

**OPERASI EKONOMIS PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK DENGAN
METODE ITERASI LAMBDA MENGGUNAKAN KOMPUTASI
PARALEL**

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI ELEKTRIK**

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**



**Disusun oleh:
DHEO KRISTIANTO
NIM. 105060300111035 - 63**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2014**

PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena hanya dengan berkat rahmat, barokah dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik yang berjudul "Operasi Ekonomis Pembangkit Tenaga Listrik dengan Metode Iterasi Lambda Menggunakan Komputasi Paralel".

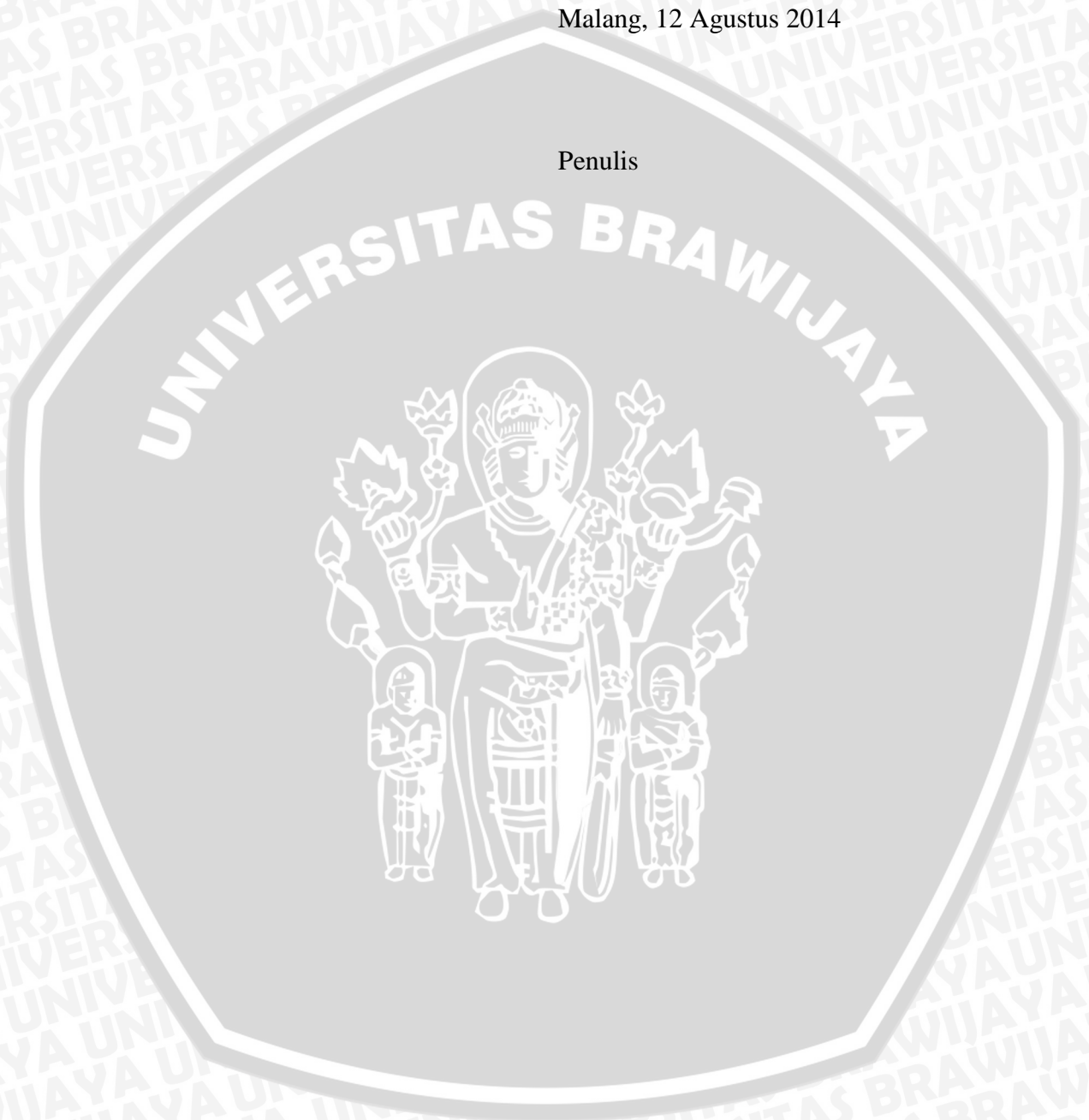
Ucapan terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu hingga dapat diselesaikannya penelitian ini. Ungkapan rasa terima kasih ini khususnya diucapkan kepada :

1. Bapak M. Aziz Muslim, S.T., M.T, Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro.
2. Bapak Hadi Suyono, S.T., M.T, Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
3. Bapak Mochammad Rif'an S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro.
4. Ibu Dr. Rini Nur Hasanah, S.T., M.Sc. selaku KKDK Teknik Energi Elektrik.
5. Bapak Hadi Suyono, S.T., M.T, Ph.D dan Bapak Ir. Wijono, M.T., Ph.D selaku dosen pembimbing skripsi yang selalu membimbing dengan penuh kesabaran dan memberi pengarahan penulis dalam penelitian ini.
6. Keluarga dan saudara – saudaraku.
7. Teman – teman HMH : Adiyatma, Abu tempe, Afnan, Arez, Ari, Azis, Azri, Basori, Boni, Dwi Yoga, Faishol, Fajar, Fery, Gosi, Imam, Iqbal, Kevin, Maman, Nizar, Riza A, Rize, Radek, Jendra, Samto, Fauzan, Alvin, Mu'ammarr, dan seterusnya yang tidak saya sebutkan satu per satu.
8. Teman - teman mahasiswa Teknik Elektro angkatan 2010 (*Magnet*'10), teman - teman mahasiswa konsentrasi Teknik Energi Elektrik, teman – teman Asisten Laboratorium Mesin Elektrik, dan teman-teman RisTIE.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penelitian ini dirasa masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu saran dan kritik mengenai penelitian ini diharapkan oleh penulis. Saran dan kritik ditujukan agar penelitian ini dapat menjadi karya tulis yang lebih baik dan lebih berguna. Akhir kata, semoga laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, 12 Agustus 2014

Penulis



DAFTAR ISI

PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
ABSTRAK.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Ruang Lingkup.....	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Hipotesis	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Operasi Ekonomis Sistem Tenaga Listrik.....	5
2.2 Karakteristik <i>Input – Output</i> Pembangkit.....	6
2.3 Metode <i>Lagrange</i>	8
2.4 Operasi Ekonomis Metode Iterasi Lambda.....	10
2.5 Komputasi Paralel.....	13
2.6 Arsitektur Komputer Paralel.....	14
2.7 <i>Parallel Computing Toolbox (PCT)</i> Matlab	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Studi Literatur	19
3.2 Pengambilan Data	19
3.3 Perhitungan Operasi Ekonomis Metode Iterasi Lambda	20
3.4 Analisis Hasil Perhitungan.....	23
3.5 Penarikan kesimpulan	23

BAB IV PEMBAHASAN	24
4.1 Simulasi Data IEEE 30 Bus	24
4.2 Algoritma Perhitungan Operasi Ekonomis Komputasi Serial	26
4.3 Algoritma perhitungan operasi ekonomis komputasi paralel	27
4.4 Operasi Ekonomis pembangkit tenaga listrik menggunakan data IEEE 30 Bus	28
4.4.1 Langkah – langkah perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data IEEE 30 Bus kombinasi 1-1-1-1-1-1.	32
4.4.2 Langkah – langkah perhitungan operasi ekonomis komputasi paralel menggunakan data IEEE 30 Bus kombinasi 1-1-1-1-1-1.	36
4.5 Sistem Kelistrikan 500 kV Jawa – Bali	44
4.6 Operasi ekonomis sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 1.30 - 2.29 WIB	49
4.6.1 Langkah – langkah perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 1.30 untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.	51
4.6.2 Langkah – langkah perhitungan operasi ekonomis komputasi paralel menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 1.30 - 2.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.	53
4.6.3 Perhitungan biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 1.30 - 2.29 WIB	57
4.7 Operasi ekonomis sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 2.30 - 3.29 WIB	58
4.7.1 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 2.30 - 3.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.....	59
4.7.2 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi paralel menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 2.30 - 3.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.....	60
4.7.3 Perhitungan biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 2.30 - 3.29 WIB	60



4.8	Operasi ekonomis sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 3.30 - 4.29 WIB dan 4.30 - 5.29 WIB	61
4.8.1	Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 3.30 - 4.29 WIB dan 4.30 - 5.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.	62
4.8.2	Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi paralel menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 3.30 - 4.29 WIB dan 4.30 - 5.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.	63
4.8.3	Perhitungan biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 3.30 - 4.29 WIB dan 4.30 - 5.29 WIB	63
4.9	Operasi ekonomis sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 5.30 - 6.29 WIB	64
4.9.1	Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 5.30 - 6.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.....	65
4.9.2	Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi paralel menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 5.30 - 6.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.....	66
4.9.3	Perhitungan biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 5.30 - 6.29 WIB	66
4.10	Operasi ekonomis sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 6.30 - 7.29 WIB	67
4.10.1	Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 6.30 - 7.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.....	68
4.10.2	Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi paralel menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 6.30 - 7.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.....	69
4.10.3	Perhitungan biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 6.30 - 7.29 WIB	69
4.11	Operasi ekonomis sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 7.30 - 8.29 WIB	70



4.11.1 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 7.30 - 8.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.....	71
4.11.2 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi paralel menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 7.30 - 8.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.....	72
4.11.3 Perhitungan biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 7.30 - 8.29 WIB.....	72
4.12 Operasi ekonomis sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 8.30 - 9.29 WIB	73
4.12.1 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 8.30 - 9.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.....	74
4.12.2 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi paralel menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 8.30 - 9.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.....	74
4.12.3 Perhitungan biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 8.30 dan 4.30 WIB	75
4.13 Operasi ekonomis sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 9.30 - 10.29 WIB	75
4.13.1 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 9.30 - 10.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-1-1-0.	77
4.13.2 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi paralel menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 9.30 - 10.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-1-1-0.	77
4.13.3 Perhitungan biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 9.30 - 10.29 WIB.....	77
4.13 Operasi ekonomis sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 10.30 - 11.29 WIB	78
4.13.1 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 10.30 - 11.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.	79



4.13.2 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi paralel menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 10.30 - 11.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.	80
4.13.3 Perhitungan biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 10.30 - 11.29 WIB	80
4.15 Operasi ekonomis sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 11.30 - 12.29 WIB	81
4.15.1 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 11.30 - 12.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.	82
4.15.2 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi paralel menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 11.30 - 12.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.	83
4.15.3 Perhitungan biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 11.30 - 12.29 WIB	84
4.16 Operasi ekonomis sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 12.30 - 13.29 WIB	85
4.16.1 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 12.30 - 13.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.	86
4.16.2 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi paralel menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 12.30 - 13.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.	86
4.16.3 Perhitungan biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 12.30 - 13.29 WIB	87
4.17 Operasi ekonomis sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 13.30 - 14.29 WIB	87
4.17.1 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 13.30 - 14.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-1-1-0.	88
4.17.2 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi paralel menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 13.30 - 14.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-1-1-0.	89



4.17.3	Perhitungan biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 13.30 - 14.29 WIB	89
4.18	Operasi ekonomis sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 14.30 - 15.29 WIB, 17.30 - 18.29 WIB, dan 21.30 - 22.29 WIB.....	90
4.18.1	Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 14.30 - 15.29 WIB, 17.30 - 18.29 WIB, dan 21.30 - 22.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-1-1-0.	91
4.18.2	Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi paralel menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 14.30 - 15.29 WIB, 17.30 - 18.29 WIB, dan 21.30 - 22.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-1-1-0.	91
4.18.3	Perhitungan biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 14.30, 17.10, dan 21.30 WIB	92
4.19	Operasi ekonomis sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 15.30 - 16.29 WIB dan 16.30 - 17.29 WIB.....	92
4.19.1	Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 15.30 - 16.29 WIB dan 16.30 - 17.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-1-1-0.	93
4.19.2	Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 15.30 - 16.29 WIB dan 16.30 - 17.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-1-1-0.	94
4.19.3	Perhitungan biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 15.30 - 16.29 WIB dan 16.30 - 17.29 WIB.....	94
4.20	Operasi ekonomis sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 18.30 - 19.29 WIB	95
4.20.1	Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 18.30 - 19.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-1-1-1.	
4.20.2	Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi paralel menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 18.30 - 19.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-1-1-1.	96
4.20.3	Perhitungan biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 18.30 - 19.29 WIB.	97



4.21	Operasi ekonomis sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 19.30 - 20.29 WIB	98
4.21.1	Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 19.30 - 20.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-1-1-1.	99
4.21.2	Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi paralel menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 19.30 - 20.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-1-1-1.	99
4.21.3	Perhitungan biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 19.30 - 20.29 WIB	99
4.22	Operasi ekonomis sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 20.30 - 21.29 WIB	100
4.22.1	Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 20.30 - 21.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-1-1-1.	101
4.22.2	Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi paralel menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 20.30 - 21.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-1-1-1.	102
4.22.3	Perhitungan biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 19.30 - 20.29 WIB	102
4.23	Operasi ekonomis sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 22.30 - 23.29 WIB	103
4.23.1	Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 22.30 - 23.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.	104
4.23.2	Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi paralel menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 22.30 - 23.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.	1104
4.23.3	Perhitungan biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 22.30 - 23.29 WIB	105
4.24	Operasi ekonomis sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 23.30 - 24.29 WIB	106
4.24.1	Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 23.30 - 24.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.	107



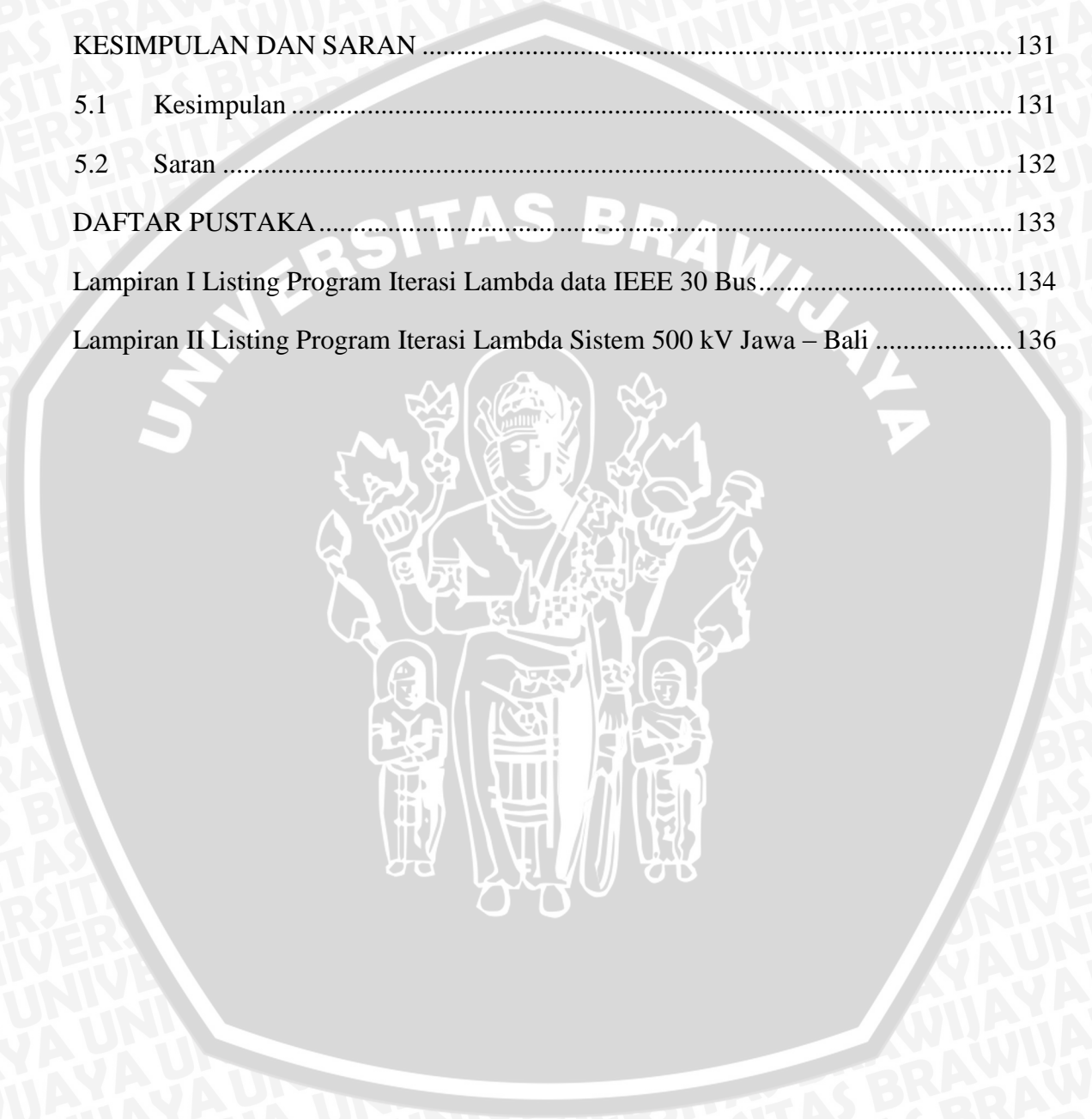
4.24.2 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi paralel menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 23.30 - 24.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.	107
4.24.3 Perhitungan biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 23.30 - 24.29 WIB.	108
4.25 Operasi ekonomis sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 24.30 - 1.29 WIB	109
4.25.1 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 24.30 - 1.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.	110
4.25.2 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi paralel menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 24.30 - 1.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.	111
4.24.3 Perhitungan biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 24.30 - 1.29 WIB	111
4.26 Analisis Hasil Perhitungan pada data IEEE 30 Bus.....	112
4.27 Analisis Hasil Perhitungan pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 1.30 - 2.29 WIB.....	112
4.28 Analisis Hasil Perhitungan pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 2.30 - 3.29 WIB.....	113
4.29 Analisis Hasil Perhitungan pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 3.30 WIB dan 4.30 WIB	113
4.30 Analisis Hasil Perhitungan pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 5.30 - 6.29 WIB.....	114
4.31 Analisis Hasil Perhitungan pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 6.30 - 7.29 WIB.....	115
4.32 Analisis Hasil Perhitungan pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 7.30 - 8.29 WIB.....	116
4.33 Analisis Hasil Perhitungan pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 8.30 - 9.29 WIB.....	117



4.34	Analisis Hasil Perhitungan pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 9.30 - 10.29 WIB.....	117
4.35	Analisis Hasil Perhitungan pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 10.30 - 11.29 WIB	118
4.36	Analisis Hasil Perhitungan pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 11.30 - 12.29 WIB	118
4.37	Analisis Hasil Perhitungan pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 12.30 - 13.29 WIB	119
4.38	Analisis Hasil Perhitungan pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 13.30 - 14.29 WIB	120
4.39	Analisis Hasil Perhitungan pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 14.30 - 15.29 WIB, 17.30 - 18.29 WIB, dan 21.30 - 22.29 WIB	120
4.40	Analisis Hasil Perhitungan pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 15.30, dan 16.30 WIB	121
4.41	Analisis Hasil Perhitungan pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 17.30 WIB.....	122
4.42	Analisis Hasil Perhitungan pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 18.30 - 19.29 WIB	122
4.43	Analisis Hasil Perhitungan pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 19.30 - 20.29 WIB	123
4.44	Analisis Hasil Perhitungan pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 20.30 - 21.29 WIB	124
4.45	Analisis Hasil Perhitungan pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 22.30 - 23.29 WIB	124
4.46	Analisis Hasil Perhitungan pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 23.30 - 24.29 WIB	125
4.47	Analisis Hasil Perhitungan pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 24.30 - 1.29 WIB	126
4.48	Penjadwalan jangka pendek sistem 500 kV Jawa – Bali menggunakan metode Iterasi Lambda.....	126



