangkit thermal

Yang dimaksud dengan operasi ekonomis pembangkit *thermal* ialah proses pembagian atau penjadwalan beban total dari suatu sistem kepada masing-masing pusat pembangkitnya, sedemikian rupa sehingga jumlah biaya pengoperasian adalah seminimal mungkin. Seluruh pusat-pusat pembangkit dalam suatu sistem dikontrol terus menerus sehingga pembangkitan tenaga dilakukan dengan cara paling ekonomis.

2.3. Karakteristik Input-Output Pembangkit

Untuk menganalisis permasalahan mengenai operasi dalam sistem tenaga, khususnya masalah operasi ekonomis, diperlukan dasar tentang karakteristik *input-output* dari suatu unit pembangkit *thermal*. Karakteristik input output pembangkit *thermal* adalah karakteristik yang menggambarkan hubungan antara input bahan bakar (liter/jam) dan output yang dihasilkan oleh pembangkit (MW). Untuk menggambarkan karakteristik input output dapat dilihat pada Gambar 1, yang menunjukkan karakteristik *input-output* suatu

unit pembangkit tenaga uap yang ideal. *Input* unit yang ditunjukkan pada sumbu ordinat adalah kebutuhan energi panas (MBtu/jam) atau biaya total per jam (R/jam). *Output*nya adalah *output* daya listrik dari unit tersebut. Untuk masalah operasi ekonomis, biasanya kurva karakteristik input output pembangkit didekati dengan persamaan *polynomial* tingkat dua (kuadrat) persamaannya :

$$H_i = a_i + \beta_i PT_i + \gamma PT_i^2 \quad (1)$$

Dimana :

H = Input Pemakaian bahan bakar(Liter/Jam)

P = Daya listrik yang dibangkitkan(MW)

α, β, γ = Konstanta-konstanta

2.4. Economic Dispatch

Kenaikan biaya produksi (*Incremental production Cost*) didefinisikan sebagai perubahan biaya bahan bakar yang terjadi bila terjadi perubahan daya listrik yang dibangkitkan. Perubahan jumlah bahan bakar yang terjadi karena perubahan keluaran, didefinisikan sebagai IFR

(*Incremental Fuel Rate*), Persamaan matematisnya adalah :

$$\text{Incremental fuel (IFR)} = \frac{\Delta F}{\Delta P} \quad (2)$$

Incremental Fuel Rate ini jug dapat dinyatakan dengan kurva yang disebut kurva laju kenaikan biaya bahan bakar atau *Incremental Fuel Cost* (IFC) dengan cara mengalikan IFR dengan biaya bahan bakarnya.

$$\text{IFC} = \text{IFR} \times \text{Fuel Cost} \frac{\text{rupiah}}{\text{MWh}} \quad (3)$$

Konfigurasi yang akan dipelajari dalam bagian ini. Sistem ini terdiri dari N thermal-unit pembangkit yang terhubung ke satu bus-bar yang menyajikan menerima beban listrik P_{load} . Input ke setiap unit, ditampilkan sebagai 4, mewakili tingkat biaya unit. Output dari setiap unit, adalah daya listrik yang dihasilkan oleh unit tertentu. Tingkat total biaya sistem ini, tentu saja jumlah dari biaya dari masing-masing unit individu. Kendala penting pada operasi dari sistem ini adalah bahwa jumlah kekuatan keluaran harus sama dengan permintaan beban.

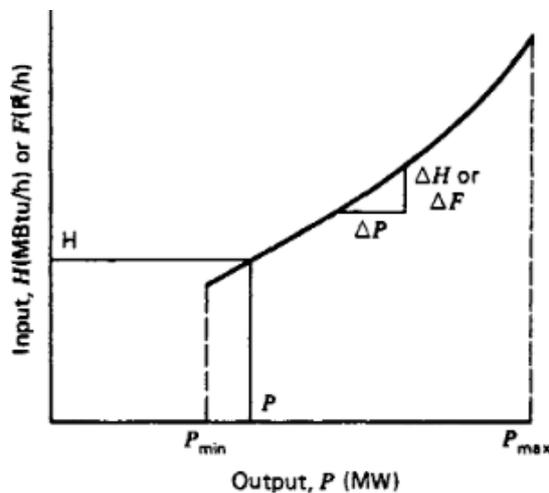
Matematis berbicara, masalah dapat dinyatakan sangat ringkas. Artinya fungsi tujuan

