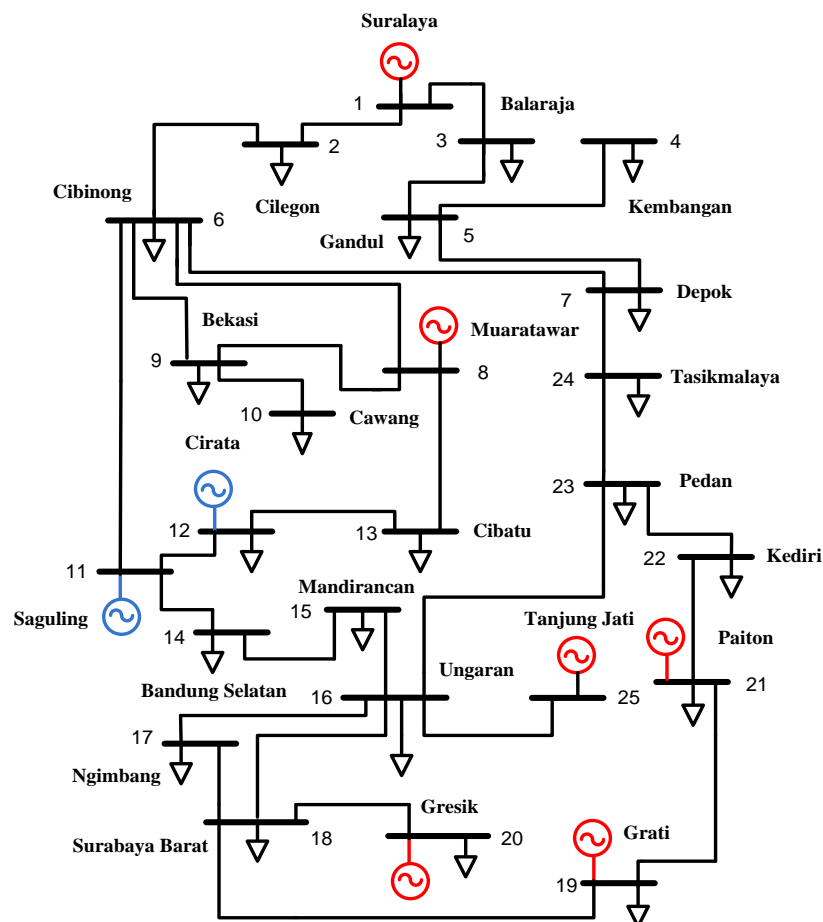


BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Sumber Data Penelitian

Penelitian ini akan difokuskan pada penjadwalan pembangkit tenaga listrik berkapasitas besar (*slack bus*) dengan data primer yang diperlukan adalah data pengeluaran beban listrik dari Penyaluran dan Pusat Pengaturan Beban (P3B) PT. PLN Persero Jawa-Bali, data yang digunakan merupakan data sistem interkoneksi 500 kV Jawa-Bali yang terdiri dari 25 bus dan 8 pembangkit yang terdiri dari 2 pembangkit hidro dan 6 pembangkit termal, yaitu Cirata, Saguling, Suralaya, Muaratawar, Tanjung Jati, Gresik, Paiton dan Grati. Untuk mempermudah analisis data penelitian ini, maka dapat dibuat terlebih dahulu pemodelan sistem konfigurasi interkoneksi 500 kV Jawa-Bali yang dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Pemodelan konfigurasi sistem 500 kV Jawa-Bali

Dalam penelitian ini, asumsi yang digunakan dalam perhitungan koordinasi pembangkit hidrotermal sebagai berikut:

- Semua unit pembangkit dalam kondisi siap ‘*running*’ ketika dimasukkan ke dalam sistem
- Adanya batas minimum dan maksimum pembangkit setiap pembangkit
- Nilai rugi-rugi transmisi dihitung dalam melakukan optimisasi menggunakan *simulated annealing*.