4.49 Waktu Perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel data IEEE 30 Bus	128
4.50 Waktu Perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel sistem 500 kV Jawa – Bali	129
BAB V	131
KESIMPULAN DAN SARAN	131
5.1 Kesimpulan	131
5.2 Saran	132
DAFTAR PUSTAKA	133
Lampiran I Listing Program Iterasi Lambda data IEEE 30 Bus	134
Lampiran II Listing Program Iterasi Lambda Sistem 500 kV Jawa – Bali	136



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Unit Boiler – Turbin - Generator	7
Gambar 2.2 Karakteristik <i>input – output</i> pembangkit	7
Gambar 2.3 Unit – unit PLTU yang memikul beban P_R	8
Gambar 2.4 Penyelesaian sebuah masalah pada komputasi tunggal	13
Gambar 2.5 Penyelesaian sebuah masalah pada komputasi paralel	13
Gambar 2.6 Skema <i>Single Instruction Single Data</i>	15
Gambar 2.7 Skema <i>Single Instruction Multiple Data</i>	15
Gambar 2.8 Skema <i>Multiple Instruction Single Data</i>	16
Gambar 2.9 Skema <i>Multiple Instruction Multiple Data</i>	16
Gambar 3.1 Diagram alir kerangka pembahasan.....	19
Gambar 3.2 Diagram alir perhitungan operasi ekonomis pembangkit tenaga listrik	20
Gambar 3.3 Diagram alir perhitungan operasi ekonomis metode iterasi lambda komputasi serial	21
Gambar 3.4 Diagram alir perhitungan operasi ekonomis metode iterasi lambda komputasi paralel.....	22
Gambar 4.1 Diagram satu garis IEEE 30 Bus	24
Gambar 4.2 Diagram satu garis sistem 500 kV Jawa – Bali.....	44

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data Daya Beban IEEE 30 Bus	25
Tabel 4.2 Data Koefisien – koefisien fungsi biaya bahan bakar IEEE 30 Bus.....	25
Tabel 4.3 Data Batas – batas Daya Nyata IEEE 30 Bus.....	26
Tabel 4.4 Kombinasi Penjadwalan 6 Unit pembangkit Data IEEE 30 Bus.....	29
Tabel 4.5 Biaya total bahan bakar untuk kombinasi yang memenuhi syarat $Pi\ max \geq PR$	31
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Iterasi Lambda komputasi Serial data IEEE 30 Bus.....	36
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Iterasi lambda komputasi paralel data IEEE 30 Bus.....	42
Tabel 4.8 Batas kemampuan daya aktif sistem 500 kV Jawa – Bali.	45
Tabel 4.9 Koefisien – koefisien biaya bahan bakar sistem 500 kV Jawa – Bali.	45
Tabel 4.10 Fungsi biaya pembangkitan pada pembangkit listrik tenaga air sistem 500 kV Jawa – Bali.....	45
Tabel 4.11 Penjadwalan pembangkit sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 13.30 - 14.29 WIB sebelum dilakukan operasi ekonomis.	46
Tabel 4.12 Data daya beban untuk penjadwalan 24 jam sistem 500 kV Jawa – Bali.....	47
Tabel 4.13 Daftar kombinasi penjadwalan untuk 6 unit pembangkit termal pada sistem 500 kV Jawa – Bali.....	47
Tabel 4.14 Biaya total bahan bakar untuk kombinasi yang memenuhi syarat $Pi\ max \geq PR$ sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 1.30 - 2.29 WIB.....	50
Tabel 4.15 Hasil perhitungan Iterasi Lambda sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 1.30.	53
Tabel 4.16 Hasil perhitungan Iterasi Lambda Komputasi paralel sistem 500 kV Jawa – Bali jam 1.30.....	57
Tabel 4.18 Biaya total bahan bakar untuk kombinasi yang memenuhi syarat $Pi\ max \geq PR$ sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 2.30 - 3.29 WIB.....	58
Tabel 4.19 Hasil perhitungan Iterasi Lambda sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 2.30 - 3.29 WIB.....	59

Tabel 4.20 Hasil perhitungan Iterasi Lambda Komputasi paralel sistem 500 kV Jawa – Bali jam 2.30 - 3.29 WIB.....	60
Tabel 4.21 Biaya total bahan bakar untuk kombinasi yang memenuhi syarat $Pi_{max} \geq PR$ sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 3.30 dan 4.30 WIB.	61
Tabel 4.22 Hasil perhitungan Iterasi Lambda sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 3.30 - 4.29 WIB dan 4.30 - 5.29 WIB	62
Tabel 4.23 Hasil perhitungan Iterasi Lambda Komputasi paralel sistem 500 kV Jawa – Bali jam 3.30 - 4.29 WIB dan 4.30 - 5.29 WIB.....	63
Tabel 4.24 Biaya total bahan bakar untuk kombinasi yang memenuhi syarat $Pi_{max} \geq PR$ sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 5.30 - 6.29 WIB.....	64
Tabel 4.25 Hasil perhitungan Iterasi Lambda sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 5.30 - 6.29 WIB.....	65
Tabel 4.26 Hasil perhitungan Iterasi Lambda Komputasi paralel sistem 500 kV Jawa – Bali jam 5.30 WIB.....	66
Tabel 4.27 Biaya total bahan bakar untuk kombinasi yang memenuhi syarat $Pi_{max} \geq PR$ sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 6.30 - 7.29 WIB.....	67
Tabel 4.28 Hasil perhitungan Iterasi Lambda sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 6.30 - 7.29 WIB.....	68
Tabel 4.29 Hasil perhitungan Iterasi Lambda Komputasi paralel sistem 500 kV Jawa – Bali jam 6.30 - 7.29 WIB.....	69
Tabel 4.30 Biaya total bahan bakar untuk kombinasi yang memenuhi syarat $Pi_{max} \geq PR$ sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 7.30 - 8.29 WIB.....	70
Tabel 4.31 Hasil perhitungan Iterasi Lambda sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 1.30 - 2.29 WIB.....	71
Tabel 4.32 Hasil perhitungan Iterasi Lambda Komputasi paralel sistem 500 kV Jawa – Bali jam 7.30 - 8.29 WIB.....	72
Tabel 4.33 Biaya total bahan bakar untuk kombinasi yang memenuhi syarat $Pi_{max} \geq PR$ sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 8.30 - 9.29 WIB.....	73
Tabel 4.34 Hasil perhitungan Iterasi Lambda sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 8.30 - 9.29 WIB.....	74



Tabel 4.35 Hasil perhitungan Iterasi Lambda Komputasi paralel sistem 500 kV Jawa – Bali jam 8.30 - 9.29 WIB.....	74
Tabel 4.36 Biaya total bahan bakar untuk kombinasi yang memenuhi syarat $Pi_{max} \geq PR$ sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 9.30 - 10.29 WIB.....	76
Tabel 4.37 Hasil perhitungan Iterasi Lambda sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 9.30 - 10.29 WIB.....	77
Tabel 4.37 Hasil perhitungan Iterasi Lambda Komputasi paralel sistem 500 kV Jawa – Bali jam 9.30 - 10.29 WIB.....	77
Tabel 4.38 Biaya total bahan bakar untuk kombinasi yang memenuhi syarat $Pi_{max} \geq PR$ sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 10.30 - 11.29 WIB.....	79
Tabel 4.39 Hasil perhitungan Iterasi Lambda sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 10.30 - 11.29 WIB.....	80
Tabel 4.40 Hasil perhitungan Iterasi Lambda Komputasi paralel sistem 500 kV Jawa – Bali jam 10.30 - 11.29 WIB.....	80
Tabel 4.41 Biaya total bahan bakar untuk kombinasi yang memenuhi syarat $Pi_{max} \geq PR$ sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 11.30 - 12.29 WIB.....	81
Tabel 4.42 Hasil perhitungan Iterasi Lambda sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 11.30 - 12.29 WIB.....	82
Tabel 4.43 Hasil perhitungan Iterasi Lambda Komputasi paralel sistem 500 kV Jawa – Bali jam 11.30 - 12.29 WIB.....	84
Tabel 4.44 Biaya total bahan bakar untuk kombinasi yang memenuhi syarat $Pi_{max} \geq PR$ sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 12.30 - 13.29 WIB.....	85
Tabel 4.45 Hasil perhitungan Iterasi Lambda sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 12.30 - 13.29 WIB.....	86
Tabel 4.46 Hasil perhitungan Iterasi Lambda Komputasi paralel sistem 500 kV Jawa – Bali jam 12.30 - 13.29 WIB.....	86
Tabel 4.47 Biaya total bahan bakar untuk kombinasi yang memenuhi syarat $Pi_{max} \geq PR$ sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 13.30 - 14.29 WIB.....	88
Tabel 4.48 Hasil perhitungan Iterasi Lambda sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 13.30 - 14.29 WIB.....	88



Tabel 4.49 Hasil perhitungan Iterasi Lambda Komputasi paralel sistem 500 kV Jawa – Bali jam 13.30 - 14.29 WIB.....	89
Tabel 4.50 Biaya total bahan bakar untuk kombinasi yang memenuhi syarat $Pi_{max} \geq PR$ sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 14.30 - 15.29 WIB, 17.30 - 18.29 WIB, dan 21.30 - 22.29 WIB	90
Tabel 4.51 Hasil perhitungan Iterasi Lambda sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 14.30 - 15.29 WIB, 17.30 - 18.29 WIB, dan 21.30 - 22.29 WIB.	91
Tabel 4.52 Hasil perhitungan Iterasi Lambda Komputasi paralel sistem 500 kV Jawa – Bali jam 14.30 - 15.29 WIB, 17.30 - 18.29 WIB, dan 21.30 - 22.29 WIB.....	91
Tabel 4.53 Biaya total bahan bakar untuk kombinasi yang memenuhi syarat $Pi_{max} \geq PR$ sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 15.30 - 16.29 WIB dan 16.30 - 17.29 WIB ...	93
Tabel 4.54 Hasil perhitungan Iterasi Lambda sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 15.30 - 16.29 WIB dan 16.30 - 17.29 WIB	94
Tabel 4.55 Hasil perhitungan Iterasi Lambda Komputasi paralel sistem 500 kV Jawa – Bali jam 15.30 - 16.29 WIB dan 16.30 - 17.29 WIB.....	94
Tabel 4.56 Biaya total bahan bakar untuk kombinasi yang memenuhi syarat $Pi_{max} \geq PR$ sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 18.30 - 19.29 WIB.....	95
Tabel 4.57 Hasil perhitungan Iterasi Lambda sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 18.30 - 19.29 WIB.	96
Tabel 4.58 Hasil perhitungan Iterasi Lambda Komputasi paralel sistem 500 kV Jawa – Bali jam 18.30 - 19.29 WIB.....	97
Tabel 4.59 Biaya total bahan bakar untuk kombinasi yang memenuhi syarat $Pi_{max} \geq PR$ sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 19.30 - 20.29 WIB.....	98
Tabel 4.59 Hasil perhitungan Iterasi Lambda sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 19.30 - 20.29 WIB.	99
Tabel 4.60 Hasil perhitungan Iterasi Lambda Komputasi paralel sistem 500 kV Jawa – Bali jam 19.30 - 20.29 WIB.....	99
Tabel 4.61 Biaya total bahan bakar untuk kombinasi yang memenuhi syarat $Pi_{max} \geq PR$ sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 20.30 - 21.29 WIB.....	101



Tabel 4.62 Hasil perhitungan Iterasi Lambda sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 20.30 - 21.29 WIB. 101

Tabel 4.63 Hasil perhitungan Iterasi Lambda Komputasi paralel sistem 500 kV Jawa – Bali jam 20.30 - 21.29 WIB..... 102



ABSTRAK

Dheo Kristianto. 2014. **Operasi Ekonomis Pembangkit Tenaga Listrik dengan Metode Iterasi Lambda Menggunakan Komputasi Paralel**. Skripsi Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Dosen Pembimbing: Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D., dan Ir. Wijono, M.T., Ph.D.

Operasi ekonomis pembangkit tenaga listrik merupakan aspek penting dalam manajemen sistem tenaga listrik. Penelitian ini membahas tentang operasi ekonomis pembangkit tenaga listrik dengan menerapkan metode iterasi lambda menggunakan komputasi paralel. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan penjadwalan pada masing – masing unit pembangkit tenaga listrik sehingga didapatkan daya keluaran yang optimal dengan biaya total bahan bakar yang minimum dan membandingkan waktu perhitungan iterasi lambda pada operasi ekonomis pembangkit tenaga listrik dengan menggunakan komputasi paralel dan serial. Data yang diuji dalam penelitian ini adalah pembangkit listrik tenaga termal sistem IEEE 30 Bus dan sistem 500 kV Jawa – Bali. Perhitungan operasi ekonomis pada penelitian ini dilakukan dengan mencari kombinasi penjadwalan (*On/Off*) dari masing – masing unit pembangkit. Kemudian menentukan biaya bahan bakar pada masing – masing kombinasi menggunakan metode iterasi lambda komputasi serial. Kombinasi yang dipilih adalah kombinasi yang menghasilkan biaya bahan bakar yang paling murah. Kombinasi penjadwalan yang menghasilkan biaya bahan bakar paling murah akan dianalisis menggunakan metode iterasi lambda komputasi paralel

Kata Kunci—Operasi ekonomis, iterasi lambda, komputasi serial, komputasi paralel, core prosesor.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi yang semakin berkembang mengakibatkan kebutuhan energi listrik meningkat dan beban selalu berubah setiap saat. Pada kondisi ini pembangkit harus mampu melayani beban dengan biaya pembangkitan minimal. Untuk itu pembangkit harus dilakukan penjadwalan unit pembangkit tanpa mengurangi syarat pelayanan dan biaya yang minimal. Untuk itu diperlukan suatu metode untuk melakukan penjadwalan unit pembangkit dengan memperhatikan segi ekonomis.

Pembangkit listrik tenaga termal adalah pembangkit listrik yang mengubah energi panas menjadi energi listrik, dengan memanfaatkan energi dari pembakaran dari suatu zat. Zat tersebut menghasilkan energi dalam bentuk aliran tekanan untuk menggerakkan turbin generator hingga menghasilkan energi listrik. Energi panas dihasilkan dari proses pembakaran seperti minyak, gas, batubara dan lain-lain. Sedangkan biaya produksi seperti biaya bahan bakar adalah mahal. Untuk memproduksi tenaga listrik yang semurah mungkin pada suatu sistem tenaga yang semua pembangkitnya terdiri dari pembangkit listrik tenaga termal, dibutuhkan penjadwalan ekonomis.

Pengoperasian pembangkit secara ekonomis dipengaruhi oleh karakteristik pembangkit, batas – batas daya keluaran pembangkit, dan biaya bahan bakar untuk mengoperasikan pembangkit.

Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan operasi ekonomis pembangkit – pembangkit termal. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk melakukan operasi ekonomis adalah metode iterasi lambda. Penyelesaian menggunakan metode iterasi lambda melibatkan suatu proses perulangan (iterasi).

Pada saat ini, perhitungan iterasi dilakukan dengan menggunakan komputer. Komputer mampu mempercepat proses perhitungan iterasi dibandingkan dengan perhitungan secara manual. Berdasarkan penggunaan komputer, perhitungan iterasi dapat dibedakan menjadi dua, yaitu perhitungan iterasi komputasi serial dan perhitungan iterasi komputasi paralel.

Perhitungan iterasi dengan komputasi serial merupakan perhitungan dengan menggunakan solusi konvensional berupa algoritma serial. Algoritma serial diproses

oleh komputer dengan menggunakan satu prosesor. Sedangkan perhitungan iterasi dengan komputasi paralel merupakan perhitungan yang diparalelkan pada beberapa prosesor. Perhitungan ini merupakan pengembangan dari perhitungan iterasi dengan komputasi serial yang perhitungannya dikerjakan secara bersama – sama dengan menggunakan beberapa prosesor.

Dalam skripsi ini akan dilakukan perhitungan operasi ekonomis pembangkit tenaga listrik dengan metode iterasi lambda yang diparalelkan pada beberapa prosesor. Walaupun metode iterasi lambda merupakan metode yang perhitungannya dilakukan secara serial, metode ini akan disusun algoritmanya menjadi metode iterasi lambda komputasi paralel. Dalam skripsi ini akan dibandingkan kecepatan perhitungan operasi ekonomis pembangkit tenaga listrik dengan metode iterasi lambda komputasi serial dengan perhitungan metode iterasi lambda komputasi paralel.

1.2 Rumusan Masalah

Untuk melakukan operasi ekonomis pembangkit tenaga listrik, maka perlu dilakukan suatu rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perbandingan hasil perhitungan antara komputasi serial dan komputasi paralel pada operasi ekonomis pembangkit tenaga listrik?
2. Berapakah biaya total bahan bakar setelah dilakukan perhitungan menggunakan metode iterasi lambda?
3. Bagaimana perbandingan waktu perhitungan iterasi yang dibutuhkan antara komputasi serial dan komputasi paralel?

1.3 Ruang Lingkup

Penyusunan penelitian ini menggunakan batasan masalah sebagai berikut:

1. Simulasi perhitungan menggunakan perangkat lunak Matlab.
2. Proses perhitungan paralel menggunakan *Paralel Computing Toolbox* (PCT) Matlab.
3. Perhitungan iterasi lambda komputasi paralel menggunakan 2 core prosesor.
4. Rugi – rugi daya transmisi pada sistem diabaikan.
5. Pembangkit listrik yang digunakan pada sistem 500 kV Jawa – Bali hanya menggunakan 6 unit pembangkit listrik tenaga termal (Pembangkit

Saguling, Muara Tawar, Tanjung Jati, Gresik, Paiton, dan Grati) dan 2 unit pembangkit listrik tenaga air (Pembangkit Cirata dan Saguling).

6. Pembangkit listrik tenaga air pada sistem 500 kV Jawa – Bali dianggap terus beroperasi dengan daya tetap.
7. Perhitungan biaya total bahan bakar untuk masing – masing kombinasi penjadwalan (*On/Off*) unit pembangkit menggunakan metode iterasi lambda komputasi serial.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah:

1. Menentukan penjadwalan tiap – tiap unit pembangkit tenaga listrik sehingga didapatkan daya keluaran yang optimal dengan biaya total bahan bakar yang minimum.
2. Membandingkan waktu perhitungan iterasi lambda pada operasi ekonomis pembangkit tenaga listrik dengan menggunakan komputasi paralel dan serial.