F_T , adalah sama dengan biaya total untuk memasok beban ditunjukkan. Masalahnya adalah untuk meminimalkan F_T , pada kendala bahwa jumlah kekuatan yang dihasilkan harus sama dengan beban yang diterima. Perhatikan bahwa kerugian transmisi diabaikan dan batasan operasi tidak secara eksplisit dinyatakan ketika merumuskan masalah ini, Itu adalah:

$$F_T = F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_N \tag{4}$$

$$= \sum_{i=1}^N F_i(P_i)$$

$$\phi = 0 = P_{load} - \sum_{i=1}^N P_i \tag{5}$$

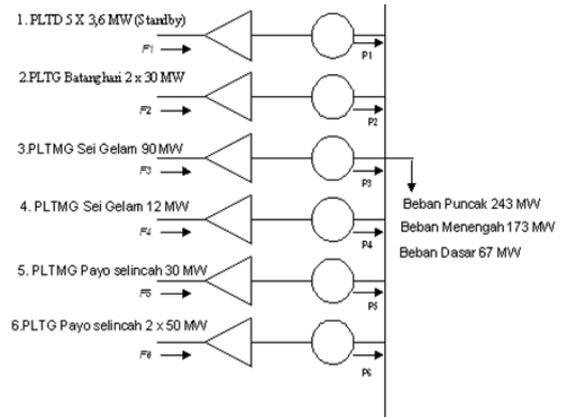


Gambar 1. Karakteristik Masukan – Keluaran

2.5. Unit Commitment

Unit Commitment Penjadwalan pembangkit (*Unit Commitment*) ini menentukan mana unit pembangkit yang commit (on) dan unit mana yang (off) dalam melayani beban sistem selama periode waktu tertentu dengan memperhatikan kondisi optimal ekonomi dan memenuhi batasan-batasan teknis dalam pengoperasian pembangkit di dalam sistem tenaga.

Kombinasi unit pembangkit merupakan kombinasi on/off dari beberapa unit yang ada dalam sistem. Dari n buah unit pembangkit, jumlah kombinasi on/off nya $2^n - 1$ buah, dari kombinasi on/off unit pembangkit akan dipilih kombinasi mana yang akan dijadualkan. Evaluasi pemilihan dilakukan dengan menghitung biaya optimum (*economic dispatch*) untuk setiap kombinasi- kombinasi on/off unit pembangkit pada beban tertentu.



Gambar 2. Unit Pembangkit Sistem Kelistrikan Jambi

2.6. Metode Daftar Prioritas

Metode daftar prioritas merupakan suatu metode penyelesaian Unit commitment yang paling sederhana. Pada metode ini kombinasi on/off pembangkitan didasarkan pada urutan prioritas. Untuk menentukan urutan prioritas diperoleh dari biaya produksi rata - rata persatuan output yang didasarkan pada beban penuh (Pmax) dari tiap unit, dan urutkan berdasarkan nilai biaya produksi tersebut. Unit yang dioperasikan pertama adalah unit yang memiliki biaya produksi terendah dan paling akhir adalah unit yang memiliki biaya produksi termahal. Algoritma unit commitment dengan daftar prioritas.

Pada metode daftar ini kombinasi on-off unit pembangkit didasarkan pada urutan prioritas. Untuk menentukan urutan prioritas diperoleh dari biaya produksi rata-rata persatuan output yang didasarkan pada Pmax.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Sistem Tenaga Listrik di Jambi

Sistem kelistrikan sektor pembangkit Jambi melayani pelanggan PT.PLN yang ada Kota dan kabupaten Jambi. Dimana saat ini kapasitas daya terpasang mesin pembangkit yang dimiliki oleh PT. PLN (Persero) Wilayah Jambi sebesar 355 MW dengan daya mampu mesin pembangkit sebesar 322 MW dan beban tertinggi sebesar 176 MW. Ada beberapa unit pembangkit milik PT. PLN yang telah berumur (efisien lebih rendah), sehingga PT.PLN (Persero) Wilayah Jambi bekerja sama dengan pembangkit-pembangkit swasta untuk melakukan jual beli energi listrik