3.1.1 Data Bus

Agar mempermudah identifikasi dan analisis data penelitian, maka dari gambar 3.1 dapat diklasifikasikan 25 tersebut ke dalam 2 bus yaitu bus pembangkit dan bus beban. Tabel 3.1 merupakan hasil pengklasifikasian bus-bus yang ada di dalam sistem 500 kV.

Tabel 3.1 Pengklasifikasian bus sistem 500 kV

No.Bus	Pembangkit	Jenis Pembangkit	No. Bus	Beban
1	Suralaya	Termal	2	Cilegon
8	Muaratawar	Termal	3	Baralaja
11	Saguling	Hidro	4	Kembangan
12	Cirata	Hidro	5	Gandul
19	Grati	Termal	6	Cibinong
20	Gresik	Termal	7	Depok
21	Paiton	Termal	9	Bekasi
25	TanjungJati	Termal	10	Cawang
			13	Cibatu
			14	Bandung Selatan
			15	Mandirancan
			16	Ungaran
			17	Ngimbang
			18	Surabaya Barat
			22	Kediri
			23	Pedan
			24	Tasikmalaya

Untuk dapat menyelesaikan persamaan rugi-rugi transmisi, maka diperlukan data bus dan line data sebagai berikut:

Tabel 3.2 Data bus sistem 500 kV Jawa-Bali

Bus No	Bus Code	Voltage Magnitude	Angle Degree	Load		Generator		Injected		
				MW	MVAR	MW	MVAR	Qmin	Qmax	MVAR
1	0	1.00	0.0	86	34	0	0	0	0	0
2	1	1.02	0.0	142	-56	2962	1554	-600	1700	0
3	0	1.00	0.0	320	-139	0	0	0	0	0
4	0	1.00	0.0	676	213	0	0	0	0	0
5	0	1.00	0.0	727	47	0	0	0	0	0
6	0	1.00	0.0	636	253	0	0	0	0	0
7	0	1.00	0.0	473	350	0	0	0	0	0
8	0	1.00	0.0	343	97	0	0	0	0	0
9	0	1.00	0.0	1097	79	0	0	0	0	0
10	0	1.00	0.0	536	166	0	0	0	0	0
11	2	1.00	0.0	0	0	1351	703	-700	800	0
12	0	1.00	0.0	666	463	0	0	0	0	0
13	0	1.00	0.0	650	270	365	120	-480	300	0
14	0	1.00	0.0	0	0	647	135	-140	150	0
15	0	1.00	0.0	137	48	0	0	0	0	0
16	0	1.00	0.0	505	325	0	0	0	0	0
17	0	1.00	0.0	-339	3	0	0	0	0	0
18	2	1.00	0.0	380	96	2385	336	-240	500	0
19	0	1.00	0.0	838	382	0	0	0	0	0
20	0	1.00	0.0	631	430	0	0	0	0	0
21	0	1.00	0.0	262	43	0	0	0	0	0
22	0	1.00	0.0	983	642	0	0	0	0	0
23	2	1.00	0.0	146	21	590	111	-610	200	0
24	2	1.00	0.0	430	205	325	44	-50	250	0
25	0	1.00	0.0	605	197	0	0	0	0	0
26	2	1.00	0.0	593	144	3025	551	-100	600	0