1.5 Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini adalah operasi ekonomis pembangkit tenaga listrik menggunakan metode iterasi lambda akan menghasilkan pembagian daya optimal untuk tiap unit – unit pembangkit dengan biaya total bahan bakar yang minimum.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini adalah sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, hipotesis, dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tinjauan pustaka atau dasar teori yang digunakan untuk dasar penelitian yang dilakukan dan untuk mendukung permasalahan yang diungkapkan

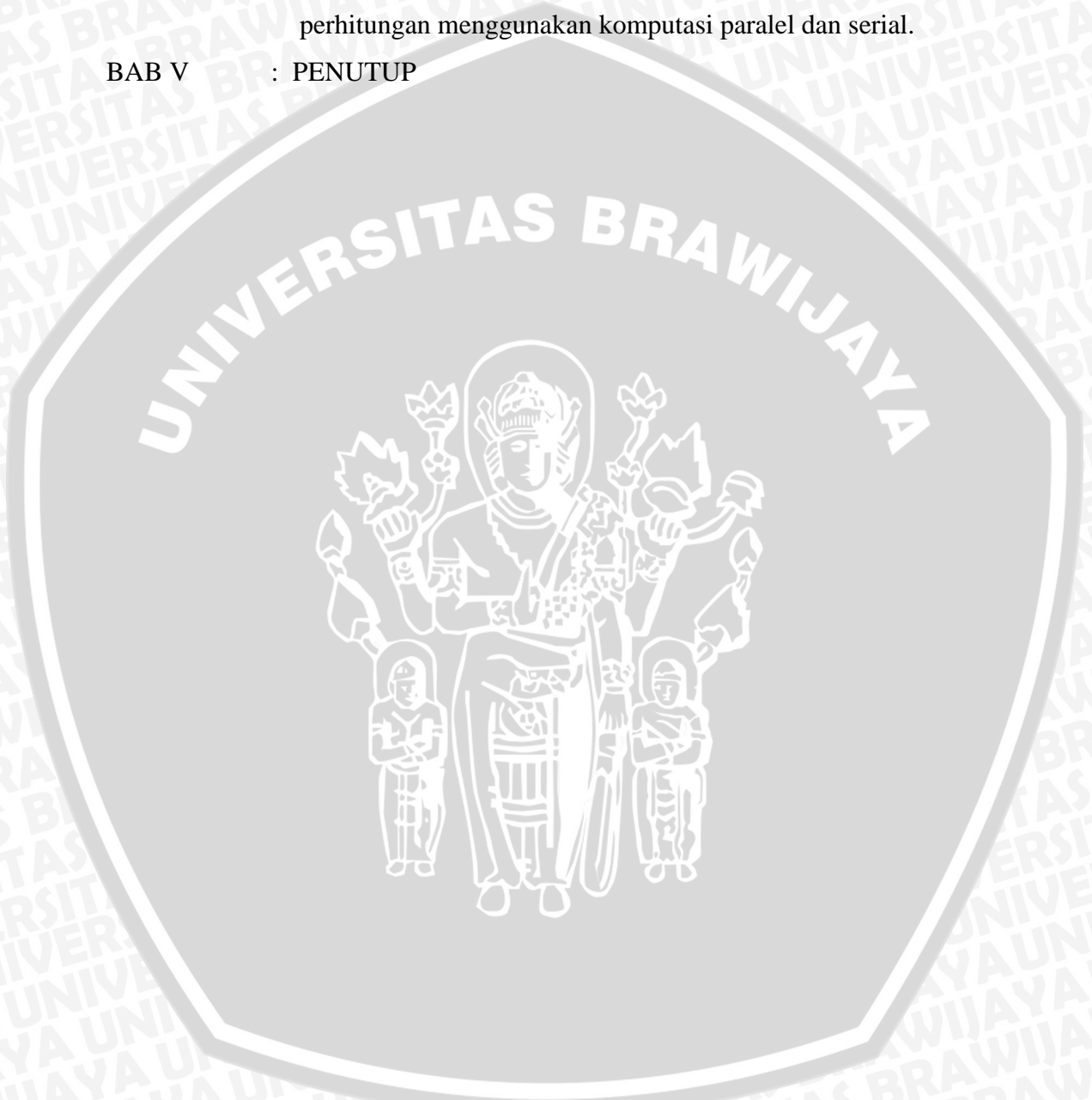
BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Memberikan penjelasan tentang metode yang digunakan dalam skripsi, meliputi metode pengambilan data, simulasi perhitungan, dan analisis hasil perhitungan.

BAB IV : PEMBAHASAN

Berisi perhitungan operasi ekonomis dan analisis terhadap hasil perhitungan menggunakan komputasi paralel dan serial.

BAB V : PENUTUP



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Operasi Ekonomis Sistem Tenaga Listrik

Operasi sistem tenaga listrik pada frekuensi tetap dikatakan berada pada kondisi “daya seimbang” jika total daya nyata yang dibangkitkan sama dengan total beban sistem dan total rugi – rugi daya saluran transmisi. Dalam bentuk persamaan ditulis sebagai (Shidiq, 2004:47):

$$P_G = P_R + P_L \quad (2.1)$$

dimana:

$$P_G = \sum_{i=1}^n P_i \quad (2.2)$$

P_G = Daya total yang dibangkitkan oleh generator (MW)

P_i = Daya yang dibangkitkan oleh generator ke- i (MW)

n = Jumlah generator dalam sistem

P_R = Total beban sistem (MW)

P_L = Total rugi – rugi daya nyata saluran transmisi (MW)

Pada kondisi operasi tertentu, terutama pada saat beban sistem rendah kemungkinan tidak semua generator bekerja. Yang bekerja adalah beberapa generator yang memiliki biaya operasi rendah. Biaya operasi sebuah generator meliputi biaya bahan bakar, tenaga kerja, dan pemeliharaan. Diantara komponen – komponen biaya tersebut, biaya bahan bakar merupakan komponen biaya paling besar. Biaya bahan bakar sebuah generator dapat dinyatakan sebagai fungsi derajat dua dari daya *output* (Shidiq, 2004:47).

$$F_i = a_i P_i^2 + b_i P_i + c_i \quad (2.3)$$

dimana:

F_i = Biaya bahan bakar generator ke- i (Rp/Jam)

a_i = koefisien derajat dua dari generator i (Rp/Jam.MW²)

b_i = koefisien derajat satu dari generator i (Rp/Jam.MW)

c_i = konstanta (Rp/Jam)

Fungsi derajat dua diatas berlaku bagi masing – masing generator, sehingga biaya total pembangkitan untuk sebuah sistem yang terdiri dari n generator adalah:

$$F_t = \sum_{i=1}^n F_i \quad (2.4)$$

F_t = Biaya total bahan bakar generator (Rp/Jam)

Rugi – rugi daya nyata yang disebabkan saluran transmisi merupakan selisih dari total daya yang dibangkitkan semua generator dengan total daya yang diterima oleh beban dan dapat ditulis sebagai:

$$P_L = \sum_{i=1}^n P_i - P_R \quad (2.5)$$

P_L = rugi – rugi daya nyata saluran transmisi (MW)

Masalah pengoperasian ekonomis sebuah sistem adalah bagaimana menentukan daya yang dibangkitkan oleh setiap generator yang bekerja bersama untuk memenuhi permintaan beban sedemikian rupa sehingga total biayanya adalah minimum. Secara matematis dapat dinyatakan sebagai berikut:

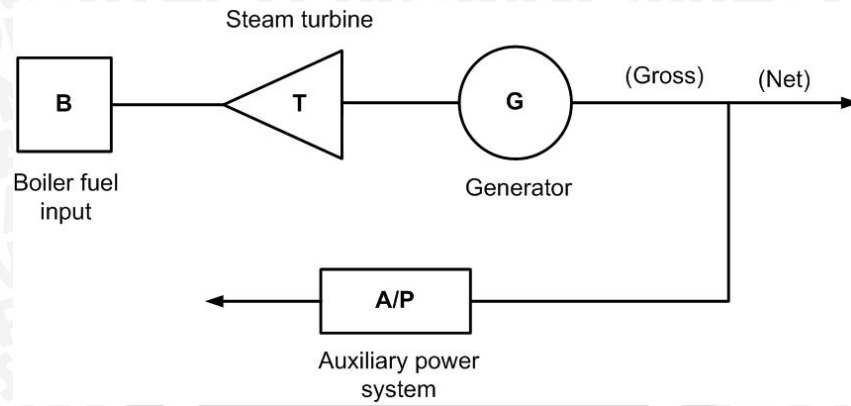
$$F_t = \sum_{i=1}^n (a_i P_i^2 + b_i P_i + c_i) \quad (2.6)$$

Yang memenuhi syarat:

$$\sum_{i=1}^n P_i - P_R - P_L(P_1, P_2, \dots, P_n) = 0 \quad (2.7)$$

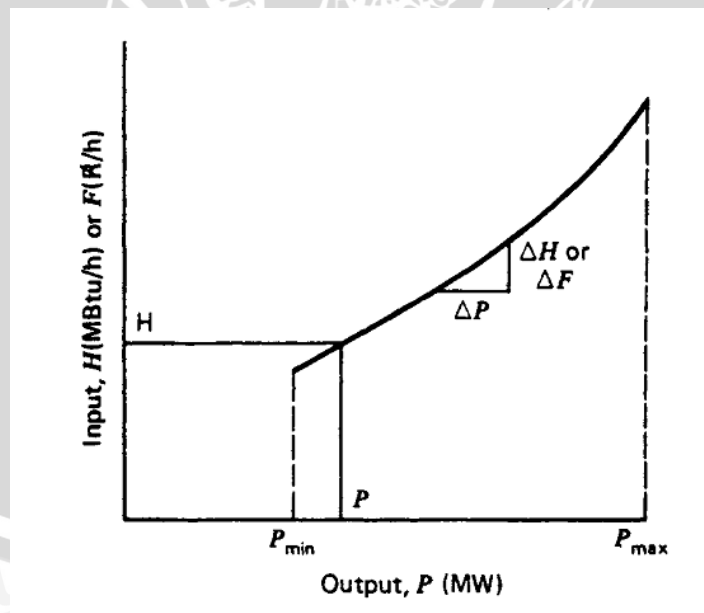
2.2 Karakteristik *Input – Output* Pembangkit

Karakteristik suatu pembangkit merupakan modal dasar dalam melakukan pengaturan daya keluaran pembangkit dalam menekan biaya bahan bakar. Karakteristik pembangkit dibuat model matematisnya, sehingga dapat dilakukan proses optimasi dalam memperoleh optimum ekonomi biaya pembangkitan. *Output* listrik dari sistem pembangkit selain disalurkan melalui jaringan transmisi juga digunakan pada sistem tenaga bantu (*Auxiliary Power System*) pusat pembangkit. Gambar 2.1 menunjukkan bagian dasar dari unit pembangkit termal yang terdiri dari boiler, turbin, dan generator.



Gambar 2.1 Unit Boiler – Turbin - Generator
 Sumber: Wollenberg, 1996:9

Data karakteristik *input – output* diperoleh dari hasil perhitungan desain atau dari hasil pengukuran. Jika data yang digunakan adalah data dari hasil pengukuran maka akan diperoleh kurva yang tidak kontinyu. Unit pembangkit termal mempunyai batas kritis operasi minimum dan maksimum. Batas beban minimum secara umum disebabkan oleh kestabilan pembakaran dan masalah desain generator (Wollenberg, 1996:8).



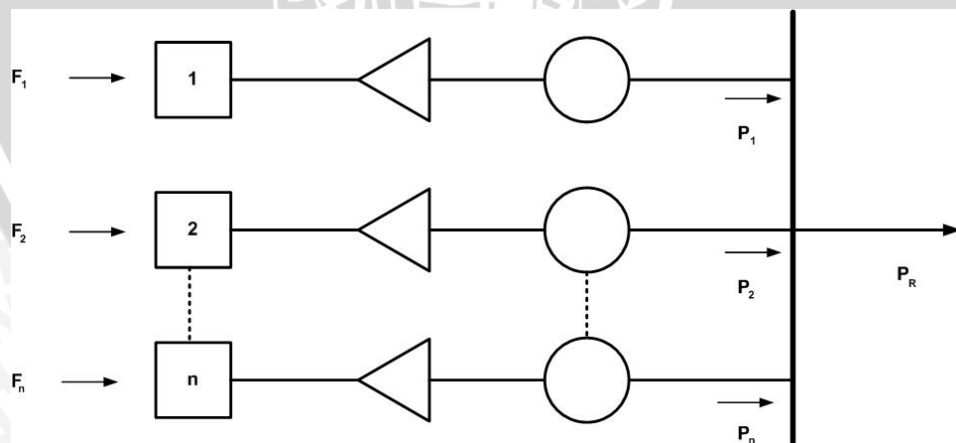
Gambar 2.2 Karakteristik *input – output* pembangkit
 Sumber: Wollenberg, 1996:9

Gambar 2.2 merupakan hasil dari penentuan karakteristik lengkung masukan dan keluaran dari suatu unit pembangkit. Dari gambar tersebut, terlihat bahwa karakteristik kurva biaya bahan bakar terhadap daya keluaran adalah berbentuk fungsi kuadrat karena $\frac{dF}{dP}$ merupakan fungsi linier sehingga lengkung masukan dan keluarannya adalah sebagai berikut (Marsudi, 2006:121):

$$F(P) = aP^2 + bP + c \quad (2.8)$$

2.3 Metode Lagrange

Gambar 2.3 merupakan sistem yang terdiri dari n unit pembangkit yang memikul beban P_R . Masukan setiap unit yang ditunjukkan sebagai F_n menyatakan biaya bahan bakar unit ke- n . Keluaran unit (P_n) adalah daya yang dibangkitkan satu unit. Didalam penjadwalan setiap unit pembangkit selamanya diinginkan agar setiap unit beroperasi pada kondisi paling efisien yang artinya bahwa setiap unit dioperasikan dengan *input* bahan bakar yang seminimum mungkin untuk dapat menghasilkan daya keluaran yang semaksimal mungkin serta mempunyai pertambahan biaya produksi yang serendah – rendahnya. Apabila F_n = biaya bahan bakar unit pembangkit ke- n (Rp/Jam) dan P_n = daya keluaran unit pembangkit ke- n (MW) maka dapat diilustrasikan dalam Gambar 2.3 berikut.



Gambar 2.3 Unit – unit PLTU yang memikul beban P_R

Sumber: Wollenberg, 1996:30

Dimana kondisi sistem yang beroperasi dengan biaya minimum tetapi memenuhi kendala bahwa daya yang diterima dengan mengabaikan rugi – rugi transmisi, maka secara matematis dapat ditulis sebagai :

$$F_t = F_1 + F_2 + \dots + F_n \quad (2.9)$$

$$F_t = \sum_{i=1}^n F_i(P_i) \quad (2.10)$$

Apabila diasumsikan bahwa kali ini akan membahas semua unit pembangkit listrik tenaga termal yang diusahakan terhubung dalam suatu beban dimana:

$$\sum_{i=1}^n P_{i \text{ (maks)}} \geq P_R \quad (2.11)$$

dimana:

$P_{i \text{ (maks)}}$ = daya keluaran maksimum generator i (MW)

P_R = daya total beban sistem (MW)

Daya pada masing – masing unit tidak boleh lebih kecil dari daya minimum dan lebih besar dari daya maksimum seperti pada persamaan berikut:

$$P_{i \text{ (min)}} \leq P_i \leq P_{i \text{ (maks)}} \quad (2.12)$$

$P_{i \text{ (min)}}$ = daya keluaran minimum generator i (MW)

Kemudian cara untuk mengoptimasi beban sistem yang harus dipikul adalah dengan memperkecil biaya operasi pada persamaan 2.6, dimana persamaan tersebut harus memenuhi hubungan beban sistem sebagai berikut (Wollenberg, 1984: 24):

$$P_R - \sum_{i=1}^n P_i = 0 \quad (2.13)$$

Untuk memenuhi kondisi yang diperlukan pada nilai ekstrem fungsi obyektif, tambahkan fungsi ke kendalafungsi obyektif setelah itu dikalikan dengan pengali tertentu. Fungsi inilah yang disebut dengan pengali *lagrange* yang dinyatakan dalam persamaan *lagrange*.

Dalam hal ini rugi – rugi transmisi diabaikan, berlaku:

$$L = \sum_{i=1}^n F_i(P_i) + \lambda(P_R - \sum_{i=1}^n P_i) \quad (2.14)$$

Dimana λ = pengali *lagrange* sehingga operasi ekonomis tercapai dengan kondisi (Wollenberg, 1984: 25):

$$\frac{\partial L}{\partial P_i} = \frac{\partial F_i}{\partial P_i} + \lambda \left(\frac{\partial P_R}{\partial P_i} - \frac{\partial P_i}{\partial P_i} \right) = 0 \quad (2.15)$$

P_R tidak tergantung atas perubahan P_i , maka $\frac{\partial P_R}{\partial P_i} = 0$ (2.16)

$$\frac{\partial L}{\partial P_i} = \frac{\partial F_i}{\partial P_i} + \lambda(0 - 1) = 0 \quad (2.17)$$

$$\frac{\partial L}{\partial P_i} = \frac{\partial F_i}{\partial P_i} - \lambda(1) = 0 \quad (2.18)$$

$$\frac{\partial L}{\partial P_i} = \frac{\partial F_i}{\partial P_i} - \lambda = 0 \quad (2.19)$$

$$\frac{\partial L}{\partial P_i} = \frac{\partial F_i}{\partial P_i} = \lambda \quad (2.20)$$

karena

$$F_t = \sum_{i=1}^n F_i = \sum_{i=1}^n (a_i P_i^2 + b_i P_i + c_i) \quad (2.21)$$

maka

$$\frac{\partial F_t}{\partial P_i} = \frac{dF_i}{dP_i} = 2a_i P_i + b_i = \lambda \quad ; i = 1, 2, \dots, n \quad (2.22)$$

dimana

$\frac{dF_i}{dP_i}$ = laju biaya bahan bakar tambahan pada unit pembangkit ke- i (Rp/MWh).

2.4 Operasi Ekonomis Metode Iterasi Lambda

Dalam sebuah teknik penyelesaian secara iterasi, harga λ didapat dari hasil perhitungan dengan harga estimasi awal yang telah ditentukan terlebih dahulu dan sampai nilai ΔP_i berada dalam sebuah ketelitian yang akurat (Cekdin, 2010: 85).