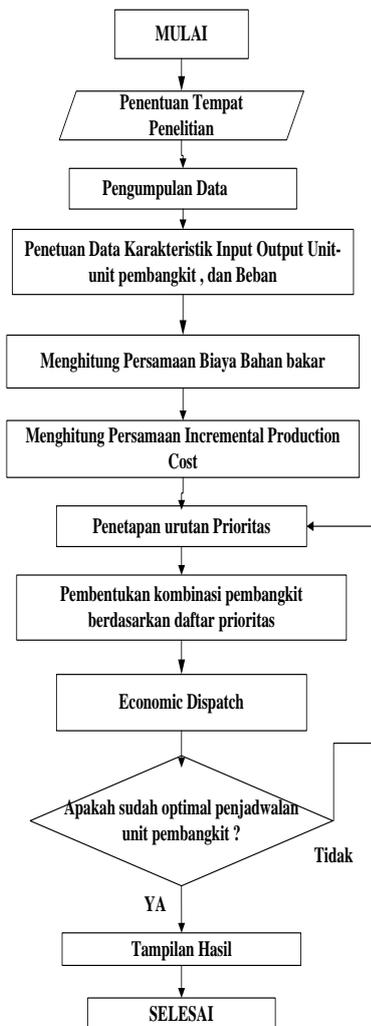
sehingga diharapkan dapat memenuhi daya terpasang yang dibutuhkan.

Pembangkit-pembangkit yang dikelola oleh PT.PLN (Persero) Wilayah Jambi yaitu :

1. Sektor Jambi : Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) Payo selincah 6 unit generator dan Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) Batanghari 2 unit dan Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) Sei Gelam 1 unit.
2. Pembangkit Sewa : Pembangkit Listrik Mesin Gas Sei Gelam 1 unit dan Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas P.selincah 1 unit dan pembangkit Listrik Tenaga Gas BOT P.selincah 2 unit.

3.2. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dapat dilihat pada Gambar 3 **Flowchart** penelitian.



Gambar 3. Flowchart penelitian

4. HASIL DAN ANALISIS

4.1. Data

Penjadwalan unit pembangkit bertujuan untuk mengoptimalkan pembebanan unit pembangkit yang beroperasi dengan menekan besarnya biaya bahan bakar se-ekonomis mungkin atau yang dikenal dengan istilah operasi ekonomis. Keadaan optimal tersebut didapat apabila pembangkit dioperasikan dengan *incremental cost* (laju penambahan biaya) yang sama dengan memperhatikan batas maksimum dan batas minimum pengoperasian unit pembangkit.

Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data sistem kelistrikan Jambi yang terdiri dari 10 bus dengan 6 pembangkit. Dalam penelitian ini hanya menggunakan pembangkit thermal yaitu:

1. PLTG Batanghari #1 30 MW
2. PLTG Batanghari #2 30 MW
3. PLTMG Peaker Sei Gelam 90 MW
4. PLTMG sewa Sei Gelam 12 MW
5. PLTMG Payo Selincah 30 MW
6. PLTG Payo Selincah 100 MW

Sedangkan untuk pembangkit lainnya tidak dalam penelitian ini. Adapun data uji yang digunakan yaitu beban harian pembangkit pada hari minggu tanggal 20 Nopember 2015 yang diperoleh dari PT. PLN (Persero) Jambi. Beban harian pembangkit sistem kelistrikan Jambi terdiri dari 24 jam yang kemudian peneliti jadikan 3 periode, dimana Beban harian dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1. Beban Harian

No	Jam (h)	Beban (MW)
1	06.00 – 17.00	139
2	18.00 – 22.00	235
3	23.00 – 05.00	146

Setiap unit pembangkit memiliki titik head rate yang diperoleh dari data pembangkit, apabila data tersebut didekati dengan fungsi polynomial maka akan diperoleh persamaan laju panas dari pembangkit thermal dalam perkalian persamaan laju panas dengan biaya bahan bakar akan menghasilkan persamaan baru yang menggambarkan karakteristik biaya bahan bakar pembangkit thermal.