Tabel 3.3 Line data sistem 500 kV Jawa-Bali

Bus nl	Bus nr	R p.u	X p.u	$\frac{1}{2}$ B p.u	Lines
2	1	0.00014	0.00141	0.00568	1
2	3	0.00125	0.01401	0.00057	1
2	6	0.00735	0.07066	0.00011	1
3	7	0.01313	0.14692	0.00005	1
5	4	0.00302	0.03385	0.00023	1
5	6	0.00595	0.05724	0.00014	1
7	14	0.00822	0.09199	0.00008	1
9	7	0.00444	0.04267	0.00008	1
9	8	0.00197	0.01896	0.00042	1
10	5	0.00069	0.00667	0.00119	1
10	7	0.00182	0.01753	0.00045	1
11	7	0.00621	0.05967	0.00013	1
11	8	0.00562	0.05404	0.00014	1
12	11	0.00564	0.05422	0.00014	1
12	13	0.00547	0.05264	0.00015	1
14	13	0.00294	0.02833	0.00028	1
14	16	0.00391	0.04380	0.00018	1
15	10	0.02811	0.31449	0.00002	1
17	16	0.01398	0.13433	0.00005	1
17	19	0.02695	0.25898	0.00003	1
19	18	0.01353	0.15140	0.00005	1
19	20	0.00903	0.08681	0.00009	1
19	21	0.02347	0.22558	0.00003	1
20	15	0.03062	0.34257	0.00002	1
21	22	0.00059	0.05740	0.00013	1
22	19	0.02979	0.28622	0.00002	1
22	24	0.00797	0.08919	0.00008	1
23	22	0.00280	0.02691	0.00029	1
25	20	0.02058	0.23025	0.00003	1
26	24	0.00887	0.09924	0.00008	1
26	25	0.02058	0.23025	0.00003	1

3.1.2 Data Pembangkit

Bagus Wicaksono, 2015

KOORDINASI PEMBANGKIT HYDRO-THERMAL JANGKA PENDEK MENGGUNAKAN SIMULATED ANNEALING

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

Data yang dibutuhkan untuk perhitungan koordinasi hidrotermal yaitu batasan pengoperasian setiap pembangkit. Adapun batas minimum dan maksimum pembangkit yang beroperasi pada sistem interkoneksi 500 kV Jawa-Bali dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.4 Batas minimum dan maksimum pembangkit

Pembangkit	P min (MW)	P maks (MW)
Saguling	100	700
Cirata	60	1000
Suralaya	1600	3400
Muaratawar	750	1700
Tanjung Jati	1400	2700
Gresik	900	2100
Paiton	1400	3200
Grati	150	500

Selanjutnya perhitungan dilakukan dengan mencari nilai karakteristik dari unit pembangkit hidro dan pembangkit termal. Fungsi polynomial digunakan untuk mencari persamaan karakteristik dari pembangkit hidro dan termal. Untuk pembangkit hidro, karakteristik didapatkan setelah memasukkan empat nilai percobaan debit air terhadap kapasitas pembangkitan. Data debit air pembangkit hidro dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 3.5 Data debit air pembangkit hidro

PLTA Saguling		PLTA Cirata	
Debit Air	Daya (MW)	Debit Air	Daya (MW)
111618	100	271702	80
137699	200	317653	100
157896	300	350093	300
216780	400	495532	400

Untuk pembangkit termal, karakteristik didapatkan dengan mengolah empat titik heat rate yang diperoleh dari hasil percobaan. Persamaan biaya bahan bakar dari setiap unit pembangkit termal dapat diketahui setelah persamaan karakteristik yang telah kita dapat dikalikan dengan biaya bahan bakar. Data persamaan heat rate dapat dilihat pada tabel 3.4.

Tabel 3.6 Data heat rate pembangkit termal

No Bus	Daya Pembangkitan (MW)				Heat-Rate (Btu/kWh)			
	1	2	3	4	1	2	3	4
1	1703	2221	2561	3247	76492.24	74493.38	73454.29	71796.5
8	666	826	993	1140	112582.84	112253.66	100783.99	98182.3
25	1227	1525	1812.8	1982.8	28800.93	28483.89	28186.52	27978.62
20	1141	1382	1649	1973	191161.2	189915.88	189237.69	188630.89
21	2071.5	2792.5	3358.75	4005	76161.72	73013.27	70840.3	68897.35
19	320	400	560	795.6	124583.96	111932.42	108890.5	106665.57