Ketika rugi – rugi daya pada saluran transmisi diabaikan, maka jumlah permintaan beban P_R sama dengan jumlah daya dari semua pembangkit. Untuk menentukan toal biaya bahan bakar pada masing – masing pembangkit adalah seperti pada persamaan berikut:

$$F_t = \sum_{i=1}^n F_i \quad (2.23)$$

$$F_t = \sum_{i=1}^n a_i P_i^2 + b_i P_i + c_i \quad (2.24)$$

dan

$$\sum_{i=1}^n P_i = P_R \quad (2.25)$$

Suatu kondisi untuk mendapatkan operasi ekonomis tercapai dengan kondisi:

$$\frac{\partial F_i}{\partial P_i} = \lambda \quad (2.26)$$

atau

$$2a_i P_i + b_i = \lambda \quad (2.27)$$

Dari persamaan diatas, untuk menentukan nilai P_i adalah:

$$P_i^{(k)} = \frac{\lambda^{(k)} - b_i}{2a_i} \quad (2.28)$$

Persamaan diatas dapat diselesaikan secara iterasi. Harga λ didapat dengan mensubstitusikan nilai P_i pada persamaan 2.28 ke persamaan 2.26 yang hasilnya adalah sebagai berikut:

$$\sum_{i=1}^n \frac{\lambda - b_i}{2a_i} = P_R \quad (2.29)$$

atau

$$\lambda = \frac{P_R + \sum_{i=1}^n \frac{b_i}{2a_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{2a_i}} \quad (2.30)$$

Persamaan 6.30 dapat ditulis ulang sebagai :

$$f(\lambda) = P_R \quad (2.31)$$

Persamaan diatas apabila ditulis dalam deret taylor pada sebuah titik operasi $\lambda^{(k)}$ dan dengan mengabaikan bentuk orde paling tinggi akan menghasilkan:

$$f(\lambda)^{(k)} + \left(\frac{df(\lambda)}{d\lambda}\right)^{(k)} \Delta\lambda^{(k)} = P_R \quad (2.32)$$

Atau

$$\Delta\lambda^{(k)} = \frac{\Delta P^{(k)}}{\left(\frac{df(\lambda)}{d\lambda}\right)^{(k)}} \quad (2.33)$$

$$\Delta\lambda^{(k)} = \frac{\Delta P^{(k)}}{\left(\frac{df(\lambda)}{d\lambda}\right)^{(k)}} \quad (2.34)$$

$$\Delta\lambda^{(k)} = \frac{\Delta P^{(k)}}{\sum \left(\frac{dP_i}{d\lambda}\right)^{(k)}} \quad (2.35)$$

Atau

$$\Delta\lambda^{(k)} = \frac{\Delta P^{(k)}}{\sum \frac{1}{2a_i}} \quad (2.36)$$

Sehingga

$$\lambda^{(k+1)} = \lambda^{(k)} + \Delta\lambda^{(k)} \quad (2.37)$$

Dan

$$\Delta P^{(k)} = P_R - \sum_{i=1}^n P_i^{(k)} \quad (2.38)$$

Keluaran daya dari generator seharusnya tidak melebihi keperluan operasi stabilitas sistem sehingga daya keluaran dari generator tersebut terbatas pada batas minimum dan maksimum yang diberikan. Persoalannya, bagaimana memperoleh hasil daya nyata untuk setiap stasiun pembangkit yang optimal sehingga fungsi obyektif (misalnya biaya produksi total) seperti yang didefinisikan pada persamaan 2.24 adalah minimum sesuai dengan batasan yang diberikan oleh persamaan 2.25 dan ketentuan ketidaksamaan seperti yang diberikan oleh:

$$P_i^{(min)} \leq P_i \leq P_i^{(maks)} \quad ; i = 1, 2, \dots, n \quad (2.39)$$

Dengan $P_i^{(min)}$ dan $P_i^{(maks)}$ adalah daya keluaran minimum dan maksimum dari unit pembangkit ke- i . Apabila P_i tidak memenuhi syarat persamaan 2.39, maka:

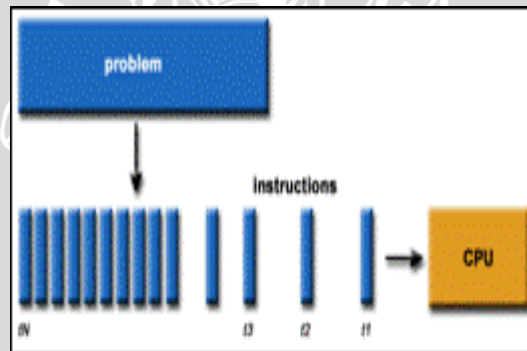
$$P_i = P_{i(min)} \quad \text{apabila } P_i < P_{i(min)} \quad (2.40)$$

$$P_i = P_{i(max)} \quad \text{apabila } P_i > P_{i(max)} \quad (2.41)$$

P_i didapat dari persamaan 2.28 dan iterasi berlangsung sampai $\sum P_i = P_R$

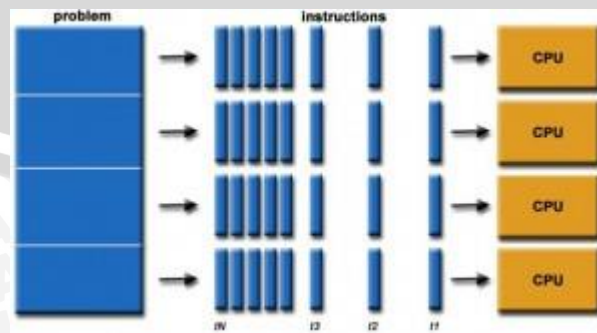
2.5 Komputasi Paralel

Komputer tradisional memiliki prosesor tunggal untuk melaksanakan tugas – tugas dari suatu program. salah satu cara untuk meningkatkan kecepatan komputer adalah menggunakan beberapa prosesor dalam satu komputer (*multiprocessor*) maupun beberapa komputer yang mengerjakan satu tugas. Untuk perbedaan antara komputasi tunggal dengan komputasi paralel dapat digambarkan pada gambar 2.4 dan 2.5 (Allen, 2010: 4).



Gambar 2.4 Penyelesaian sebuah masalah pada komputasi tunggal

Sumber:Widiyanto, 2012: 9



Gambar 2.5 Penyelesaian sebuah masalah pada komputasi paralel

Sumber:Widiyanto, 2012: 9

Platform komputer paralel (*parallel computer*) yang digunakan bisa berupa komputer dengan beberapa prosesor maupun beberapa komputer yang terhubung dengan cara tertentu. Pendekatan tersebut seharusnya mampu meningkatkan kemampuan komputer secara signifikan. Maksudnya adalah p prosesor/komputer mampu menghasilkan hingga p kali kecepatan komputer dengan satu prosesor/komputer. Berapa pun kecepatan prosesor/komputer itu dengan harapan masalah yang ada dapat diselesaikan dengan waktu $1/p$. Tentu saja situasi tersebut merupakan situasi ideal yang jarang sekali terjadi. Seringkali, masalah tidak dapat dipecah menjadi bagian – bagian kecil. Selain itu, diperlukan interaksi antara masing – masing bagian, baik untuk transfer data maupun sinkronisasi. Namun, seberapa jauh peningkatan kecepatan dapat dicapai tergantung pada masalah dan peran paralelisme. Satu hal yang menyebabkan kemampuan komputer paralel menjadi tak terbatas adalah peningkatan kecepatan eksekusi suatu proses secara berkelanjutan yang akan meningkat pula kecepatan komputer paralel (Allen, 2010: 5).

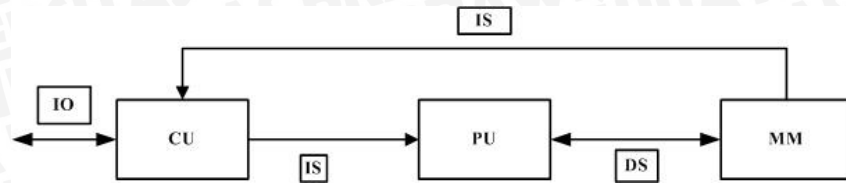
Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kecepatan dari solusi paralel, tetapi yang lebih penting adalah sebagai berikut (Siregar, 2009: 2):

1. Keseimbangan beban diantara mengambil bagian pada prosesor.
2. *Performance* dari prosesor.
3. Kecepatan dari komunikasi data antara prosesor.

2.6 Arsitektur Komputer Paralel

Berdasarkan jumlah dan prinsip kerja prosesor pada komputer paralel, A.J. Van der Steen dan J. Donggara menyebutkan terdapat empat arsitektur utama komputer paralel menurut Flynn (1992), yaitu (Ogi, 2010: 6):

1. SISD (*Single Instruction – Single Data*). Komputer ini memiliki hanya satu prosesor dan satu instruksi secara serial. Komputer ini adalah tipe komputer konvensional. Menurut mereka, tipe komputer ini tidak ada dalam praktik komputer paralel bahkan mainframe pun tidak ada lagi menggunakan satu prosesor. Klasifikasi ini sekedar untuk melengkapi definisi komputer paralel. Skema SISD ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Skema *Single Instruction Single Data*

Sumber : Ogi, 2010: 7

Keterangan :

CU :Control Unit

PU :Processing Unit

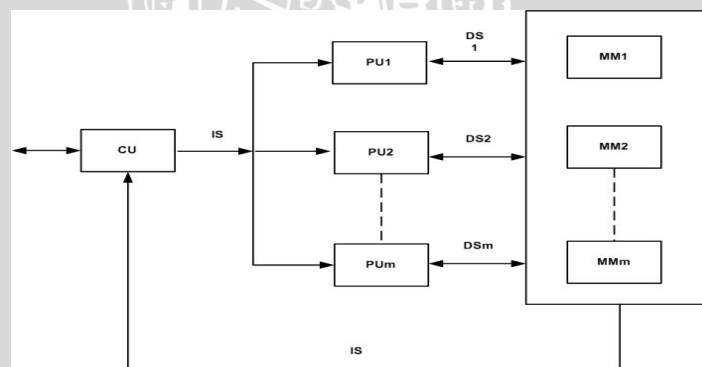
MM :Memory Modul

IS :Instruction Stream

DS :Data Stream

IO :Input / Output

2. SIMD (*Single Instruction – Multiple Data*). Komputer ini memiliki lebih dari satu prosesor, tetapi hanya mengeksekusi satu instruksi secara paralel pada data yang berbeda. Skema SIMD ditunjukkan pada Gambar 2.7.

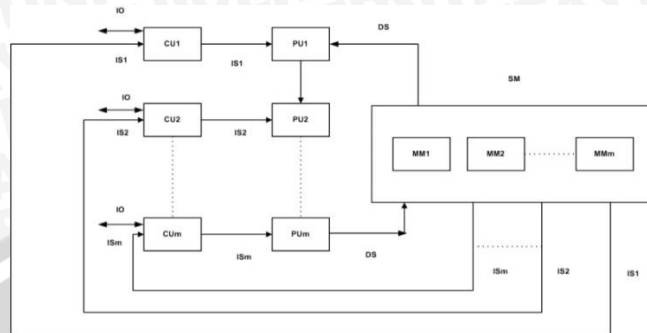


Gambar 2.7 Skema *Single Instruction Multiple Data*

Sumber : Ogi, 2010: 7

3. MISD (*Multiple Instruction – Single Data*). Komputer ini memiliki satu prosesor dan mengeksekusi beberapa instruksi secara paralel tetapi praktiknya tidak ada komputer yang dibangun dengan arsitektur ini karena

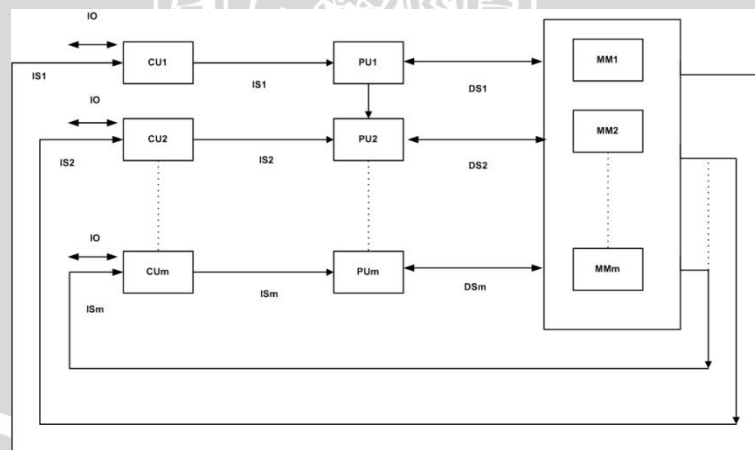
sistemnya tidak mudah dipahami. Skema MISD ditunjukkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Skema *Multiple Instruction Single Data*

Sumber : Ogi, 2010: 8

4. MIMD (*Multiple Instruction – Multiple Data*). Komputer ini memiliki lebih dari satu prosesor dan mengeksekusi lebih dari satu instruksi secara paralel. Tipe komputer ini yang paling banyak digunakan untuk membangun komputer paralel, bahkan banyak *supercomputer* yang menerapkan arsitektur ini. Skema MIMD ditunjukkan pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Skema *Multiple Instruction Multiple Data*

Sumber : Ogi, 2010: 8

Berdasarkan klasifikasi Flynn diatas maka secara umum proses komputasi paralel dapat dilaksanakan pada komputer kategori SIMD dan MIMD. Arsitektur SPMD

(*Single Program Multiple Data*) dan MPMD (*Multiple Program multiple Data*) merupakan variasi dari SIMD dan MIMD yang tidak terpaku pada paradigma klasifikasi Flynn. Pada SPMD, sebuah program yang sama yang terdiri atas kumpulan instruksi program atau kumpulan subprogram dapat dijalankan pada prosesor yang berbeda dengan mengeksekusi data yang berbeda (Harisi, 2012: 19).

2.7 *Parallel Computing Toolbox (PCT) Matlab*

Matlab telah mengembangkan *Parallel Computing Toolbox* (PCT) yang dibutuhkan dalam semua aplikasi paralel. PCT dikembangkan mulai Matlab versi 2008a hingga sekarang (Burkardt, 2009: 16). PCT memudahkan pengguna untuk menyelesaikan masalah perhitungan dengan menggunakan *multicore processors*, GPUs, dan Cluster komputer. Konstruksi level tinggi (*Parallel for – loops*, tipe *array* khusus, dan algoritma numerik paralel) digunakan untuk memparalelkan aplikasi Matlab tanpa menggunakan pemrograman CUDA dan MPI. PCT mampu bekerja hingga 12 “*worker*” atau Matlab *lab* dalam satu komputer (Krishnamurthy, 2009: 3)

Pada *Parallel Computing Toolbox* (PCT) Matlab terdapat beberapa fungsi yang digunakan untuk melakukan perhitungan secara komputasi paralel. Fungsi – fungsi penting yang digunakan dalam skripsi ini adalah sebagai berikut (Harisi, 2012: 20):

1. *matlabpool*

Fungsi ini digunakan untuk menyediakan prosesor yang dapat digunakan untuk perhitungan paralel. Sebagai contoh, untuk mengeksekusi program dalam paralel dengan 2 prosesor adalah dengan memasukkan fungsi *matlabpool* open 2. Matlab akan mengaktifkan 2 prosesor yang dapat bekerja untuk mengeksekusi program dalam paralel (Harisi, 2012: 21).

2. *spmd*

Dalam *Parallel Computing Toolbox*, perhitungan paralel dengan SPMD (*Single Program Multiple Data*) ini dapat dilakukan dengan menggunakan fungsi *spmd* pada matlab. Fungsi ini membagi program agar dapat dijalankan oleh masing – masing prosesor. Fungsi *spmd* bekerja apabila prosesor telah diaktifkan menggunakan *matlabpool* (Harisi, 2012: 21).

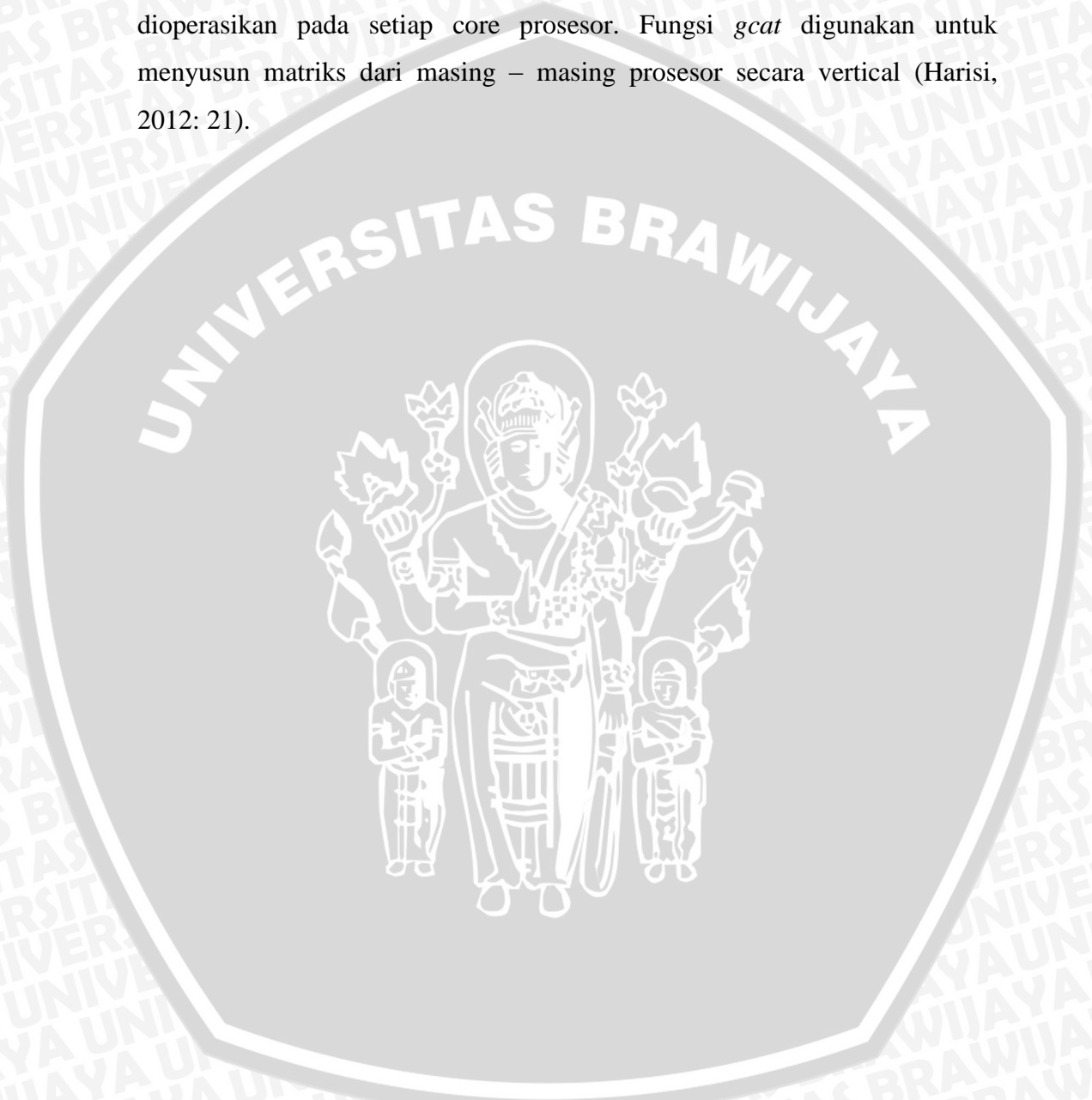
3. *codistributed*

dalam *Parallel Computing Toolbox* juga terdapat fungsi untuk mendistribusikan array yaitu fungsi *codistributed*. Fungsi ini dapat mendistribusikan suatu array atau matriks ke masing – masing prosesor agar

dapat bekerjandalam paralel. Distribusi matriks ini dilakukan sesuai dengan jumlah *lab* yang diaktifkan oleh *matlabpool* (Harisi, 2012: 21).

4. *gop* dan *gcat*

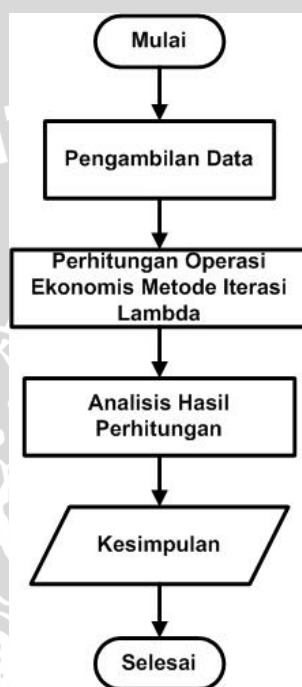
kedua fungsi ini merupakan operasi yang dilakukan pada masing – masing core prosesor. Fungsi *gop* digunakan untuk semua operasi umum yang dioperasikan pada setiap core prosesor. Fungsi *gcat* digunakan untuk menyusun matriks dari masing – masing prosesor secara vertical (Harisi, 2012: 21).



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini meliputi studi literatur, pengambilan data, perancangan aplikasi operasi ekonomis pembangkit tenaga listrik, simulasi perhitungan, analisis hasil perhitungan, serta penarikan kesimpulan dan saran. Berikut ini ditunjukkan proses penyelesaian penelitian dalam bentuk diagram alir.



