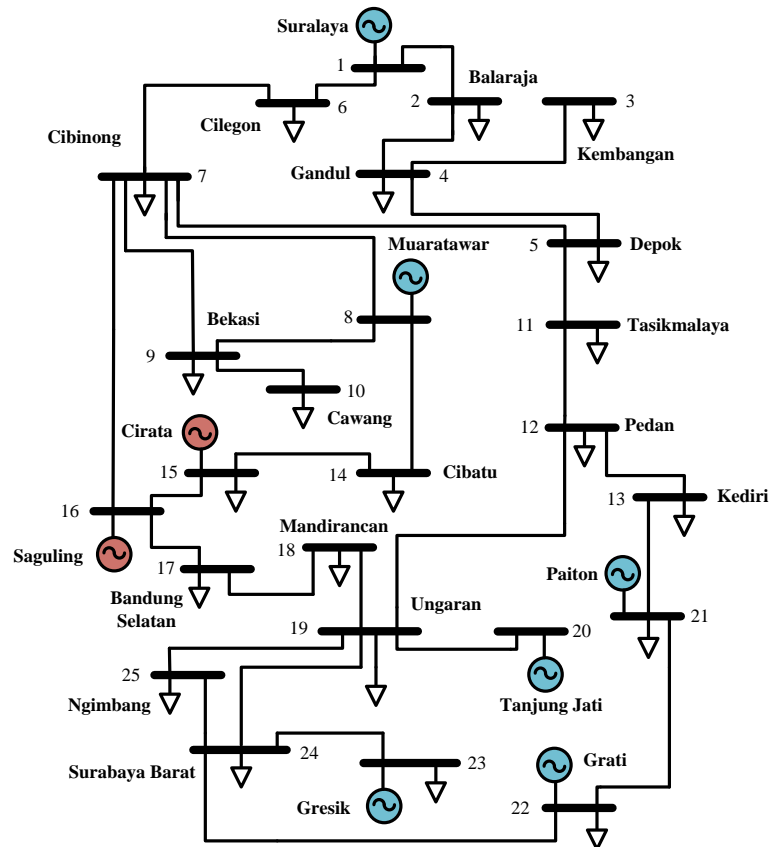


## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Pengumpulan Data Pembangkit



Gambar 3.1. Pemodelan Sistem Interkoneksi 500 KV Jawa-Bali

Data yang digunakan dalam menentukan koordinasi pembangkit adalah data heat rate pembangkit *thermal* sistem 500kV Jawa-Bali dan data pembebanan (*Logsheet*) pada tanggal 7 Mei 2013. Data-data tersebut akan dijadikan variabel input untuk pengujian algoritma BP untuk optimasi dalam koordinasi pembangkitan unit thermal dengan menggunakan perangkat lunak MATLAB R2010a.

Tabel 3.1 Data heat rate pembangkit *thermal* sistem 500kV

Pembangkit	Daya Pembangkitan (MW)				Heat Rate (Mbtu/kWh)			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Suralaya	1703	2221	2561	3247	76,49	74,49	73,45	71,79
Muaratawar	666	826	993	1140	112,58	112,25	100,78	98,18
Tanjungjati	1227	1525	1812,8	1982,8	28,8	28,48	28,19	27,97
Gresik	1061	1355	1675	1993	224,04	222,57	221,87	221,26
Paiton	2071,5	2792,5	3358,75	4005	76,16	73,01	70,84	68,89
Grati	330	402	527	746,6	105,51	95,37	92,91	91,10

Tabel 3.2 Data biaya bahan bakar masing-masing pembangkit

Pembangkit	Biaya Bahan bakar (\$/Jam)
Suralaya	296,1916
Muaratawar	475,3932
Tanjungjati	158,4425
Gresik	323,4908
Paiton	333,3285
Grati	335,2737