Data lain yang dibutuhkan dalam perhitungan operasi ekonomis pembangkit

thermal yaitu batas pengoperasian pembangkit serta data riil sistem penjadwalan unit pembangkit yang nantinya akan dibandingkan dengan hasil perhitungan peneliti. Batas pengoperasian pembangkit dan data riil sistem penjadwalan unit pembangkit dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Batas Pengoperasian Pembangkitan Sistem Kelistrikan Jambi

Unit Pembangkit	P maks (MW)	P min (MW)
Unit 1 PLTG Batanghari #1 30 MW	29	26
Unit 2 PLTG Batanghari #2 30 MW	29	26
Unit 3 PLTMG Peaker Sei Gelam 90 MW	80	60
Unit 4 PLTMG sewa Sei Gelam 12 MW	12	7
Unit 5 PLTMG Payo Selincah 30 MW	30	15
Unit 6 PLTG Payo Selincah 100 MW	100	66

Tabel 3. Penjadwalan Unit Pembangkit Sistem Kelistrikan Jambi Sebelum Optimasi (Minggu, 20 November 2015)

Pembangkit (MW)	Daya Mampu (MW)	Waktu (h)		
		06.00 – 17.00	18.00 – 22.00	23.00 – 05.00
Unit 1	29	29	29	29
Unit 2	29	29	29	29
Unit 3	80	-	69	-
Unit 4	12	12	12	12
Unit 5	30	22	29	22
Unit 6	100	47	67	54
Total		139	235	146

4.2. Hasil dan pembahasan

Untuk dapat menghitung operasi ekonomis pembangkit terlebih dahulu dicari fungsi biaya bahan bakar pembangkit thermal sistem kelistrikan Jambi dengan cara mengolah data *heat reat* pembangkit menggunakan pendekatan fungsi polynomial, yang kemudian dikalikan dengan fungsi biaya bahan bakar sehingga diperoleh data seperti pada Tabel 4.

Untuk mendapat hasil dari perhitungan karakteristik input-output pembangkit, digunakan nilai head rate (panas) dan energi yang dihasilkan dari masing-masing unit pembangkit thermal.

Tabel 4. Karakteristik Input-Output Pembangkit Sistem Kelistrikan Jambi

Pembangkit	Unit	Karakteristik Input-Output (Btu/Jam)
PLTG BATANGHARI	Unit 1	$H1 = 440.0110 + 17.226 PT_1 + 0.2372 PT_1^2$
	Unit 2	$H2 = 561.7875 + 28.625 PT_2 + 0.4856 PT_2^2$
PLTMG SEI GELAM	Unit 3	$H3 = 1.7262 + 0.2558 PT_3 + 0.0191 PT_3^2$
PLTMG SEWA	Unit 4	$H4 = 290.4418 + 39.7496 PT_4 + 2.2298 PT_4^2$
	Unit 5	$H5 = 122.5773 + 3.5542 PT_5 + 0.0720 PT_5^2$
PLTG SEWA	Unit 6	$H6 = 3.3565 + 0.0568 PT_6 + 0.002372 PT_6^2$

4.2.1. Karakteristik Persamaan Biaya Bahan Bakar Pembangkit Sistem Kelistrikan Jambi

Karakteristik ini diperoleh dari mengalikan karakteristik input output dengan bahan bakarnya.

Tabel 5. Karakteristik Persamaan Biaya Bahan Bakar Pembangkit Sistem Kelistrikan Jambi

Pembangkit	Unit	Karakteristik Persamaan Biaya bahan Bakar (Rp/Jam)
PLTG BATANGHARI	Unit 1	$F1 = 2200055 + 86130 PT_1 + 1186 PT_1^2$
	Unit 2	$F2 = 2808938 + 143125 PT_2 + 2428 PT_2^2$
PLTMG SEI GELAM	Unit 3	$F3 = 8631 + 1279 PT_3 + 95.5 PT_3^2$
PLTMG SEWA	Unit 4	$F4 = 1452209 + 198748 PT_4 + 11149 PT_4^2$
	Unit 5	$F5 = 612886.5 + 17771 PT_5 + 360 PT_5^2$
PLTG SEWA	Unit 6	$F6 = 16782.5 + 284 PT_6 + 11.86 PT_6^2$

4.2.2. Karakteristik Laju Pertambahan Biaya Bahan Bakar Pembangkit Sistem Kelistrikan Jambi

Karakteristik ini diperoleh dengan cara mengalikan turunan pertama karakteristik input-output dengan harga bahan bakarnya. Tabel 6 merupakan tabel karakteristik laju pertambahan biaya bahan bakar PLTG dan PLTMG di Jambi.