Gambar 3.1 Diagram alir kerangka pembahasan

3.1 Studi Literatur

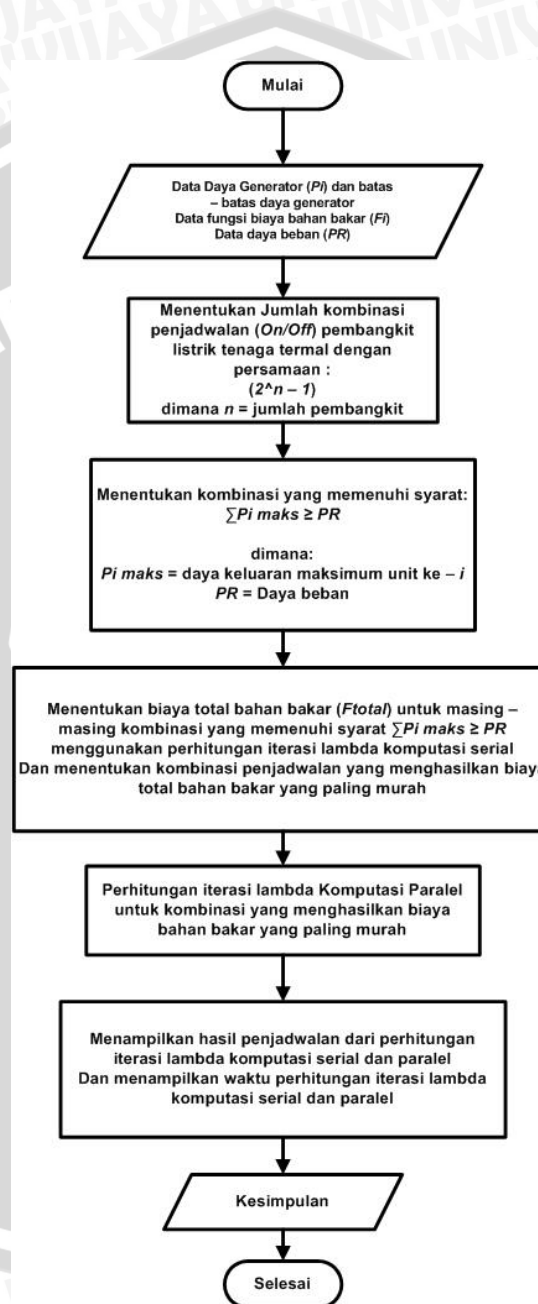
Studi literatur yang dilakukan berupa kajian pustaka terhadap sumber-sumber bacaan yang relevan sehingga mampu menunjang dalam melakukan operasi ekonomis. Studi literatur yang diperlukan sebagai bahan acuan dalam melakukan operasi ekonomis seperti mempelajari tentang operasi ekonomis sistem daya elektrik, metode iterasi lambda, komputasi paralel, dan teori – teori lain yang menunjang dalam penyusunan skripsi ini.

3.2 Pengambilan Data

Data – data yang digunakan adalah data sekunder yang bersumber dari buku referensi, jurnal, dan sumber yang relevan dengan pembahasan skripsi.

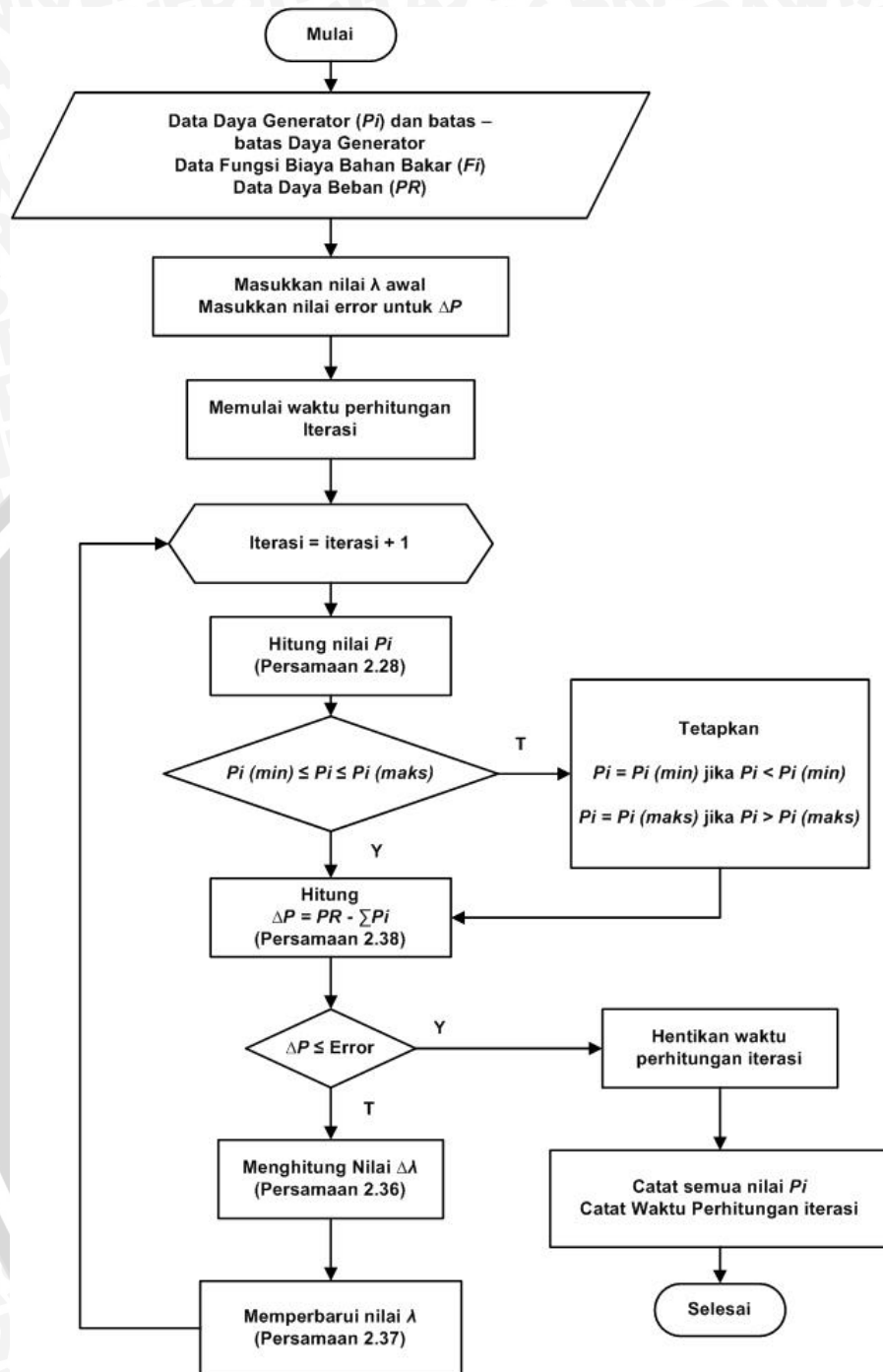
3.3 Perhitungan Operasi Ekonomis Metode Iterasi Lambda

Langkah – langkah perhitungan operasi ekonomis metode iterasi lambda ditunjukkan pada gambar 3.2



Gambar 3.2 Diagram alir perhitungan operasi ekonomis pembangkit tenaga listrik

Langkah – langkah perhitungan operasi ekonomis metode iterasi lambda komputasi serial dan paralel ditunjukkan pada gambar 3.3 dan 3.4



Gambar 3.3 Diagram alir perhitungan operasi ekonomis metode iterasi lambda komputasi serial



Gambar 3.4 Diagram alir perhitungan operasi ekonomis metode iterasi lambda komputasi paralel



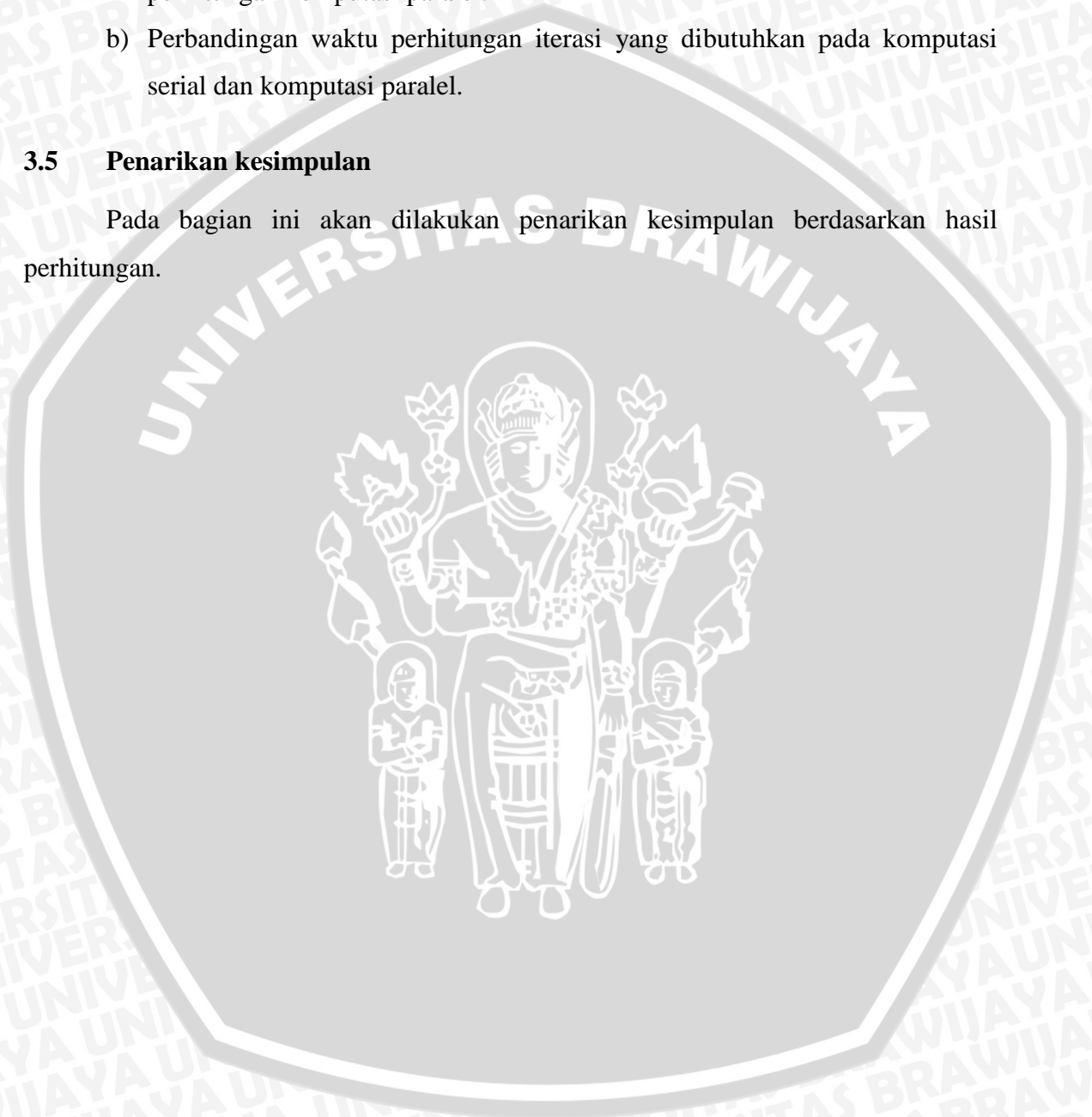
3.4 Analisis Hasil Perhitungan

Hasil perhitungan operasi ekonomis yang telah didapat akan digunakan sebagai bahan analisis yang mengacu pada rumusan masalah yang meliputi:

- a) Perbandingan hasil perhitungan operasi ekonomis komputasi serial dan perhitungan komputasi paralel.
- b) Perbandingan waktu perhitungan iterasi yang dibutuhkan pada komputasi serial dan komputasi paralel.

3.5 Penarikan kesimpulan

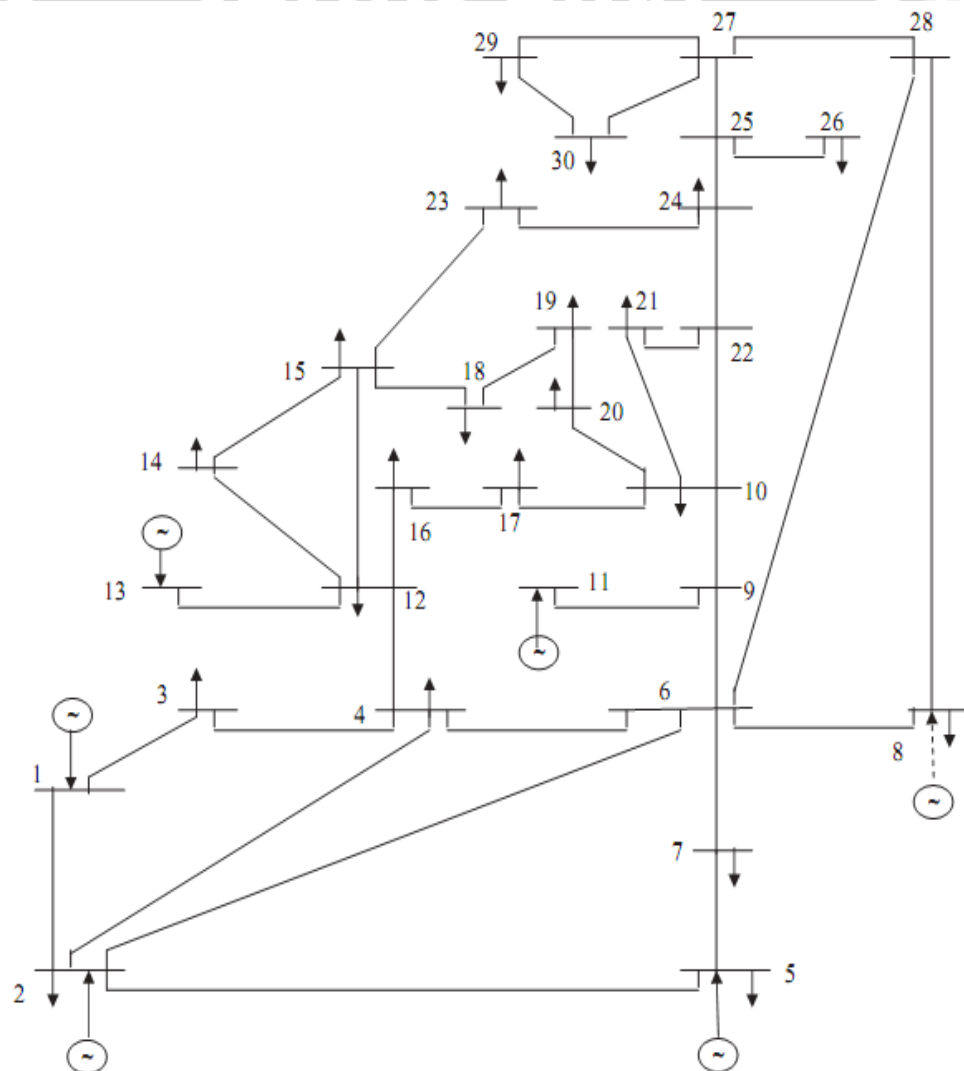
Pada bagian ini akan dilakukan penarikan kesimpulan berdasarkan hasil perhitungan.



BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Simulasi Data IEEE 30 Bus

Untuk validasi program menggunakan data IEEE 30 bus pada buku “Optimization of Power System Operation”. Dalam sistem tenaga listrik IEEE 30 bus terdiri dari 6 unit pembangkit listrik tenaga termal. Perhitungan operasi ekonomis pembangkit tenaga listrik dalam penelitian ini dilakukan dengan mengabaikan rugi – rugi transmisi.



Gambar 4.1 Diagram satu garis IEEE 30 Bus

Sumber: Zhu, 2009 : 148

Data – data beban daya nyata yang digunakan dalam perhitungan operasi ekonomis pembangkit tenaga listrik ditunjukkan dalam tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Daya Beban IEEE 30 Bus

No. Bus	P_R (MW)	No. Bus	P_R (MW)
1	0	16	3,5
2	21,7	17	9
3	2,4	18	3,2
4	7,6	19	9,5
5	94,2	20	2,2
6	0	21	17,5
7	22,8	22	0
8	30	23	3,2
9	0	24	8,7
10	5,8	25	0
11	0	26	3,5
12	11,2	27	0
13	0	28	0
14	6,2	29	2,4
15	8,2	30	10,6

Sumber : Zhu, 2009: 149

Berdasarkan data beban pada tabel 4.1, maka total daya beban (P_R) adalah 283.4 MW

Koefisien - koefisien dari fungsi bahan bakar dari masing – masing unit pembangkit pada data IEEE 30 bus ditunjukkan dalam tabel 4.2

Tabel 4.2 Data Koefisien – koefisien fungsi biaya bahan bakar IEEE 30 Bus

Pembangkit	a (\$/Jam.MW ²)	b (\$/Jam.MW)	c (\$/Jam)
Pembangkit 1	0.00375	2	0
Pembangkit 2	0.0175	1.75	0
Pembangkit 3	0.0625	1	0
Pembangkit 4	0.00834	3.25	0
Pembangkit 5	0.025	3	0
Pembangkit 6	0.025	3	0

Sumber : Zhu, 2009: 149

Batas – batas kemampuan daya aktif masing – masing unit pembangkit pada data IEEE 30 bus ditunjukkan dalam tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data Batas – batas Daya Nyata IEEE 30 Bus

Pembangkit	P_{min} (MW)	P_{maks} (MW)
Pembangkit 1	50	200
Pembangkit 2	20	80
Pembangkit 3	15	50
Pembangkit 4	10	35
Pembangkit 5	10	30
Pembangkit 6	12	40

Sumber : Zhu, 2009: 149

4.2 Algoritma Perhitungan Operasi Ekonomis Komputasi Serial

Perhitungan operasi ekonomis pembangkit tenaga listrik komputasi serial sesuai dengan diagram alir pada gambar 3.2, maka algoritma perhitungan operasi ekonomis adalah sebagai berikut:

1. Memasukkan nilai a , b , dan c dari koefisien persamaan biaya bahan bakar, serta nilai P_{min} dan P_{maks} .
2. Memasukkan nilai lambda awal ($\lambda^{(1)}$), daya beban (P_R), dan nilai *error* untuk nilai $|\Delta P^{(k)}|$.
3. Menghitung nilai daya dari masing – masing unit pembangkit (P_i) menggunakan persamaan 2.28.

$$P_i^{(k)} = \frac{\lambda^{(k)} - b_i}{2a_i}$$

4. Evaluasi nilai P_i :
 - a. Jika $P_{i(min)} < P_i < P_{i(maks)}$, maka lanjutkan pada langkah no. 5.
 - b. Jika $P_i < P_{i(min)}$, maka tetapkan $P_i = P_{i(min)}$, lanjutkan pada langkah no. 5.
 - c. Jika $P_i > P_{i(maks)}$, maka tetapkan $P_i = P_{i(maks)}$, lanjutkan pada langkah no. 5.
5. Hitung nilai $\Delta P^{(k)}$ menggunakan persamaan 2.38.

$$\Delta P^{(k)} = P_R - \sum_{i=1}^n P_i^{(k)}$$

6. Evaluasi nilai $|\Delta P^{(k)}|$:
 - a. Jika $|\Delta P^{(k)}| \leq error$, maka perhitungan dihentikan.
 - b. Jika $|\Delta P^{(k)}| > error$, maka lanjutkan pada langkah no. 7.
7. Menghitung nilai $\Delta\lambda^{(k)}$ menggunakan persamaan 2.36.

$$\Delta\lambda^{(k)} = \frac{\Delta P^{(k)}}{\sum \frac{1}{2a_i}}$$

8. Memperbarui nilai λ menggunakan persamaan 2.37.

$$\lambda^{(k+1)} = \lambda^{(k)} + \Delta\lambda^{(k)}$$

9. Ulangi langkah no. 3.

4.3 Algoritma perhitungan operasi ekonomis komputasi paralel

Perhitungan operasi ekonomis pembangkit tenaga listrik komputasi paralel sesuai dengan diagram alir pada gambar 3.3, maka algoritma perhitungan operasi ekonomis adalah sebagai berikut:

1. Memasukkan nilai a , b , dan c dari koefisien persamaan biaya bahan bakar, serta nilai P_{min} dan P_{maks} .
2. Memasukkan nilai lambda awal ($\lambda^{(1)}$), daya beban (P_R), dan nilai $error$ untuk nilai $|\Delta P^{(k)}|$.
3. Mendistribusikan nilai a , b , dan c ke masing – masing core prosesor.
4. Menghitung nilai daya dari masing – masing unit pembangkit ($P_i^{(k)}$) menggunakan persamaan 2.28.

$$P_i^{(k)} = \frac{\lambda^{(k)} - b_i}{2a_i}$$

5. Evaluasi nilai P_i :
 - a. Jika $P_{i(min)} < P_i < P_{i(maks)}$ maka lanjutkan pada langkah no. 5.
 - b. Jika $P_i < P_{i(min)}$, maka tetapkan $P_i = P_{i(min)}$, dan lanjutkan pada langkah no. 5.
 - c. Jika $P_i > P_{i(maks)}$, maka tetapkan $P_i = P_{i(min)}$, dan lanjutkan pada langkah no. 6.