Tabel 3.1 merupakan data *heat reat* (laju panas) pembangkit thermal sistem 500 KV Jawa-Bali. Setiap unit pembangkit terdiri dari empat titik *heat rate* yang diperoleh dari hasil percobaan. Apabila data tersebut didekati dengan fungsi polynomial maka akan diperoleh persamaan laju panas dari pembangkit thermal dalam MMbtu/h. Perkalian persamaan laju panas dengan biaya bahan bakar akan menghasilkan persamaan baru yang menggambarkan karakteristik biaya bahan bakar pembangkit thermal. Tabel 3.2 merupakan harga biaya bahan bakar dari masing-masing pembangkit (\$/jam). Untuk mendapatkan biaya bahan bakar pembangkit yang akan dikalikan dengan persamaan laju panas dapat digunakan rumus berikut ini :

Mohammad Rizqi, 2015

*Optimasi Penjadwalan Pembangkitan Unit Thermal Dengan Memperhitungkan Rugi-Rugi Saluran Transmisi Berbasis Algoritma Back Propagation*

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

$$FC = \frac{BB}{Q} \quad (3-1)$$

Dimana :

FC : Biaya bahan bakar (\$/MMbtu)

BB : Biaya bahan bakar (\$/jam)

Q : Hasil kali antara *heat rate* dengan daya pembangkitan (MWbtu/Wh)

Tabel 3.3 Biaya bahan bakar masing-masing pembangkit (\$/MMbtu)

Pembangkit	Biaya bahan bakar (\$/MMbtu)
Suralaya	0,4131
Muaratawar	1,25199
Tanjungjati	0,854832
Gresik	0,2392
Paiton	0,3807
Grati	1,7632

Salah satu tujuan dari operasi sistem tenaga listrik yaitu sistem harus mempunyai keandalan yang memenuhi standar dan dapat memenuhi permintaan secara *continue* sepanjang waktu, maka dalam mengoperasikan pembangkit listrik haruslah memperhatikan batas-batas dari pembangkit tersebut agar sistem tetap dalam keadaan stabil. Salah satu batas-batas yang harus diperhatikan dalam mengoperasikan pembangkit listrik adalah batas daya minimum dan daya maksimum yang dimiliki oleh pembangkit tersebut, yang berarti bahwa suatu pembangkit listrik tidak dapat dioperasikan dibawah daya minum dan juga diatas daya maksimum dari pembangkit listrik tersebut.

Tabel 3.4 Batas pengoperasian daya pembangkit

Pembangkit	Pmin	Pmaks
Suralaya	1600	3400
Muaratawar	600	1400
Tanjungjati	1200	2700
Gresik	900	2100
Paiton	1800	4300
Grati	290	800

Dalam optimasi pada sistem tenaga listrik khususnya pada masalah koordinasi pembangkit, diharuskan mencari kombinasi dari beberapa unit pembangkit dengan biaya yang paling murah tersebut. Salah satu cara untuk mencari biaya termurah tersebut dapat dilakukan dengan membuat urutan prioritas, yang akan merepresentasikan pembangkit-pembangkit dari biaya yang paling murah hingga biaya yang paling mahal. Urutan prioritas diurutkan berdasarkan biaya rata-rata beban maksimum (*full load average*) yang paling murah. Cara untuk mendapatkan biaya rata-rata yang paling murah dapat dilakukan dengan mengalikan persamaan laju pertambahan biaya bahan bakar (*incremental fuel cost*) masing-masing unit pembangkit dengan daya maksimum dari pembangkit tersebut (Abdellah & Djamel, 2012). Urutan prioritas pembangkit sistem 500kV Jawa-Bali dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3.5 Urutan prioritas pembangkit sistem 500kV Jawa-Bali