3.1.3 Data Beban

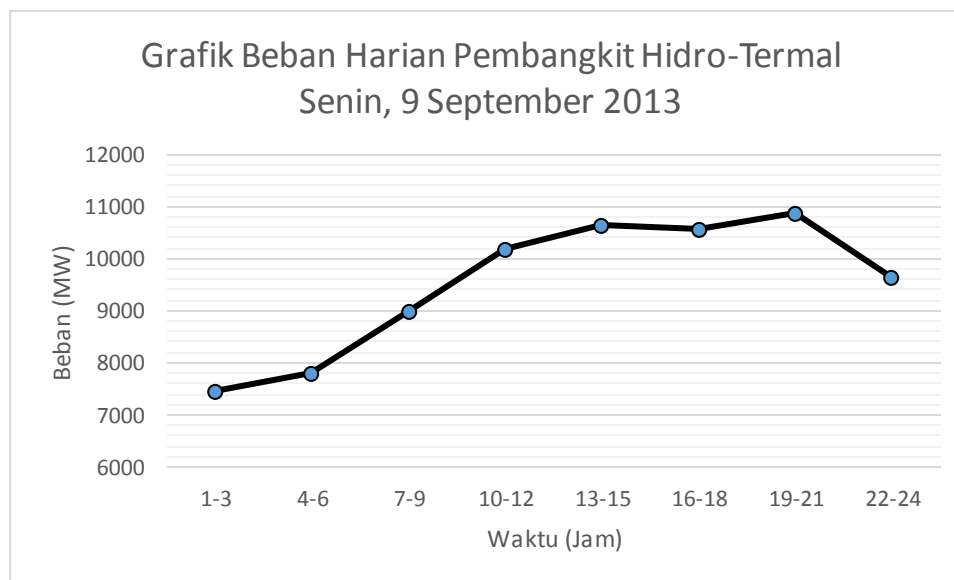
Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data pembebanan pada sistem interkoneksi 500 kV Jawa-Bali pada hari senin, 9 September 2013. Adapun data pembebanan untuk tiap unit pembangkit dimulai dari pukul 01.00 sampai dengan interval data pembebanan 1 jam dapat dilihat pada tabel 3.5.

Tabel 3.7 Data pembebanan selama 24 jam

Pukul	Saguling	Cirata	Suralaya	Muaratawar	Tanjung Jati	Gresik	Paiton	Grati
01.00	110.24	0	2032	724.06	1818	288.92	2398.49	411.61
02.00	102.36	0	2038	676.88	1656	288.92	2198.71	407.48
03.00	105.31	0	2058	651.48	1517	288.92	2204.64	404.52
04.00	171.26	0	2037	650.13	1361	288.92	2157.42	402.76
05.00	92.52	0	2490	706.31	1579	288.92	2479.7	438.78
06.00	91.54	0	2728	613.75	1693	288.92	2439.34	454.73
07.00	107.28	111	2534	734.43	1591	288.92	2290.61	406.29
08.00	110.24	110	2964	686.06	1828	288.92	2616.95	405.11
09.00	187.99	30	2951	981.79	1977	492.46	2956.29	377.36
10.00	293.31	62	2979	982.42	1989	513.84	2997.85	376.18
11.00	289.38	66	3162	1220.23	1986	513.84	2998.86	320.68
12.00	185.04	60	3195	1167.54	1823	513.84	2574.27	325.4
13.00	288.39	109	3266	1393.11	1928	513.84	2656.1	284.65
14.00	281.49	59	3249	1319.98	1986	513.84	3011.14	377.96
15.00	183.08	60	3241	1273.65	1986	513.84	3022.58	401.58
16.00	202.75	91	3251	1178.63	1988	513.84	2844.42	412.79
17.00	184.05	59	3095	1093.42	1987	513.84	2844.86	341.33
18.00	339.57	156	3218	1156.97	1986	513.84	3023.58	689.17
19.00	298.24	158	3137	1159.86	1975	513.84	3024.86	747.24
20.00	304.14	171	3155	1166.48	1989	513.84	3017.19	685.67
21.00	301.19	138	3161	1056.47	1986	513.84	3021.68	491.26
22.00	88.58	60	3089	843.31	1989	513.84	2839.84	400.91
23.00	95.47	66	2934	942.28	1965	513.84	2837.91	289.9