6. Menggabungkan nilai $P_i^{(k)}$ ke masing – masing core prosesor.
7. Hitung nilai $\Delta P^{(k)}$ menggunakan persamaan 2.38.

$$\Delta P^{(k)} = P_R - \sum_{i=1}^n P_i^{(k)}$$

8. Evaluasi nilai $|\Delta P|$:
 - a. Jika $|\Delta P| \leq error$ maka perhitungan dihentikan.
 - b. Jika $|\Delta P| > error$ maka lanjutkan pada langkah no. 7.
9. Menghitung nilai $\Delta \lambda^{(k)}$ menggunakan persamaan 2.36.

$$\Delta \lambda^{(k)} = \frac{\Delta P^{(k)}}{\sum \frac{1}{2a_i}}$$

10. Memperbarui nilai λ menggunakan persamaan 2.37.

$$\lambda^{(k+1)} = \lambda^{(k)} + \Delta \lambda^{(k)}$$

11. Ulangi langkah no. 4.

4.4 Operasi Ekonomis pembangkit tenaga listrik menggunakan data IEEE 30 Bus

Perhitungan operasi ekonomis pembangkit tenaga listrik pada IEEE 30 Bus dilakukan dengan mencari jumlah kombinasi penjadwalan (*On/Off*) dari 6 unit pembangkit termal yang akan beroperasi. Dengan menggunakan persamaan $2^n - 1$ dimana n adalah jumlah unit pembangkit, maka jumlah kombinasi yang dapat dibentuk adalah 63 kombinasi ($2^6 - 1 = 63$).

Selanjutnya dilakukan seleksi kombinasi (*On/Off*) unit pembangkit. Kombinasi yang dipilih adalah kombinasi yang memenuhi syarat $\sum P_{i\max} \geq P_R$. Kombinasi yang memenuhi syarat tersebut akan dilakukan perhitungan operasi ekonomis menggunakan metode iterasi lambda, sehingga didapatkan nilai daya optimal untuk masing – masing unit pembangkit. Selanjutnya adalah memilih kombinasi yang menghasilkan biaya total bahan bakar yang minimum.

Berikut ini adalah daftar kombinasi penjadwalan dari 6 unit pembangkit pada data IEEE 30 Bus.

Tabel 4.4 Kombinasi Penjadwalan 6 Unit pembangkit Data IEEE 30 Bus.

No.	Kombinasi						$\sum P_{i \max}$ (MW)
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	
1	1	0	0	0	0	0	200
2	0	1	0	0	0	0	80
3	1	1	0	0	0	0	280
4	0	0	1	0	0	0	50
5	1	0	1	0	0	0	250
6	0	1	1	0	0	0	130
7	1	1	1	0	0	0	330
8	0	0	0	1	0	0	35
9	1	0	0	1	0	0	235
10	0	1	0	1	0	0	115
11	1	1	0	1	0	0	315
12	0	0	1	1	0	0	85
13	1	0	1	1	0	0	285
14	0	1	1	1	0	0	165
15	1	1	1	1	0	0	365
16	0	0	0	0	1	0	30
17	1	0	0	0	1	0	230
18	0	1	0	0	1	0	110
19	1	1	0	0	1	0	310
20	0	0	1	0	1	0	80
21	1	0	1	0	1	0	280
22	0	1	1	0	1	0	160
23	1	1	1	0	1	0	360
24	0	0	0	1	1	0	65
25	1	0	0	1	1	0	265
26	0	1	0	1	1	0	145
27	1	1	0	1	1	0	345
28	0	0	1	1	1	0	115
29	1	0	1	1	1	0	315
30	0	1	1	1	1	0	195
31	1	1	1	1	1	0	395
32	0	0	0	0	0	1	40
33	1	0	0	0	0	1	240
34	0	1	0	0	0	1	120
35	1	1	0	0	0	1	320
36	0	0	1	0	0	1	90

No.	Kombinasi						$\sum P_i^{max}$ (MW)
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	
37	1	0	1	0	0	1	290
38	0	1	1	0	0	1	170
39	1	1	1	0	0	1	370
40	0	0	0	1	0	1	75
41	1	0	0	1	0	1	275
42	0	1	0	1	0	1	155
43	1	1	0	1	0	1	355
44	0	0	1	1	0	1	125
45	1	0	1	1	0	1	325
46	0	1	1	1	0	1	205
47	1	1	1	1	0	1	405
48	0	0	0	0	1	1	70
49	1	0	0	0	1	1	270
50	0	1	0	0	1	1	150
51	1	1	0	0	1	1	350
52	0	0	1	0	1	1	120
53	1	0	1	0	1	1	320
54	0	1	1	0	1	1	200
55	1	1	1	0	1	1	400
56	0	0	0	1	1	1	105
57	1	0	0	1	1	1	305
58	0	1	0	1	1	1	185
59	1	1	0	1	1	1	385
60	0	0	1	1	1	1	155
61	1	0	1	1	1	1	355
62	0	1	1	1	1	1	235
63	1	1	1	1	1	1	435

Sumber: Hasil Perhitungan

dimana:

U_1 = Pembangkit Unit – 1.

U_2 = Pembangkit Unit – 2.

U_3 = Pembangkit Unit – 3.

U_4 = Pembangkit Unit – 4.

U_5 = Pembangkit Unit – 5.

U_6 = Pembangkit Unit – 6.

1 = Pembangkit beroperasi (*On*).

0 = Pembangkit tidak beroperasi (*Off*).

Nilai daya beban pada data IEEE 30 Bus adalah 283.4 MW. Berdasarkan tabel 4.4 maka jumlah kombinasi yang memenuhi syarat $\sum P_{i\ max} \geq P_R$ adalah 22 kombinasi. Berdasarkan perhitungan iterasi lambda, maka didapatkan biaya total bahan bakar untuk setiap kombinasi. Biaya total bahan bakar untuk setiap kombinasi ditunjukkan pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Biaya total bahan bakar untuk kombinasi yang memenuhi syarat $\sum P_{i\ max} \geq P_R$

No.	Kombinasi						F_{total} (\$/Jam)
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	
1	1	1	1	0	0	0	775.6053
2	1	1	0	1	0	0	798.1916
3	1	0	1	1	0	0	868.7772
4	1	1	1	1	0	0	771.2820
5	1	1	0	0	1	0	801.2870
6	1	1	1	0	1	0	770.7524
7	1	1	0	1	1	0	794.1028
8	1	0	1	1	1	0	821.9126
9	1	1	1	1	1	0	769.0687
10	1	1	0	0	0	1	801.2870
11	1	0	1	0	0	1	871.1231
12	1	1	1	0	0	1	770.7771
13	1	1	0	1	0	1	794.1090
14	1	0	1	1	0	1	821.9126
15	1	1	1	1	0	1	769.2782
16	1	1	0	0	1	1	794.4596
17	1	0	1	0	1	1	831.5209
18	1	1	1	0	1	1	768.4678
19	1	0	0	1	1	1	848.4489
20	1	1	0	1	1	1	791.4056
21	1	0	1	1	1	1	813.7658
22	1	1	1	1	1	1	767.6023

Sumber: Hasil Perhitungan

dimana:

$$F_{total} = \text{Biaya total bahan bakar (\$/Jam)}$$

Berdasarkan pada tabel 4.5 biaya total bahan bakar minimum adalah pada kombinasi 1-1-1-1-1-1 yaitu sebesar \$767.6023/Jam. Sehingga kombinasi yang dipilih adalah kombinasi 1-1-1-1-1-1.

4.4.1 Langkah – langkah perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data IEEE 30 Bus kombinasi 1-1-1-1-1-1.

Berdasarkan pada tabel 4.1, maka total beban (P_R) yang dipikul oleh 6 unit pembangkit adalah 283.4 MW.

Langkah – langkah perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data IEEE 30 bus adalah sebagai berikut:

1. Memasukkan nilai a , b , dan c dari koefisien persamaan biaya bahan bakar:

$$a = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.00375 \\ 0.0175 \\ 0.0625 \\ 0.00834 \\ 0.025 \\ 0.025 \end{bmatrix}$$

$$b = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ b_5 \\ b_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 \\ 1.75 \\ 1 \\ 3.25 \\ 3 \\ 3 \end{bmatrix}$$

$$c = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \\ c_5 \\ c_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Memasukkan nilai P_{min} dan P_{maks} :

$$P_{min} = \begin{bmatrix} P_{1min} \\ P_{2min} \\ P_{3min} \\ P_{4min} \\ P_{5min} \\ P_{6min} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 50 \\ 20 \\ 15 \\ 10 \\ 10 \\ 12 \end{bmatrix}$$

$$P_{maks} = \begin{bmatrix} P_{1maks} \\ P_{2maks} \\ P_{3maks} \\ P_{4maks} \\ P_{5maks} \\ P_{6maks} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 200 \\ 80 \\ 50 \\ 35 \\ 30 \\ 40 \end{bmatrix}$$

2. Memasukkan nilai lambda awal ($\lambda^{(1)}$), nilai *error* untuk $|\Delta P^{(k)}|$, dan nilai daya beban (P_R):

- Nilai lambda awal yang digunakan adalah $\lambda^{(1)} = \$8/\text{MWh}$
- Nilai *error* untuk $|\Delta P^{(k)}|$ adalah 0.0001 MW
- Nilai daya beban (P_R) adalah 283.4 MW

3. Menghitung nilai daya dari masing – masing unit pembangkit ($P_i^{(k)}$):

Perhitungan daya masing – masing unit pembangkit pada iterasi ke-1 ($P_i^{(1)}$)

$$\begin{bmatrix} P_1^{(1)} \\ P_2^{(1)} \\ P_3^{(1)} \\ P_4^{(1)} \\ P_5^{(1)} \\ P_6^{(1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\lambda^{(1)} - b_1}{2a_1} \\ \frac{\lambda^{(1)} - b_2}{2a_2} \\ \frac{\lambda^{(1)} - b_3}{2a_3} \\ \frac{\lambda^{(1)} - b_4}{2a_4} \\ \frac{\lambda^{(1)} - b_5}{2a_5} \\ \frac{\lambda^{(1)} - b_6}{2a_6} \end{bmatrix}$$



$$\begin{bmatrix} P_1^{(1)} \\ P_2^{(1)} \\ P_3^{(1)} \\ P_4^{(1)} \\ P_5^{(1)} \\ P_6^{(1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{8-2}{2 * 0.00375} \\ \frac{8-1.75}{2 * 0.0175} \\ \frac{8-1}{2 * 0.0625} \\ \frac{8-3.25}{2 * 0.00834} \\ \frac{8-3}{2 * 0.025} \\ \frac{8-3}{2 * 0.025} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} P_1^{(1)} \\ P_2^{(1)} \\ P_3^{(1)} \\ P_4^{(1)} \\ P_5^{(1)} \\ P_6^{(1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 800 \\ 178.571429 \\ 56 \\ 284.772182 \\ 100 \\ 100 \end{bmatrix}$$

4. Evaluasi nilai daya dari masing – masing unit pembangkit:

- Nilai $P_1^{(1)} > P_{1maks}$, maka tetapkan $P_1^{(1)} = P_{1maks}$, Sehingga $P_1^{(1)} = 200$ MW.
- Nilai $P_2^{(1)} > P_{2maks}$, maka tetapkan $P_2^{(1)} = P_{2maks}$. Sehingga $P_2^{(1)} = 80$ MW.
- Nilai $P_3^{(1)} > P_{3maks}$, maka tetapkan $P_3^{(1)} = P_{3maks}$. Sehingga $P_3^{(1)} = 50$ MW.
- Nilai $P_4^{(1)} > P_{4maks}$, maka tetapkan $P_4^{(1)} = P_{4maks}$. Sehingga $P_4^{(1)} = 35$ MW.
- Nilai $P_5^{(1)} > P_{5maks}$, maka tetapkan $P_5^{(1)} = P_{5maks}$. Sehingga $P_5^{(1)} = 30$ MW.
- Nilai $P_6^{(1)} > P_{6maks}$, maka tetapkan $P_6^{(1)} = P_{6maks}$, Sehingga $P_6^{(1)} = 40$ MW.

5. Menghitung nilai $\Delta P^{(k)}$.

$$\Delta P^{(k)} = P_R - \sum_{i=1}^n P_i^{(k)}$$

$$\Delta P^{(1)} = 283.4 - (200 + 80 + 50 + 35 + 30 + 40)$$

$$\Delta P^{(1)} = -1235.9436 \text{ MW}$$

6. Evaluasi nilai $|\Delta P^{(k)}|$

Nilai *error* yang digunakan untuk $|\Delta P^{(k)}|$ adalah 0.0001 MW. Karena nilai $|\Delta P^{(1)}|$ lebih besar dari nilai *error*, maka perhitungan diulangi pada iterasi berikutnya.

7. Menghitung nilai $\Delta \lambda^{(k)}$

$$\Delta \lambda^{(k)} = \frac{\Delta P^{(k)}}{\sum \frac{1}{2a_i}}$$

$$\Delta \lambda^{(1)} = \frac{-1235.9436}{\left(\frac{1}{2 * 0.00375} + \frac{1}{2 * 0.0175} + \frac{1}{2 * 0.0625} + \frac{1}{2 * 0.00834} + \frac{1}{2 * 0.025} + \frac{1}{2 * 0.025} \right)}$$

$$\Delta \lambda^{(1)} = -\$4.5799/\text{MWh}$$

8. Memperbarui nilai lambda $\lambda^{(k)}$

$$\lambda^{(k+1)} = \lambda^{(k)} + \Delta \lambda^{(k)}$$

$$\lambda^{(2)} = \lambda^{(1)} + \Delta \lambda^{(1)}$$

$$\lambda^{(2)} = 8 - 4.5799$$

$$\lambda^{(2)} = \$3.4200/\text{MWh}$$

Berdasarkan pada perhitungan iterasi terakhir (iterasi ke-23), maka didapatkan nilai lambda dan daya dari masing – masing unit pembangkit sebagai berikut:

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Iterasi Lambda komputasi Serial data IEEE 30 Bus.

Iterasi terakhir	Lambda (\$/MWh)	P_1 (MW)	P_2 (MW)	P_3 (MW)	P_4 (MW)	P_5 (MW)	P_6 (MW)
23	3.3905	185.4036	46.8722	19.1242	10	10	12

Sumber: Hasil Perhitungan

4.4.2 Langkah – langkah perhitungan operasi ekonomis komputasi paralel menggunakan data IEEE 30 Bus kombinasi 1-1-1-1-1-1.

Berdasarkan pada tabel 4.1, maka total beban (P_R) yang dipikul oleh 6 unit pembangkit adalah 283.4 MW.

Langkah – langkah perhitungan operasi ekonomis komputasi paralel menggunakan data IEEE 30 bus adalah sebagai berikut:

1. Memasukkan nilai a , b , dan c dari koefisien persamaan biaya bahan bakar:

$$a = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.00375 \\ 0.0175 \\ 0.0625 \\ 0.00834 \\ 0.025 \\ 0.025 \end{bmatrix}$$

$$b = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ b_5 \\ b_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 \\ 1.75 \\ 1 \\ 3.25 \\ 3 \\ 3 \end{bmatrix}$$

$$c = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \\ c_5 \\ c_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Memasukkan nilai P_{min} dan P_{maks} :

$$P_{min} = \begin{bmatrix} P_{1min} \\ P_{2min} \\ P_{3min} \\ P_{4min} \\ P_{5min} \\ P_{6min} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 50 \\ 20 \\ 15 \\ 10 \\ 10 \\ 12 \end{bmatrix}$$

$$P_{maks} = \begin{bmatrix} P_{1maks} \\ P_{2maks} \\ P_{3maks} \\ P_{4maks} \\ P_{5maks} \\ P_{6maks} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 200 \\ 80 \\ 50 \\ 35 \\ 30 \\ 40 \end{bmatrix}$$

2. Memasukkan nilai lambda awal ($\lambda^{(1)}$), nilai *error* untuk $|\Delta P^{(k)}|$, dan nilai daya beban (P_R):

- Nilai lambda awal yang digunakan adalah $\lambda^{(1)} = \$8/\text{MWh}$
- Nilai *error* untuk $|\Delta P^{(k)}|$ adalah 0.0001 MW
- Nilai daya beban (P_R) adalah 283.4 MW

3. Mendistribusikan nilai a , b , dan c ke masing – masing core prosesor:

- **Core 1**

$$a = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0375 \\ 0,0175 \\ 0,0625 \end{bmatrix}$$

$$b = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 \\ 1,75 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$c = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$P_{min} = \begin{bmatrix} P_{1min} \\ P_{2min} \\ P_{3min} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 50 \\ 20 \\ 15 \end{bmatrix}$$

$$P_{maks} = \begin{bmatrix} P_{1maks} \\ P_{2maks} \\ P_{3maks} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 200 \\ 80 \\ 50 \end{bmatrix}$$

- **Core 2**

$$a = \begin{bmatrix} a_4 \\ a_5 \\ a_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,834 \\ 0,025 \\ 0,025 \end{bmatrix}$$

$$b = \begin{bmatrix} b_4 \\ b_5 \\ b_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,25 \\ 3 \\ 3 \end{bmatrix}$$

$$c = \begin{bmatrix} c_4 \\ c_5 \\ c_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$P_{min} = \begin{bmatrix} P_{4min} \\ P_{5min} \\ P_{6min} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10 \\ 10 \\ 12 \end{bmatrix}$$

$$P_{maks} = \begin{bmatrix} P_{4maks} \\ P_{5maks} \\ P_{6maks} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 35 \\ 30 \\ 40 \end{bmatrix}$$

4. Menghitung nilai daya dari masing – masing unit pembangkit ($P_i^{(k)}$).
Perhitungan daya masing – masing unit pembangkit pada iterasi ke-1

- **Core 1**

$$\begin{bmatrix} P_1^{(1)} \\ P_2^{(1)} \\ P_3^{(1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\lambda^{(1)} - b_1}{2a_1} \\ \frac{\lambda^{(1)} - b_2}{2a_2} \\ \frac{\lambda^{(1)} - b_3}{2a_3} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} P_1^{(1)} \\ P_2^{(1)} \\ P_3^{(1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 8 - 2 \\ \frac{2 * 0.00375}{8 - 1.75} \\ \frac{2 * 0.0175}{8 - 1} \\ \frac{2 * 0.0625}{8 - 1} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} P_1^{(1)} \\ P_2^{(1)} \\ P_3^{(1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 800 \\ 178.5714 \\ 56 \end{bmatrix}$$

• **Core 2**

$$\begin{bmatrix} P_4^{(1)} \\ P_5^{(1)} \\ P_6^{(1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\lambda^{(1)} - b_4}{2a_4} \\ \frac{\lambda^{(1)} - b_5}{2a_5} \\ \frac{\lambda^{(1)} - b_6}{2a_6} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} P_4^{(1)} \\ P_5^{(1)} \\ P_6^{(1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 8 - 3.25 \\ \frac{2 * 0.00834}{8 - 3} \\ \frac{2 * 0.025}{8 - 3} \\ \frac{2 * 0.025}{8 - 3} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} P_4^{(1)} \\ P_5^{(1)} \\ P_6^{(1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 284.772182 \\ 100 \\ 100 \end{bmatrix}$$

5. Evaluasi nilai daya dari masing – masing unit pembangkit:

• **Core 1**

- Nilai $P_1^{(1)} > P_{1maks}$, maka tetapkan $P_1^{(1)} = P_{1maks}$, Sehingga $P_1^{(1)} = 200$ MW.