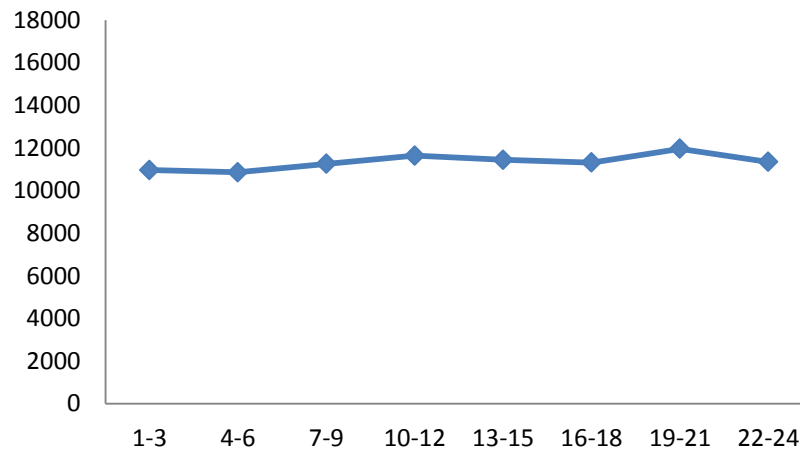
Pembangkit	Harga produksi (\$/kWh)	Urutan
Suralaya	0,0265871	3
Muaratawar	0,0553004	5
Tanjungjati	0,021724	2
Gresik	0,0523438	4
Paiton	0,0216168	1
Grati	0,1818127	6

Mohammad Rizqi, 2015

*Optimasi Penjadwalan Pembangkitan Unit Thermal Dengan Memperhitungkan Rugi-Rugi Saluran Transmisi Berbasis Algoritma Back Propagation*

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Data uji yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah *Logsheet* pada hari Selasa tanggal 7 Mei 2013 yang diperoleh dari PT.PLN (Persero) P3B Gandul-Depok, grafik pembebanan pada gari tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.2 Grafik beban unit *thermal* sistem 500kV Selasa, 7 Mei 2013

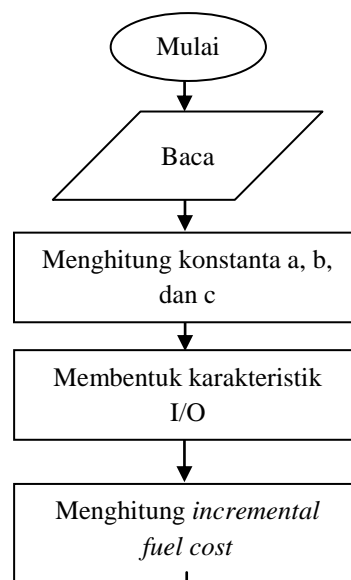
Beban pembangkit unit *thermal* sistem 500kV Jawa-Bali terdiri dari 24 jam yang kemudian dibagi menjadi 8 periode, dimana tiap periodenya merupakan beban rata-rata selama 3 jam. Dari grafik beban tersebut dapat dilihat bahwa beban berubah-ubah tiap periodenya, oleh sebab itu diperlukan koordinasi dari pembangkit unit *thermal* untuk mensuplai kebutuhan daya tetapi dengan harga minimum. Data riil sistem dapat dilihat pada tabel dibawah ini yang merupakan pembebanan pembangkit unit *thermal* yang dimana pembebanan tersebut telah dibagi kedalam 8 periode.

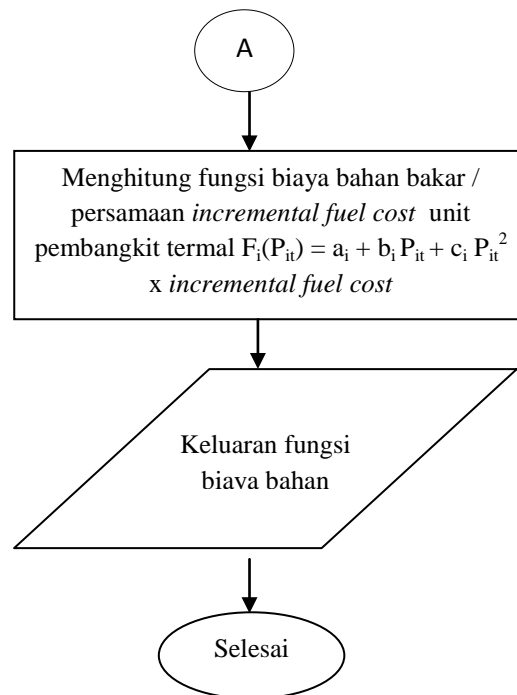
Tabel 3.6 Penjadwalan pembangkit unit *thermal* sistem 500kV sebelum optimasi