Tabel 6. Karakteristik Laju Pertambahan Biaya Bahan Bakar Pembangkit Sistem Kelistrikan Jambi

Pembangkit	Unit	Karakteristik Laju Pertambahan Biaya bahan Bakar (Rp/kwh)
PLTG BATANGHARI	Unit 1	$F1 = 86130 + 2372 PT_1$
	Unit 2	$F2 = 143125 + 4856 PT_2$
PLTMG SEI GELAM	Unit 3	$F3 = 1279 + 191 PT_3$
PLTMG SEWA	Unit 4	$F4 = 198748 + 22298 PT_4$
	Unit 5	$F5 = 17771 + 720 PT_5$
PLTG SEWA	Unit 6	$F6 = 284 + 23.72 PT_6$

4.2.3. Urutan Prioritas Unit Baiya Bahan Bakar Pembangkit Sistem Kelistrikan Jambi

Dari perhitungan laju pertambahan biaya bahan bakar diatas, maka dapat diperoleh urutan prioritas pembangkit yang dioperasikan duluan. Pembangkit yang dioperasikan terlebih dahulu yaitu pembangkit yang biaya per-kwh paling murah yaitu dengan cara mengalikan masing-masing persamaan laju pertambahan biaya bahan bakar dari unit-unit pembangkit dengan daya maksimalnya. Urutan prioritas dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Urutan Prioritas

No	Pembangkit	Unit	Biaya Bahan Bakar (Rp/kwh)
1	PLTG Batanghari 1	Unit 1	1.549,18
2	PLTMG sei gelam	Unit 3	1.655,9
3	PLTG Sewa	Unit 6	2.374,84
4	PLTG Batanghari 2	Unit 2	2.839,49
5	PLTMG sewa	Unit 5	3.937,1
6	PLTMG Sewa	Unit 4	4.663,24

4.2.4. Penjadwalan Unit Pembangkit Sistem Kelistrikan Jambi dengan Metode Daftar Prioritas

Penjadwalan dilakukan dalam waktu 1 hari (24 jam) yaitu sampel pada tanggal 20 november 2015. Contoh perhitungan dilakukan untuk beban dasar 139 MW, beban menengah 146 MW, dan beban puncak sebesar 235 MW.

Setelah diketahui besarnya daya listrik yang harus dibangkitkan oleh pembangkit thermal, selanjutnya dimasukkan kepersamaan $2^n - 1$ kombinasi unit pemangkit dimana $n =$ jumlah unit pembangkit. Dengan $n = 6$ unit pembangkit jadi $2^n - 1 = 2^6 - 1 = 63$ kombinasi. Kemudian kombinasi on/off unit pembangkit yang akan digunakan dalam penjadwalan adalah dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Kombinasi On/Off Unit Pembangkit yang di periksa

NO	UNIT PEMBANGKIT							Pmax (MW)
	Unit 1	Unit 2	Unit 3	Unit 4	Unit 5	Unit 6		
8	0	0	1	0	0	0	80	
12	0	0	1	1	0	0	92	
24	0	1	1	0	0	0	109	
46	1	0	1	1	1	0	151	
56	1	0	1	0	1	0	139	
57	1	1	1	0	0	1	238	
61	1	1	1	1	0	1	250	

Berdasarkan persamaan kenaikan biaya bahan bakar dan batas kapasitas maksimum dan minimum dari generator untuk kombinasi on/off unit pembangkit yang diperiksa yaitu kombinasi 57 untuk melayani beban puncak sekitar jam 18.00-22.00 wib.