- Nilai $P_2^{(1)} > P_{2maks}$, maka tetapkan $P_2^{(1)} = P_{2maks}$. Sehingga $P_2^{(1)} = 80$ MW.
- Nilai $P_3^{(1)} > P_{3maks}$, maka tetapkan $P_3^{(1)} = P_{3maks}$. Sehingga $P_3^{(1)} = 50$ MW.

- **Core 2**

- Nilai $P_4^{(1)} > P_{4maks}$, maka tetapkan $P_4^{(1)} = P_{4maks}$. Sehingga $P_4^{(1)} = 35$ MW.
- Nilai $P_5^{(1)} > P_{5maks}$, maka tetapkan $P_5^{(1)} = P_{5maks}$. Sehingga $P_5^{(1)} = 30$ MW.
- Nilai $P_6^{(1)} > P_{6maks}$, maka tetapkan $P_6^{(1)} = P_{6maks}$. Sehingga $P_6^{(1)} = 40$ MW.

6. Menggabungkan nilai $P_i^{(k)}$ ke masing – masing core prosesor.

- **Core 1**

$$\begin{bmatrix} P_1^{(1)} \\ P_2^{(1)} \\ P_3^{(1)} \\ P_4^{(1)} \\ P_5^{(1)} \\ P_6^{(1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 800 \\ 178.571429 \\ 56 \\ 284.772182 \\ 100 \\ 100 \end{bmatrix}$$

- **Core 2**

$$\begin{bmatrix} P_1^{(1)} \\ P_2^{(1)} \\ P_3^{(1)} \\ P_4^{(1)} \\ P_5^{(1)} \\ P_6^{(1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 800 \\ 178.571429 \\ 56 \\ 284.772182 \\ 100 \\ 100 \end{bmatrix}$$

9. Menghitung nilai $\Delta P^{(k)}$.

$$\Delta P^{(k)} = P_R - \sum_{i=1}^n P_i^{(k)}$$

- **Core 1**

$$\Delta P^{(1)} = 283.4 - (200 + 80 + 50 + 35 + 30 + 40)$$

$$\Delta P^{(1)} = -1235.9436 \text{ MW}$$

- **Core 2**

$$\Delta P^{(1)} = 283.4 - (200 + 80 + 50 + 35 + 30 + 40)$$

$$\Delta P^{(1)} = -1235.9436 \text{ MW}$$

10. Evaluasi nilai $|\Delta P^{(k)}|$

Nilai *error* yang digunakan untuk $|\Delta P^{(k)}|$ adalah 0.0001 MW. Karena nilai $|\Delta P^{(1)}|$ lebih besar dari nilai *error*, maka perhitungan diulangi pada iterasi berikutnya.

11. Menghitung nilai $\Delta \lambda^{(k)}$

$$\Delta \lambda^{(k)} = \frac{\Delta P^{(k)}}{\sum \frac{1}{2a_i}}$$

- **Core 1**

$$\Delta \lambda^{(1)} = \frac{-1235.9436}{\left(\frac{1}{2 * 0.00375} + \frac{1}{2 * 0.0175} + \frac{1}{2 * 0.0625} + \frac{1}{2 * 0.00834} + \frac{1}{2 * 0.025} + \frac{1}{2 * 0.025} \right)}$$

$$\Delta \lambda^{(1)} = -\$4.5799/\text{MWh}$$

- **Core 2**



$$\Delta\lambda^{(1)} = \frac{-1235.9436}{\left(\frac{1}{2 * 0.00375} + \frac{1}{2 * 0.0175} + \frac{1}{2 * 0.0625} + \frac{1}{2 * 0.00834} + \frac{1}{2 * 0.025} + \frac{1}{2 * 0.025}\right)}$$

$$\Delta\lambda^{(1)} = -\$4.5799/\text{MWh}$$

12. Memperbarui nilai lambda λ :

$$\lambda^{(k+1)} = \lambda^{(k)} + \Delta\lambda^{(k)}$$

- **Core 1**

$$\lambda^{(2)} = \lambda^{(1)} + \Delta\lambda^{(1)}$$

$$\lambda^{(2)} = 8 - 4.5799$$

$$\lambda^{(2)} = \$3.4200/\text{MWh}$$

- **Core 2**

$$\lambda^{(2)} = \lambda^{(1)} + \Delta\lambda^{(1)}$$

$$\lambda^{(2)} = 8 - 4.5799$$

$$\lambda^{(2)} = \$3.4200/\text{MWh}$$

Berdasarkan pada perhitungan iterasi terakhir (iterasi ke-23), maka didapatkan nilai lambda dan daya dari masing – masing unit pembangkit sebagai berikut:

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Iterasi lambda komputasi paralel data IEEE 30 Bus

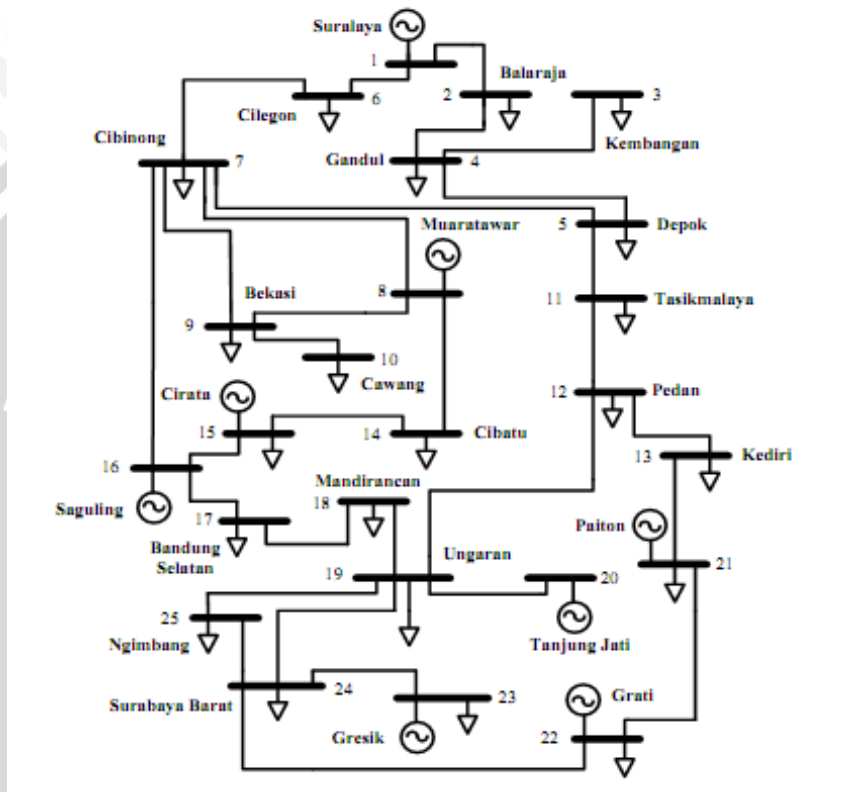
Core 1					Core 2				
Iterasi Terakhir	Lambda (\$/MWh)	P_1 (MW)	P_2 (MW)	P_3 (MW)	Iterasi Terakhir	Lambda (\$/MWh)	P_4 (MW)	P_5 (MW)	P_6 (MW)
23	3.3905	185.4036	46.8722	19.1242	23	3.3905	10	10	12

Sumber: Hasil Perhitungan



4.5 Sistem Kelistrikan 500 kV Jawa – Bali

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data pembangkitan dan daya beban interkoneksi 500 kV Jawa – Bali. Sistem interkoneksi tenaga listrik 500 kV Jawa – Bali terdiri dari 8 unit pembangkit tenaga listrik. Pembangkit yang terpasang terdiri dari dua unit pembangkit listrik tenaga air (Cirata dan Saguling), dan 6 unit pembangkit listrik tenaga termal (Suralaya, Muaratawar, Tanjung Jati, Gresik, Paiton, dan Grati).



Gambar 4.2 Diagram satu garis sistem 500 kV Jawa – Bali

Sumber : Muarnis, 2011: 76

Dari gambar 4.2 menunjukkan ke delapan pembangkit tersebut terhubung interkoneksi melalui saluran transmisi 500 kV Jawa – Bali. Dalam penelitian ini yang akan digunakan dalam operasi ekonomis adalah pembangkit listrik tenaga termalnya dengan mengabaikan rugi – rugi transmisi.

Batas kemampuan daya aktif (P_{maks} dan P_{min}) untuk masing – masing pembangkit listrik tenaga termal ditunjukkan pada tabel 4.8

Tabel 4.8 Batas kemampuan daya aktif sistem 500 kV Jawa – Bali.

No.	Pembangkit	P_{maks} (MW)	P_{min} (MW)
1	Suralaya	1500	3400
2	Muaratawar	1040	2200
3	Tanjung Jati	600	1220
4	Gresik	238	1050
5	Paiton	1425	3254
6	Grati	150	827

Sumber : Muharnis, 2011: 79

Koefisien – koefisien dari biaya bahan bakar dari masing – masing pembangkit listrik tenaga termal ditunjukkan pada tabel 4.9.

Tabel 4.9 Koefisien – koefisien biaya bahan bakar sistem 500 kV Jawa – Bali.

No.	Pembangkit	a (Rp/Jam.MW ²)	b (Rp/Jam.MW)	c (Rp/Jam)
1	Suralaya	65.95	395668.05	31630.21
2	Muaratawar	690.98	2478064.47	107892572.17
3	Tanjung Jati	21.88	197191	1636484.18
4	Gresik	132.15	777148.77	13608770.96
5	Paiton	52.19	37370.67	8220765.38
6	Grati	533.92	2004960.63	86557397

Sumber : Muharnis, 2011: 79

Fungsi biaya pembangkit listrik tenaga air pada sistem 500 kV Jawa – Bali ditunjukkan pada tabel 4.10.

Tabel 4.10 Fungsi biaya pembangkitan pada pembangkit listrik tenaga air sistem 500 kV Jawa – Bali.

No.	Pembangkit	Fungsi Biaya Pembangkitan (Rp/Jam)
1	Cirata	$F_{Cirata} = 6000P_{cirata}$
2	Saguling	$F_{Saguling} = 5502P_{saguling}$

Sumber : Muharnis, 2011: 79

Berikut ini adalah penjadwalan pembangkit 500 kV Jawa – Bali sebelum dilakukan operasi ekonomis pada tanggal 19 April 2011 pada jam 13.30 WIB.

Tabel 4.11 Penjadwalan pembangkit sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 13.30 - 14.29 WIB sebelum dilakukan operasi ekonomis.

No. Bus	Tegangan		Beban		Generator	
	Magnitude (p.u)	Sudut (derajat)	P (MW)	Q (MVA _r)	P (MW)	Q (MVA _r)
1	1.02	0	219	67	1347.630	2006.805
2	1.015	-0,146	333	179	0	0
3	0.947	-1,476	202	39	0	0
4	0.948	-1,262	814	171	0	0
5	0.944	-0,675	638	336	0	0
6	0.938	-2,481	720	217	0	0
7	0.933	-2,859	1126	331	0	0
8	0.970	0,931	0	0	1850	1711.256
9	0.947	0,671	1152	345	0	0
10	0.938	2,305	597	201	948	200
11	0.933	2,872	0	0	698	150
12	0.915	4,497	477	254	0	0
13	0.894	11,897	293	65	0	0
14	0.914	28,934	193	118	0	0
15	1	41,04	0	0	1220	544.406
16	0.971	37,661	508	265	0	0
17	0.980	38,238	127	92	910	664.462
18	0.945	-0,819	342	95	0	0
19	1	10,752	133	33	0	0
20	0.898	25,644	365	101	0	0
21	0.901	33,742	498	124	0	0
22	0.928	44,553	448	55	3180	813.803
23	0.990	41,242	180	132	498	396.857
24	0.974	-1,34	732	287	0	0
25	0.955	35,234	264	58	0	0

Sumber : Muharnis, 2011: 77

Data daya beban (P_R) untuk penjadwalan 24 jam sistem 500 kV Jawa – Bali ditunjukkan pada tabel 4.12

Tabel 4.12 Data daya beban untuk penjadwalan 24 jam sistem 500 kV Jawa – Bali.

Jam (WIB)	Beban (MW)	Jam (WIB)	Beban (MW)
1.30 – 2.29	8350	13.30 – 14.29	10361
2.30 – 3.39	8179	14.30 – 15.29	10454
3.30 – 4.29	8138	15.30 – 16.29	10401
4.30 – 5.29	8138	16.30 – 17.29	10401
5.30 – 6.29	8304	17.30 – 18.29	10454
6.30 – 7.29	8128	18.30 – 19.29	11292
7.30 – 8.29	8138	19.30 – 20.29	11301
8.30 – 8.29	9256	20.30 – 21.29	10734
9.30 – 10.29	9237	21.30 – 22.29	10454
10.30 – 11.29	9337	22.30 – 23.29	8885
11.30 – 12.29	9320	23.30 – 24.29	7997
12.30 – 13.29	9318	24.30 – 1.29	7196

Sumber : Muharnis, 2011: 93

Pada penelitian ini, pembangkit listrik tenaga air dianggap terus beroperasi dengan daya tetap (tidak dilakukan optimasi).

Perhitungan operasi ekonomis pembangkit tenaga listrik pada sistem 500 kV Jawa – Bali dilakukan dengan mencari jumlah kombinasi penjadwalan (*On/Off*) dari 6 unit pembangkit termal yang akan beroperasi.

Berikut ini adalah daftar kombinasi penjadwalan untuk 6 unit pembangkit termal pada sistem 500 kV Jawa – Bali.

Tabel 4.13 Daftar kombinasi penjadwalan untuk 6 unit pembangkit termal pada sistem 500 kV Jawa – Bali.

No	Kombinasi						$\sum P_{i maks}$
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	
1	0	0	0	0	0	0	0
2	1	0	0	0	0	0	3400
3	0	1	0	0	0	0	2200
4	1	1	0	0	0	0	5600
5	0	0	1	0	0	0	1220
6	1	0	1	0	0	0	4620

No	Kombinasi						$\sum P_{i maks}$
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	
7	0	1	1	0	0	0	3420
8	1	1	1	0	0	0	6820
9	0	0	0	1	0	0	1050
10	1	0	0	1	0	0	4450
11	0	1	0	1	0	0	3250
12	1	1	0	1	0	0	6650
13	0	0	1	1	0	0	2270
14	1	0	1	1	0	0	5670
15	0	1	1	1	0	0	4470
16	1	1	1	1	0	0	7870
17	0	0	0	0	1	0	3254
18	1	0	0	0	1	0	6654
19	0	1	0	0	1	0	5454
20	1	1	0	0	1	0	8854
21	0	0	1	0	1	0	4474
22	1	0	1	0	1	0	7874
23	0	1	1	0	1	0	6674
24	1	1	1	0	1	0	10074
25	0	0	0	1	1	0	4304
26	1	0	0	1	1	0	7704
27	0	1	0	1	1	0	6504
28	1	1	0	1	1	0	9904
29	0	0	1	1	1	0	5524
30	1	0	1	1	1	0	8924
31	0	1	1	1	1	0	7724
32	1	1	1	1	1	0	11124
33	0	0	0	0	0	1	827
34	1	0	0	0	0	1	4227
35	0	1	0	0	0	1	3027
36	1	1	0	0	0	1	6427
37	0	0	1	0	0	1	2047
38	1	0	1	0	0	1	5447
39	0	1	1	0	0	1	4247
40	1	1	1	0	0	1	7647
41	0	0	0	1	0	1	1877
42	1	0	0	1	0	1	5277
43	0	1	0	1	0	1	4077
44	1	1	0	1	0	1	7477
45	0	0	1	1	0	1	3097
46	1	0	1	1	0	1	6497
47	0	1	1	1	0	1	5297
48	1	1	1	1	0	1	8697

No	Kombinasi						$\sum P_{i maks}$
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	
49	0	0	0	0	1	1	4081
50	1	0	0	0	1	1	7481
51	0	1	0	0	1	1	6281
52	1	1	0	0	1	1	9681
53	0	0	1	0	1	1	5301
54	1	0	1	0	1	1	8701
55	0	1	1	0	1	1	7501
56	1	1	1	0	1	1	10901
57	0	0	0	1	1	1	5131
58	1	0	0	1	1	1	8531
59	0	1	0	1	1	1	7331
60	1	1	0	1	1	1	10731
61	0	0	1	1	1	1	6351
62	1	0	1	1	1	1	9751
63	0	1	1	1	1	1	8551
64	1	1	1	1	1	1	11951

Sumber: Hasil Perhitungan

dimana:

U_1 = Unit pembangkit – 1/ Pembangkit Suralaya

U_2 = Unit pembangkit – 2/ Pembangkit Muaratawar

U_3 = Unit pembangkit – 3/ Pembangkit Tanjung Jati

U_4 = Unit pembangkit – 4/ Pembangkit Gresik

U_5 = Unit pembangkit – 5/ Pembangkit Paiton

U_6 = Unit pembangkit – 6/ Pembangkit Grati

4.6 Operasi ekonomis sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 1.30 - 2.29 WIB

Pada jam 1.30 - 2.29 WIB besar daya beban adalah 8350 MW. Karena pembangkit listrik tenaga air dianggap terus beroperasi dengan daya tetap (tidak dilakukan optimasi), maka besarnya daya beban yang dipikul oleh pembangkit listrik tenaga termal adalah:

$$P_R = 8350 - (946 + 698) = 6706 \text{ MW.}$$

Nilai daya beban pada data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 1.30 – 2.29 WIB yang dipikul oleh pembangkit listrik tenaga termal adalah 6706 MW. Berdasarkan

tabel 4.13 maka jumlah kombinasi yang memenuhi syarat $\sum P_{i \max} \geq P_R$ adalah 24 kombinasi. Berdasarkan perhitungan iterasi lambda, maka didapatkan biaya total bahan bakar untuk setiap kombinasi. Biaya total bahan bakar untuk setiap kombinasi ditunjukkan pada tabel 4.14.

Tabel 4.14 Biaya total bahan bakar untuk kombinasi yang memenuhi syarat $\sum P_{i \max} \geq P_R$ sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 1.30 - 2.29 WIB.

No	Kombinasi						F_{total} (Rp/Jam)
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	
1	1	1	1	0	0	0	10.667.000.000
2	1	1	1	1	0	0	6.787.300.000
3	1	1	0	0	1	0	5.453.200.000
4	1	0	1	0	1	0	2.169.200.000
5	1	1	1	0	1	0	5.020.700.000
6	1	0	0	1	1	0	2.841.700.000
7	1	1	0	1	1	0	5.493.100.000
8	1	0	1	1	1	0	2.214.800.000
9	0	1	1	1	1	0	5.934.900.000
10	1	1	1	1	1	0	5.147.600.000
11	1	1	1	0	0	1	8.815.600.000
12	1	1	0	1	0	1	10.253.000.000
13	1	1	1	1	0	1	7.030.500.000
14	1	0	0	0	1	1	3.107.600.000
15	1	1	0	0	1	1	5.747.000.000
16	1	0	1	0	1	1	2.466.500.000
17	0	1	1	0	1	1	8.020.600.000
18	1	1	1	0	1	1	5.369.400.000
19	1	0	0	1	1	1	3.119.600.000
20	0	1	0	1	1	1	9.492.500.000
21	1	1	0	1	1	1	5.791.600.000
22	1	0	1	1	1	1	2.516.800.000
23	0	1	1	1	1	1	5.755.800.000
24	1	1	1	1	1	1	5.500.100.000

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan pada tabel 4.14 biaya total bahan bakar minimum adalah pada kombinasi 1-0-1-0-1-0 yaitu sebesar Rp2.169.200.000/Jam. Sehingga kombinasi yang dipilih adalah kombinasi 1-0-1-0-1-0.