Pukul	Suralaya	M. Tawar	T. Jati	Gresik	Paiton	Grati	total
01-03	2985	926	2416	1327	2915	392	10961
04-06	2996	992	2216	1393	2863	394	10854
07-09	2978	1214	2225	1422	3009	406	11254
10-12	2974	1338	2358	1584	2980	403	11637
13-15	2866	1307	2370	1493	3008	401	11445
16-18	2903	1075	2544	1335	3055	402	11314
19-21	3005	1317	2631	1536	3056	414	11959
22-24	2950	956	2550	1420	3060	407	11343

### 3.2. Tahap Perhitungan Fungsi Bahan Bakar

Dalam penjadwalan pembangkit termal dengan metode BP diperlukan penentuan persamaan biaya bahan bakar terlebih dahulu yang diperoleh dengan mengolah data *heat rate* dari masing-masing unit pembangkit. Di bawah ini adalah tahapan-tahapan untuk menentukan persamaan biaya bahan bakar (Harun, 2011) :





Gambar 3.2 flow chart perhitungan fungsi bahan bakar

1. Membaca data *heat rate* pembangkit pada tabel 3.1
2. Menghitung konstanta  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\gamma$  input/output dari tiap unit pembangkit dengan mengolah data *heat rate* dan daya pembangkit dan membentuk matriks seperti dibawah ini :

$$\begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n & \sum_{i=1}^n P_i & \sum_{i=1}^n P_i^2 \\ \sum_{i=1}^n P_i & \sum_{i=1}^n P_i^2 & \sum_{i=1}^n P_i^3 \\ \sum_{i=1}^n P_i^2 & \sum_{i=1}^n P_i^3 & \sum_{i=1}^n P_i^4 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n F_i \\ \sum_{i=1}^n P_i F_i \\ \sum_{i=1}^n P_i^2 F_i \end{bmatrix} \quad (3-2)$$

Dimana :

$n$  = Jumlah data daya (4)

$\sum_{i=1}^n P_i$  = Jumlah daya output

$\sum_{i=1}^n F_i$  = Jumlah dari hasil kali daya output dengan *heat rate*

Penentuan parameter  $\alpha_i$  ,  $\beta P_i$  ,  $\gamma_i$  dapat ditemukan dengan cara eliminasi