24.00 95.47 63 2961 720.03 1973 513.84 2863 292.2

Dari data pembebanan tiap pembangkit setiap satu jam terlihat kenaikan atau penurunan beban untuk tiap-tiap jamnya tidak terlalu jauh berbeda. Berdasarkan data tersebut maka penulis membuat pembebanan rata-rata setiap 3 jam sekali dalam 1 periode yang dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Grafik beban harian pembangkit hidrotermal
(Senin, 9 September 2013)

Data beban harian dibagi menjadi 8 periode, dimana setiap periodenya merupakan beban rata-rata selama 3 jam. Dari gambar dapat dilihat bahwa beban puncak berada pada periode 7, yaitu pukul 19.00–21.00 WIB dengan nilai beban mencapai 10895,27 MW dan beban minimal terjadi pada periode 1, yaitu pukul 01.00–03.00 WIB dengan nilai beban rata-rata sebesar 7460,51 MW.

Tabel 3.8 Pembagian periode waktu

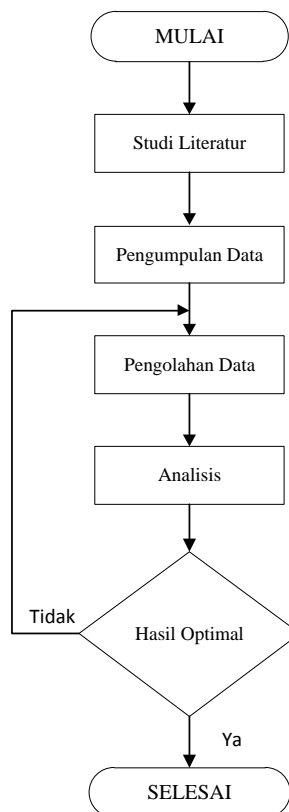
Periode	Waktu			Beban Rata-rata (MW)
1	01.00	02.00	03.00	7460,51
2	04.00	05.00	06.00	7817,67
3	07.00	08.00	09.00	9008,90
4	10.00	11.00	12.00	10198,23
5	13.00	14.00	15.00	10639,74
6	16.00	17.00	18.00	10561,35
7	19.00	20.00	21.00	10895,27
8	22.00	23.00	24.00	9650,14