Untuk daftar prioritas 5 unit dengan $P_D = 235$ MW, pembangkit yang bekerja dengan urutan prioritas adalah :

1. PLTG Batanghari Unit 1
2. PLTMG Sei Gelam unit 3
3. PLTMG Sewa Unit 6.
4. PLTG Batanghari Unit 2

Penjadwalan dengan menggunakan daftar prioritas data yang dibutuhkan yaitu karakteristik persamaan biaya bahan bakar (Rp/jam) dari masing-masing pembangkit thermal, daya yang dibutuhkan sistem (P_D) serta kapasitas maksimum dan minimum tiap unit. Pembahasan Contoh perhitungan untuk metode daftar prioritas dengan $P_D = 235$ MW. Pembangkit yang bekerja menurut daftar prioritas adalah:

1. PLTG Batanghari Unit 1
2. PLTMG Sei Gelam unit 3
3. PLTMG Sewa Unit 6.
4. PLTG Batanghari Unit 2

Maka dapat dihitung pembangian beban sebagai berikut:

Karakteristik input output pembangkit termal dan daya mampu minimum serta daya mampu maksimum pembangkit (lihat Tabel 4).

$$H1 = 440.0110 + 17.226 PT_1 + 0.2372 PT_1^2$$

$$H3 = 1.7262 + 0.2558 PT_3 + 0.0191 PT_3^2$$

$$H6 = 3.3565 + 0.0568 PT_6 + 0.002372 PT_6^2$$

$$H2 = 561.7875 + 28.625 PT_2 + 0.4856 PT_2^2$$

Dengan Batas- batas generator:

$$26 \leq PT_1 \leq 29 \text{ MW}$$

$$60 \leq PT_3 \leq 80 \text{ MW}$$

$$66 \leq PT_6 \leq 100 \text{ MW}$$

$$26 \leq PT_2 \leq 29 \text{ MW}$$

Maka dapat dihitung pembagian pembebanan dengan menggunakan daftar prioritas kemudian hitung output masing-masing unit P_1, P_3, P_6, P_2 . Dengan $P_D = 235$ MW maka didapat :

Diset sesuai dengan daya maksimum nya $P_1 = 29$ MW, $P_3 = 80$ MW, $P_6 = 97$ MW, $P_2 = 29$

MW. Kemudian menggunakan fungsi kenaikan biaya bahan bakar untuk menentukan total biaya pembangkitan perjam (lihat Tabel 5).

Jam 18.00 – 22.00 wib, dengan $P_D = 235$ MW

$$P_1 = 29 \text{ MW,}$$

$$P_3 = 80 \text{ MW,}$$

$$P_6 = 97 \text{ MW,}$$

$$P_2 = 29 \text{ MW}$$

$$\begin{aligned} P_1 &= 2200055 + 86130 PT_1 + 1186 PT_1^2 \\ &= 2200055 + 86130 (29) + 1186 (29)^2 \\ &= 569.525,1 \quad \text{Rp/Jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_3 &= 8631 + 1279 PT_3 + 95.5 PT_3^2 \\ &= 8631 + 1279 (80) + 95.5 (80)^2 \\ &= 722.151 \quad \text{Rp/Jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_6 &= 16782.5 + 284 PT_6 + 11.86 PT_6^2 \\ &= 16782.5 + 284 (100) + 11.86 (100)^2 \\ &= 163.782,5 \quad \text{Rp/Jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_2 &= 2808938 + 143125 PT_2 + 2428 PT_2^2 \\ &= 2808938 + 143125 PT_2 + 2428 PT_2^2 \\ &= 900.151,1 \quad \text{Rp/Jam} \end{aligned}$$

jadi, total biaya pembangkitan untuk $P_D = 235$ MW adalah :

$$\begin{aligned} P_{\text{total}} &= P_1 + P_3 + P_6 + P_2 \\ &= 569.525,1 + 722.151 + 163.782,5 + \\ &\quad 900.151,1 \\ &= 15.582.695,50 \quad \text{Rp/Jam} \end{aligned}$$

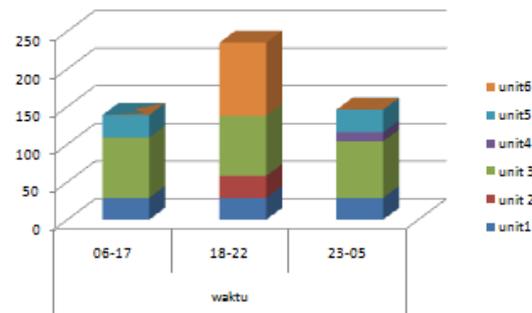
Hasil-hasil perhitungan total biaya pembangkit dengan beban yang berbeda menggunakan metode daftar prioritas maka diperoleh daftar seperti pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Penjadwalan Pembangkit dengan Menggunakan Metode Daftar Prioritas