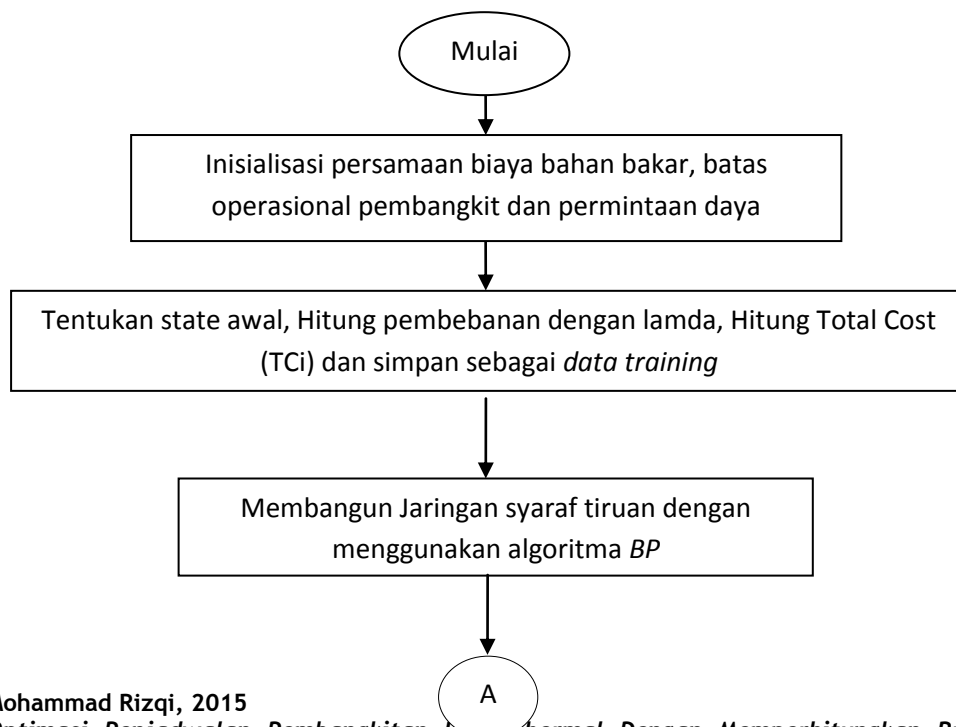
3. Membuat persamaan input/output dari konstanta  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\gamma$
4. Menghitung persamaan biaya bahan bakar dari masing-masing pembangkit dengan perkalian antara persamaan input/output pembangkit dengan harga biaya bahan bakar pembangkit.

$$\text{Persamaan biaya bahan bakar } F_i(P_i) = \alpha_i + \beta P_i + \gamma_i^2 \quad (3-3)$$

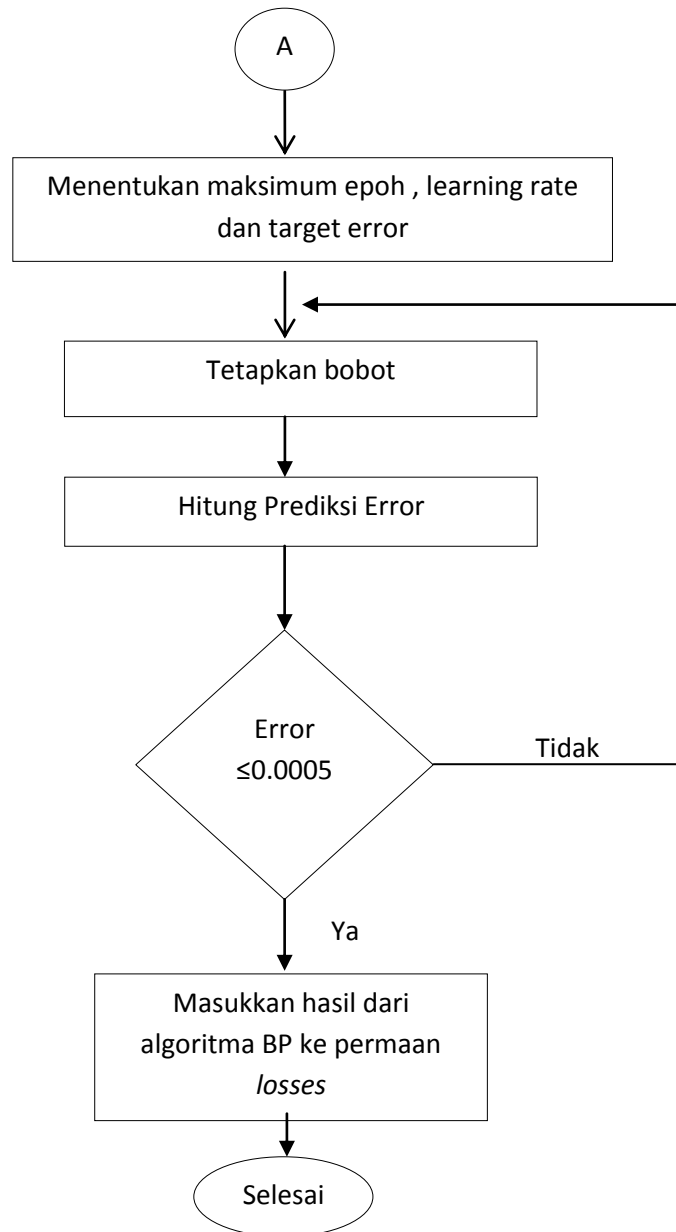
### 3.3. Penjadwalan Pembangkit Thermal dengan algoritma *back propagation*