3.2 Perangkat Penelitian

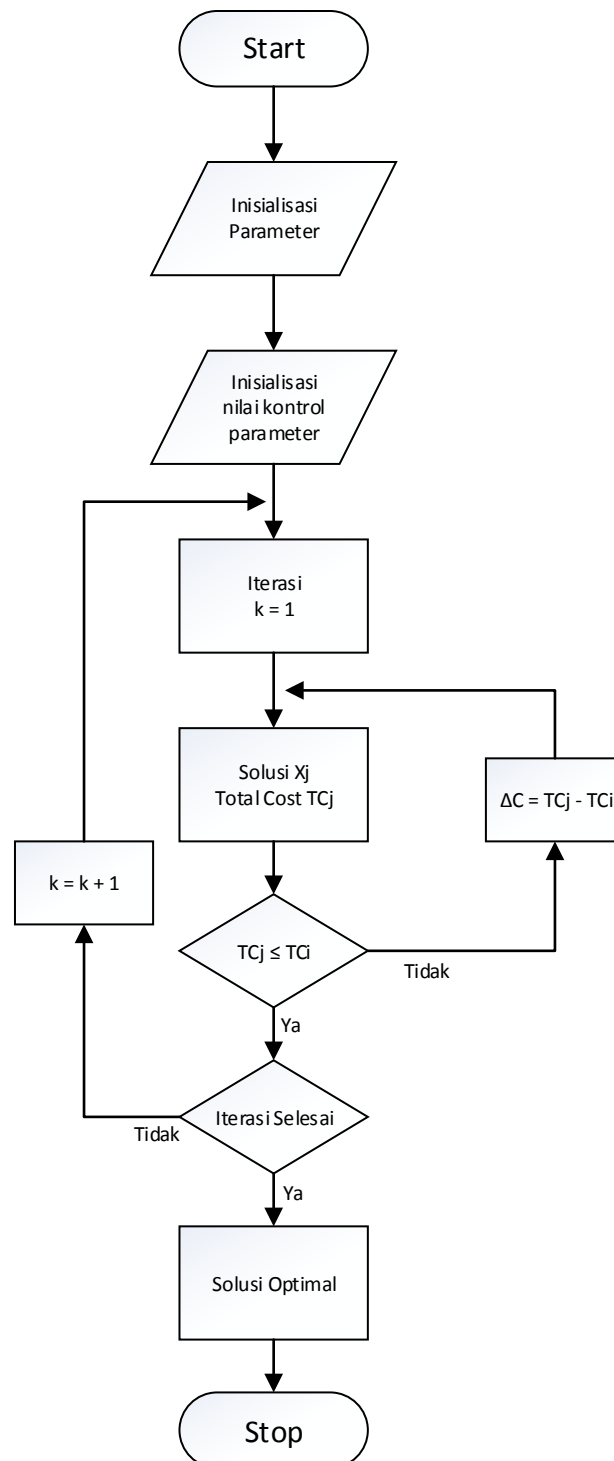
Penelitian mengenai optimisasi pembangkitan hidrotermal dapat dilakukan dengan sistem komputerisasi. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan laptop yang memiliki spesifikasi OS yang digunakan Microsoft Windows 7 Home Premium 64-bit dan Processor Intel ® Core ™ i3 CPU. Penelitian ini juga ditunjang dengan beberapa software yang bertujuan untuk membantu penulis dalam melakukan optimisasi pembangkitan hidrotermal. Adapun software yang digunakan diantaranya Microsoft Excel, Microsoft Word, MATLAB, dan Mendeley.

3.3 Prosedur Penelitian

Agar penulisan dalam penelitian ini lebih terarah dan sistematis, maka di bawah ini merupakan diagram alir dari penelitian skripsi dan algoritma *simulated annealing* yang menunjukkan langkah-langkah dari optimisasi pembangkitan hidrotermal namun tetap memperhatikan batasan-batasan yang ada dalam sistem dan pembangkitan tenaga listrik.



Gambar 3.3 Diagram alir penelitian skripsi

Gambar 3.4 Diagram alir algoritma *simulated annealing*

Penelitian menggunakan metode *simulated annealing* mempunyai tahapan sebagai berikut:

Bagus Wicaksono, 2015

KOORDINASI PEMBANGKIT HYDRO-THERMAL JANGKA PENDEK MENGGUNAKAN SIMULATED ANNEALING

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

- Langkah 1 : Tentukan kemungkinan solusi yang layak dengan memasukan data berupa fungsi objektif dan fungsi kendala.
- Langkah 2 : Atur nilai parameter control atau jumlah iterasi maksimal yang akan dilakukan, pada metode ini jumlah iterasi ditentukan oleh nilai suhu temperaturnya.
- Langkah 3 : Mulai iterasi pertama
- Langkah 4 : Mendapatkan solusi awal X_j dan jumlah dari fungsi biaya TC_j
- Langkah 5 : Jika $TC_j \leq TC_i$ maka $X_i = X_j$ dan $TC_j = TC_i$ Lanjutkan ke langkah berikutnya. Jika tidak hitung nilai deviasi biaya $\Delta C = TC_j - TC_i$ sehingga mendapat nilai X_i
- Langkah 6 : Lakukan proses tersebut sampai iterasi terakhir.
- Langkah 7 : Mendapatkan solusi optimal
- Langkah 8 : Selesai