No	Jam	Beban Pembangkit (MW)	Biaya Pembangkit (Rp)
1	00.00	146	13.475.725,3
2	01.00	146	13.475.725,3
3	02.00	146	13.475.725,3
4	03.00	146	13.475.725,3
5	04.00	146	13.475.725,3
6	05.00	146	13.475.725,3
7	06.00	139	12.931.461,2
8	07.00	139	12.931.461,2
9	08.00	139	12.931.461,2
10	09.00	139	12.931.461,2
11	10.00	139	12.931.461,2
12	11.00	139	12.931.461,2
13	12.00	139	12.931.461,2
14	13.00	139	12.931.461,2
15	14.00	139	12.931.461,2
16	15.00	139	12.931.461,2
17	16.00	139	12.931.461,2
18	17.00	139	12.931.461,2
19	18.00	235	15.582.695,50
20	19.00	235	15.582.695,50
21	20.00	235	15.582.695,50
22	21.00	235	15.582.695,50
23	22.00	235	15.582.695,50
24	23.00	146	13.475.725,3
Total Biaya Pembangkitan (Rp)			102.864.238,65

Tabel 10. Penjadwalan Membagi Beban di Unit-Unit Pembangkit Sistem Kelistrikan Jambi Seltelah Optimasi

Pembangkit (MW)	Daya Mampu (MW)	Waktu (h)		
		06.00 – 17.00	18.00 – 22.00	23.00 – 05.00
Unit 1	29	29	29	29
Unit 2	29	-	29	-
Unit 3	80	80	80	75
Unit 4	12	-	-	12
Unit 5	30	30	-	30
Unit 6	100	-	97	-
Total		139	235	146



Gambar 4. Grafik penjadwalan membagi beban di unit-unit pembangkitan sistem kelistrikan jambi setelah optimasi

Dengan menggunakan Metode daftar prioritas, diperoleh hasil penjadwalan unit pembangkit thermal sistem kelistrikan Jambi pada Tabel 5. Hasil perhitungan penjadwalan unit pembangkit ini selanjutnya dibandingkan dengan data riil sistem pada hari Minggu tanggal 20 Nopember 2015. Hasil optimalisasi penjadwalan pembangkit pada sistem kelistrikan Jambi dengan Metode daftar prioritas dalam penyelesaian masalah *Unit Commitment* didapat biaya bahan bakar sebesar Rp.102.864.238,65 Adapun biaya bahan bakar pembangkit dari penjadwalan PT. PLN (Persero) Wilayah Jambi sebesar Rp.163.755.996,30 sehingga dengan demikian ada penghematan sebesar Rp. 60.891.757,65./bulan

5. KESIMPULAN

Setelah dilakukan perhitungan didapat *economic dispatch* yang digunakan untuk pembagi beban diantara unit-unit pembangkit . pada pukul 06.00-07.00 adalah beban dasar dengan total daya mampu 139 MW pembangkit yang beroperasi adalah unit 1,3,5. Pada pukul 18.00-22.00 adalah beban puncak dengan total daya mampu 235 MW pembangkit yang

beroperasi adalah unit 1,2,3,6 . Pada pukul 23.00-05.00 adalah beban menengah dengan total daya 146 MW pembangkit yang beroperasi adalah unit 1,3,4,5.