Dalam algoritma penjadwalan pembangkit termal dengan kekangan transmisi menggunakan metode *back propagation* harus terlebih dahulu menentukan data yang digunakan sebagai data *training* yang digunakan sebagai data pembandingan sehingga dapat dihasilkan keluaran dengan error yang terkecil (Mohatram & Kumar, 2006).

Berikut ini adalah diagram alir (*flow chart*) yang digunakan dalam penjadwalan unit thermal menggunakan algoritma *back propagation* :







Gambar 3.3 Flowchart Algoritma *Back Propagation* Penjadwalan Pembangkit Termal

1. Menentukan kombinasi awal pembangkit
2. Menghitung pembebanan unit pembangkit dengan lamda dan dengan

$$\text{kekangan: } \sum_1^n P_i = P_d + P_l \quad (3-4)$$

$$\sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial P_{it}}{\partial \lambda_t} \right)^{(k)} = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n \frac{c_i + B_{ii(t)} b_i}{2(c_i + \lambda_t^{(k)} B_{ii(t)})^2} \quad (3-5)$$

Mohammad Rizqi, 2015

*Optimasi Penjadwalan Pembangkitan Unit Thermal Dengan Memperhitungkan Rugi-Rugi Saluran Transmisi Berbasis Algoritma Back Propagation*

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

3. Evaluasi pembebanan unit pembangkit dengan persamaan kekangan

$$\begin{aligned} \frac{dF_i}{dP_i} &= \lambda && \text{untuk} && P_{\min} < P_i < P_{\max} \\ \frac{dF_i}{dP_i} &\leq \lambda && \text{untuk} && P_i = P_{\max} \\ \frac{dF_i}{dP_i} &\geq \lambda && \text{untuk} && P_i = P_{\min} \end{aligned}$$

4. Hitung total biaya kombinasi  $F_T = \sum_{i=1}^n [u_i' F_i(P_i^t)]$  (3-6)

5. Simpan kombinasi dan pembebanan unit pembangkit tersebut sebagai *Data training*

6. Masukkan data permintaan beban dan batas minimum dan maksimum generator sebagai input dari jaringan BP.

7. Menentukan parameter-parameter untuk pelatihan jaringan BP diantaranya adalah parameter maximum pelatihan (max epochs), parameter kinerja tujuan (target error), parameter learning rate, dan parameter momentum yang fungsinya akan memperbaiki bobot-bobot jaringan.

8. Simulasi jaringan dilakukan untuk mengetahui error dan unjuk kerja. Gunakan perintah sim untuk melakukan simulasi jaringan sehingga dapat ditemukan outputnya.

9. Analisis hasil pelatihan menggunakan fungsi postreg sehingga dapat dievaluasi hasil pelatihannya.

10. Hitung Rugi transmisi yang terjadi dengan memasukan hasil dari pembebanan menggunakan algoritma BP ke persamaan *losses* sehingga dapat diketahui rugi transmisi yang terjadi dengan menggunakan persamaan (Nagaraja, 2011):

$$P_{Lt} = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n P_{it} B_{ij(t)} P_{jt} + \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n B_{oi(t)} P_{it} B_{oo(t)} \quad (3-7)$$