Hasil optimalisasi penjadwalan pembangkit pada sistem kelistrikan Jambi dengan Metode daftar prioritas dalam penyelesaian masalah *Unit Commitment* sebesar Rp.102.864.238,65. Ada pun biaya pembangkit dari penjadwalan PT. PLN (Persero) Wilayah Jambi sebesar Rp.163.755.996,30 sehingga dengan demikian ada penghematan sebesar Rp . 60.891.757 dalam satu bulan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Marsudi, Djiteng. (2011). Buku” *Pembangkit Energi Listrik (Edisi Kedua)*”. Jakarta:Erlangga.
- [2] A.J.Wood,B.F Wollenbarg.1996. Buku “*Power Generation, Operational, and Contro*.second edition”, Jhon Wiley and Sons, Inc ,New York.
- [3] Marsudi,Djiteng. (2006). Buku “*Operasi sistem Tenaga Listrik*”.Jakarta:Erlangga
- [4] Am. Liyas, Ontoseno Penangsang, Adi Soeprijanto.(2010). Jurnal “*Optimasi Economic Dispatch Pembangkit Termal Sistem 500 KV Jawa-Bali menggunakan Modified Improved Particle Swarm Optimization (MPISO)*”. Nasional Conference :Design and Application of Tecnology,Teknik Elektro Universitas Kairum Ternate.
- [5] Zulfatri Aini.(2012). Jurnal”*Analisis Penjadwalan Unit-Unit Pembangkit Listrik Dengan Menggunakan Metode Unit Decommitment*”. Vol.13 No.2 Teknik Elektro universitas Islam Negeri Sultan F kasim Riau.
- [6] Nizar Rizky R.sarjiya, M. Isnaeni B.S.(2012). Jurnal “*Optimasi Penjadwalan Pembangkit Termal Dengan Sistem Penyimpanan Energi Menggunakan Algoritma Genetika*”. Penelitian Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- [7] Sartika Veronika Angdrie, dkk.(2013). Jurnal “*Optimasi Biaya Bahan Bakar untuk Penjadwalan Unit-Unit Pada Pembangkit Thermal Sistem Minahasa Dengan Metode Iterasi Landa*”,ejournal.unsrat.ac.id/index.php/lekdankom/article/view/599. Teknik elektro UNSRAT Manado.
- [8] Sugeng Riyanto, Hadi Suyono, Mahfudz shidiq.(2013). Jurnal “*Penjadwalan Pembangkit Tenaga Listrik Menggunakan ANT Colony optimization*”,jurnaleec cis.ud.ac.id home vol 6 No 22. Teknik Elektro Universitas Brawijaya Malang.
- [9] Dheo Kristianto,dkk.(2013). Jurnal “*Operasi Ekonomis Pembangkit Tenaga Listrik Dengan Metode Iterasi Lambda Menggunakan Komputasi Pararel*” ,www.e-jurnal.com/IV.html. Teknik Elektro Universitas Brawijaya Malang..
- [10] Riva Nihayatul marifah, yadi Mulyadi, Ade Gafar Abdullah.2013.Jurnal “*Operasi Ekonomis Pembangkit Termal Sistem 500 KV Jawa-Bali dengan Pendekatan Algoritma Fuzzy Logic*”. Electrons, vol 12. No2, 127-138. Bandung.
- [11] Yulianto Mariang, L.S patras,ST,MT, M.Tuegeh, ST,MT, Ir.H Turmaliang, MT.(2013). Jurnal “*Optimalisasi Penjadwalan Pembangkit Listrik Sistem Sorong*”,ejournal.unsrat.ac.id/index.php/elek&kom/article/view/609. Teknik Elektro UNSRAT Manado.
- [12] R.M. Mangawa, L.S. Patras, M. Tuegeh, F. Lisi. (2013). Jurnal “*Koordinasi Pembangkit Hidro-Termal di Sistem Sulawesi Selatan dan Sulawesi Barat*”,portalgaruda.org/article.php=109229&val=1028. Teknik Elektro UNSRAT Manado.
- [13] Fityan Thalib, Tripratiwi Handayani, dan Sabhan Kanata. (2014) . Jurnal “*Optimasi Pembangkit Ekonomis Pada Unit-Unit Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Telaga Menggunakan Modifikasi Particle Swarm Optimization (MPSO)*”. Electrichsan ISSN : 2252 – 8237. Vol. 1. NO. 1. Teknik Elektro Universitas Ichsan Gorontalo.
- [14] Cekdin, Cekmas.(2010) . Buku “*Sistem Tenaga Listrik Contoh Soal Dan Penyelesaiannya Menggunakan Matlab*”. Yogyakarta.

Biodata Penulis

Delima, lahir di Nipah- panjang pada tahun 1981. Magister Teknik Elektro Universitas Andalas Padang.