4.6.1 Langkah – langkah perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 1.30 – 2.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.

Besar daya beban (P_R) yang dipikul oleh pembangkit listrik tenaga termal pada jam 1.30 adalah 6706 MW.

Langkah – langkah perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data sistem 500 kV Jawa – bali pada jam 1.30 untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0 adalah sebagai berikut:

1. Memasukkan nilai a , b , dan c dari koefisien persamaan biaya bahan bakar:

$$a = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_3 \\ a_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 65.95 \\ 21.88 \\ 52.19 \end{bmatrix} \quad b = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_3 \\ b_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 395668.05 \\ 197191 \\ 37370.67 \end{bmatrix} \quad c = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 31630.21 \\ 1636484.18 \\ 8220765.38 \end{bmatrix}$$

Memasukkan nilai P_{min} dan P_{maks} :

$$P_{min} = \begin{bmatrix} P_{1min} \\ P_{3min} \\ P_{5min} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1500 \\ 600 \\ 1425 \end{bmatrix} \quad P_{maks} = \begin{bmatrix} P_{1maks} \\ P_{3maks} \\ P_{5maks} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3400 \\ 1220 \\ 3254 \end{bmatrix}$$

2. Memasukkan nilai lambda awal ($\lambda^{(1)}$), nilai *error* untuk $|\Delta P^{(k)}|$, dan nilai daya beban (P_R):
 - Nilai lambda awal yang digunakan adalah $\lambda^{(1)} = \text{Rp}8/\text{MWh}$
 - Nilai *error* untuk $|\Delta P^{(k)}|$ adalah 0.0001 MW
 - Nilai daya beban (P_R) adalah 6706 MW
3. Menghitung nilai daya dari masing – masing unit pembangkit ($P_i^{(k)}$):

Perhitungan daya masing – masing unit pembangkit pada iterasi ke-1 ($P_i^{(1)}$)

$$\begin{bmatrix} P_1^{(1)} \\ P_3^{(1)} \\ P_5^{(1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 8 - 395668.05 \\ \frac{2 * 65.95}{8 - 197191} \\ \frac{2 * 0.0175}{8 - 37370.67} \\ \frac{2 * 52.19}{8 - 37370.67} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} P_1^{(1)} \\ P_3^{(1)} \\ P_5^{(1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2999.6971 \\ -4506.0101 \\ -357.948553 \end{bmatrix}$$

4. Evaluasi nilai daya dari masing – masing unit pembangkit:

- Nilai $P_1^{(1)} < P_{1min}$, maka tetapkan $P_1^{(1)} = P_{1min}$. Sehingga $P_1^{(1)} = 1500$ MW.
- Nilai $P_3^{(1)} < P_{2min}$, maka tetapkan $P_3^{(1)} = P_{3min}$. Sehingga $P_2^{(1)} = 600$ MW.
- Nilai $P_5^{(1)} < P_{5maks}$, maka tetapkan $P_5^{(1)} = P_{5maks}$. Sehingga $P_5^{(1)} = 1425$ MW.

5. Menghitung nilai $\Delta P^{(k)}$.

$$\Delta P^{(k)} = P_R - \sum_{i=1}^n P_i^{(k)}$$

$$\Delta P^{(1)} = 6706 - (1500 + 600 + 1425)$$

$$\Delta P^{(1)} = 2180.7535 \text{ MW}$$

6. Evaluasi nilai $|\Delta P^{(k)}|$

Nilai *error* yang digunakan untuk $|\Delta P^{(k)}|$ adalah 0.0001 MW. Karena nilai $|\Delta P^{(1)}|$ lebih besar dari nilai *error*, maka perhitungan diulangi pada iterasi berikutnya.

7. Menghitung nilai $\Delta \lambda^{(k)}$

$$\Delta\lambda^{(k)} = \frac{\Delta P^{(k)}}{\sum \frac{1}{2a_i}}$$

$$\Delta\lambda^{(1)} = \frac{21180.753493}{\left(\frac{1}{2 * 65.95} + \frac{1}{2 * 0.0175} + \frac{1}{2 * 52.19}\right)}$$

$$\Delta\lambda^{(1)} = \text{Rp}465946.7088/\text{MWh}$$

8. Memperbarui nilai lambda $\lambda^{(k)}$

$$\lambda^{(k+1)} = \lambda^{(k)} + \Delta\lambda^{(k)}$$

$$\lambda^{(2)} = \lambda^{(1)} + \Delta\lambda^{(1)}$$

$$\lambda^{(2)} = 8 + 465946.7088$$

$$\lambda^{(2)} = \text{Rp}465954.7087/\text{MWh}$$

Berdasarkan pada perhitungan iterasi terakhir (iterasi ke-95), maka didapatkan nilai lambda dan daya dari masing – masing unit pembangkit sebagai berikut:

Tabel 4.15 Hasil perhitungan Iterasi Lambda sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 1.30 – 2.29 WIB.

Iterasi terakhir	Lambda (Rp/MWh)	P_1 (MW)	P_3 (MW)	P_5 (MW)
95	690070	2232	1220	3254

Sumber: Hasil Perhitungan

4.6.2 Langkah – langkah perhitungan operasi ekonomis komputasi paralel menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 1.30 - 2.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.

Besar daya beban (P_R) yang dipikul oleh pembangkit listrik tenaga termal pada jam 1.30 - 2.29 WIB adalah 6706 MW.

Langkah – langkah perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 1.30 untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0 adalah sebagai berikut:

1. Memasukkan nilai a , b , dan c dari koefisien persamaan biaya bahan bakar:

$$a = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_3 \\ a_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 65.95 \\ 21.88 \\ 52.19 \end{bmatrix} \quad b = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_3 \\ b_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 395668.05 \\ 197191 \\ 37370.67 \end{bmatrix} \quad c = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 31630.21 \\ 1636484.18 \\ 8220765.38 \end{bmatrix}$$

Memasukkan nilai P_{min} dan P_{maks} :

$$P_{min} = \begin{bmatrix} P_{1min} \\ P_{3min} \\ P_{5min} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1500 \\ 600 \\ 1425 \end{bmatrix} \quad P_{maks} = \begin{bmatrix} P_{1maks} \\ P_{3maks} \\ P_{5maks} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3400 \\ 1220 \\ 3254 \end{bmatrix}$$

2. Memasukkan nilai lambda awal ($\lambda^{(1)}$), nilai *error* untuk $|\Delta P^{(k)}|$, dan nilai daya beban (P_R):

- Nilai lambda awal yang digunakan adalah $\lambda^{(1)} = \text{Rp}8/\text{MWh}$
- Nilai *error* untuk $|\Delta P^{(k)}|$ adalah 0.0001 MW
- Nilai daya beban (P_R) adalah 6707 MW

3. Mendistribusikan nilai a , b , dan c ke masing – masing core prosesor:

- **Core 1**

$$a = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 65.95 \\ 21.88 \end{bmatrix} \quad b = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 395668.05 \\ 197191 \end{bmatrix} \quad c = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 31630.21 \\ 1636484.18 \end{bmatrix}$$

$$P_{min} = \begin{bmatrix} P_{1min} \\ P_{3min} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1500 \\ 600 \end{bmatrix} \quad P_{maks} = \begin{bmatrix} P_{1maks} \\ P_{3maks} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3400 \\ 1220 \end{bmatrix}$$

- **Core 2**

$$a = [a_5] = [52.19] \quad b = [b_5] = [37370.67] \quad c = [c_5] = [8220765.38]$$

$$P_{min} = [P_{5min}] = [1425] \quad P_{maks} = [P_{5maks}] = [3254]$$

4. Menghitung nilai daya dari masing – masing unit pembangkit ($P_i^{(k)}$).

Perhitungan daya masing – masing unit pembangkit pada iterasi ke-1

• **Core 1**

$$\begin{bmatrix} P_1^{(1)} \\ P_5^{(1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\lambda^{(1)} - b_1}{2a_1} \\ \frac{\lambda^{(1)} - b_5}{2a_5} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} P_1^{(1)} \\ P_3^{(1)} \\ P_5^{(1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{8 - 395668.05}{2 * 65.95} \\ \frac{8 - 197191}{8 - 197191} \\ \frac{2 * 0.0175}{8 - 37370.67} \\ \frac{8 - 37370.67}{2 * 52.19} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} P_1^{(1)} \\ P_5^{(1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2999.6971 \\ -4506.0101 \end{bmatrix}$$

• **Core 2**

$$P_5^{(1)} = \frac{\lambda^{(1)} - b_5}{2a_5}$$

$$P_5^{(1)} = \frac{8 - 37370.67}{2 * 52.19}$$

$$P_5^{(1)} = [-357.948553]$$

5. Evaluasi nilai daya dari masing – masing unit pembangkit:

• **Core 1**

- Nilai $P_1^{(1)} < P_{1min}$, maka tetapkan $P_1^{(1)} = P_{1min}$. Sehingga $P_1^{(1)} = 1500$ MW.
- Nilai $P_3^{(1)} < P_{2min}$, maka tetapkan $P_3^{(1)} = P_{3min}$. Sehingga $P_2^{(1)} = 600$ MW.

• **Core 2**

- Nilai $P_5^{(1)} < P_{5maks}$, maka tetapkan $P_5^{(1)} = P_{5maks}$. Sehingga $P_5^{(1)} = 1425$ MW.

6. Menggabungkan nilai $P_i^{(k)}$ ke masing – masing core prosesor.

• **Core 1**

$$\begin{bmatrix} P_1^{(1)} \\ P_3^{(1)} \\ P_5^{(1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2999.6971 \\ -4506.0101 \\ -357.948553 \end{bmatrix}$$

• **Core 2**

$$\begin{bmatrix} P_1^{(1)} \\ P_3^{(1)} \\ P_5^{(1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2999.6971 \\ -4506.0101 \\ -357.948553 \end{bmatrix}$$

7. Menghitung nilai $\Delta P^{(k)}$.

$$\Delta P^{(k)} = P_R - \sum_{i=1}^n P_i^{(k)}$$

- **Core 1**

$$\Delta P^{(1)} = 6706 - (1500 + 600 + 1425)$$

$$\Delta P^{(1)} = 21180.7535 \text{ MW}$$

- **Core 2**

$$\Delta P^{(1)} = 6706 - (1500 + 600 + 1425)$$

$$\Delta P^{(1)} = 21180.7535 \text{ MW}$$

8. Evaluasi nilai $|\Delta P^{(k)}|$

Nilai *error* yang digunakan untuk $|\Delta P^{(k)}|$ adalah 0.0001 MW. Karena nilai $|\Delta P^{(1)}|$ lebih besar dari nilai *error*, maka perhitungan diulangi pada iterasi berikutnya.

9. Menghitung nilai $\Delta \lambda^{(k)}$

$$\Delta \lambda^{(k)} = \frac{\Delta P^{(k)}}{\sum \frac{1}{2a_i}}$$

- **Core 1**

$$\Delta \lambda^{(1)} = \frac{21180.753493}{\left(\frac{1}{2 * 65.95} + \frac{1}{2 * 0.0175} + \frac{1}{2 * 52.19}\right)}$$

$$\Delta \lambda^{(1)} = \text{Rp}465946.7088/\text{MWh}$$

- **Core 2**

$$\Delta \lambda^{(1)} = \frac{21180.753493}{\left(\frac{1}{2 * 65.95} + \frac{1}{2 * 0.0175} + \frac{1}{2 * 52.19}\right)}$$

$$\Delta \lambda^{(1)} = \text{Rp}465946.7088/\text{MWh}$$

10. Memperbarui nilai lambda λ :

$$\lambda^{(k+1)} = \lambda^{(k)} + \Delta \lambda^{(k)}$$

- **Core 1**

- **Core 2**

$$\Delta\lambda^{(1)} = \frac{21180.753493}{\left(\frac{1}{2 * 65.95} + \frac{1}{2 * 0.0175} + \frac{1}{2 * 52.19}\right)}$$

$$\Delta\lambda^{(1)} = \text{Rp}465946.7088/\text{MWh}$$

$$\Delta\lambda^{(1)} = \frac{21180.753493}{\left(\frac{1}{2 * 65.95} + \frac{1}{2 * 0.0175} + \frac{1}{2 * 52.19}\right)}$$

$$\Delta\lambda^{(1)} = \text{Rp}465946.7088/\text{MWh}$$

Berdasarkan pada perhitungan iterasi terakhir (iterasi ke-95), maka didapatkan nilai lambda dan daya dari masing – masing unit pembangkit sebagai berikut:

Tabel 4.16 Hasil perhitungan Iterasi Lambda Komputasi paralel sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 1.30 – 2.29 WIB

Core 1				Core 2		
Iterasi terakhir	Lambda (\$/MWh)	P_1 (MW)	P_3 (MW)	Iterasi terakhir	Lambda (\$/MWh)	P_5 (MW)
95	690070	2232	1220	95	690070	3254

Sumber: Hasil Perhitungan

4.6.3 Perhitungan biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 1.30 - 2.29 WIB

Biaya total bahan bakar (F_{total}) yang minimum pada jam 1.30 - 2.29 WIB berada pada kombinasi 1-0-1-0-1-0 yaitu sebesar:

$$F_{total} = \text{Rp}2.169.200.000/\text{Jam}$$

Karena pembangkit listrik tenaga air dianggap terus beroperasi dengan daya tetap (tidak dilakukan optimasi), maka biaya pembangkitan untuk pembangkit listrik tenaga air adalah:

$$F_{Cirata} = 6000P_{cirata}$$

$$F_{Cirata} = 6000 * 946$$

$$F_{Cirata} = \text{Rp}5.676.000/\text{Jam}$$

$$F_{Saguling} = 5502P_{saguling}$$

$$F_{Saguling} = 5502 * 698$$

$$F_{saguling} = Rp3.840.396/Jam$$

Sehingga biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 1.30 - 2.29 WIB adalah:

$$Biaya\ Pembangkitan = F_{total} + F_{cirata} + F_{saguling}$$

$$Biaya\ Pembangkitan = Rp2.178.716.396/Jam$$

4.7 Operasi ekonomis sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 2.30 - 3.29 WIB

Pada jam 2.30 – 3.29 WIB besar daya beban adalah 8179 MW. Karena pembangkit listrik tenaga air dianggap terus beroperasi dengan daya tetap (tidak dilakukan optimasi), maka besarnya daya beban yang dipikul oleh pembangkit listrik tenaga termal adalah:

$$P_R = 8179 - (946 + 698) = 6535\ MW.$$

Nilai daya beban pada data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 2.30 - 3.29 WIB yang dipikul oleh pembangkit listrik tenaga termal adalah 6535 MW. Berdasarkan tabel 4.13 maka jumlah kombinasi yang memenuhi syarat $\sum P_{i\ max} \geq P_R$ adalah 27 kombinasi. Berdasarkan perhitungan iterasi lambda, maka didapatkan biaya total bahan bakar untuk setiap kombinasi. Biaya total bahan bakar untuk setiap kombinasi ditunjukkan pada tabel 4.18.

Tabel 4.18 Biaya total bahan bakar untuk kombinasi yang memenuhi syarat $\sum P_{i\ max} \geq P_R$ sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 2.30 - 3.29 WIB.

No	Kombinasi						F_{total} (Rp/Jam)
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	
1	1	1	1	0	0	0	9.770.100.000
2	1	1	0	1	0	0	11.362.000.000
3	1	1	1	1	0	0	6.610.000.000
4	1	0	0	0	1	0	2.690.900.000
5	1	1	0	0	1	0	5.333.100.000
6	1	0	1	0	1	0	2.053.100.000
7	0	1	1	0	1	0	9.107.500.000
8	1	1	1	0	1	0	4.963.200.000
9	1	0	0	1	1	0	2.703.500.000
10	1	1	0	1	1	0	5.378.400.000
11	1	0	1	1	1	0	2.104.100.000

12	0	1	1	1	1	0	5.334.500.000
13	1	1	1	1	1	0	5.094.400.000
14	1	1	1	0	0	1	8.114.500.000
15	1	1	0	1	0	1	9.511.900.000
16	1	1	1	1	0	1	6.861.000.000
17	1	0	0	0	1	1	2.967.400.000
18	1	1	0	0	1	1	5.630.200.000
19	1	0	1	0	1	1	2.353.800.000
20	0	1	1	0	1	1	7.285.000.000
No	Kombinasi						F_{total} (Rp/Jam)
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	
21	1	1	1	0	1	1	5.314.700.000
22	1	0	0	1	1	1	2.984.800.000
23	0	1	0	1	1	1	8.716.700.000
24	1	1	0	1	1	1	5.680.200.000
25	1	0	1	1	1	1	2.409.400.000
26	0	1	1	1	1	1	5.579.700.000

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan pada tabel 4.18 biaya total bahan bakar minimum adalah pada kombinasi 1-0-1-0-1-0 yaitu sebesar Rp2.053.100.000/Jam. Sehingga kombinasi yang dipilih adalah kombinasi 1-0-1-0-1-0.

4.7.1 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 2.30 - 3.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.

Biaya total bahan bakar yang minimum pada jam 2.30 - 3.29 WIB adalah pada kombinasi 1-0-1-0-1-0. Berdasarkan pada perhitungan iterasi lambda komputasi serial, maka didapatkan nilai lambda, dan nilai daya dari masing – masing unit pembangkit yang beroperasi sebagai berikut:

Tabel 4.19 Hasil perhitungan Iterasi Lambda sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 2.30 - 3.29 WIB.

Iterasi terakhir	Lambda (Rp/MWh)	P_1 (MW)	P_3 (MW)	P_5 (MW)
95	667510	2061	1220	3254

Sumber: Hasil Perhitungan

4.7.2 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi paralel menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 2.30 - 3.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.

Berdasarkan perhitungan iterasi lambda komputasi paralel pada kombinasi 1-0-1-0-1-0, maka didapatkan nilai lambda dan daya dari masing – masing unit pembangkit yang beroperasi sebagai berikut.

Tabel 4.20 Hasil perhitungan Iterasi Lambda Komputasi paralel sistem 500 kV Jawa – Bali jam 2.30 - 3.29 WIB.

Core 1				Core 2		
Iterasi terakhir	Lambda (\$/MWh)	P_1 (MW)	P_3 (MW)	Iterasi terakhir	Lambda (\$/MWh)	P_5 (MW)
95	667510	2061	1220	95	667510	3254

Sumber: Hasil Perhitungan

4.7.3 Perhitungan biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 2.30 - 3.29 WIB

Biaya total bahan bakar (F_{total}) yang minimum pada jam 2.30 - 3.29 WIB berada pada kombinasi 1-0-1-0-1-0 yaitu sebesar:

$$F_{total} = Rp2.053.100.000/Jam$$

Karena pembangkit listrik tenaga air dianggap terus beroperasi dengan daya tetap (tidak dilakukan optimasi), maka biaya pembangkitan untuk pembangkit listrik tenaga air adalah:

$$F_{Cirata} = 6000P_{cirata}$$

$$F_{Cirata} = 6000 * 946$$

$$F_{Cirata} = Rp5.676.000/Jam$$

$$F_{Saguling} = 5502P_{saguling}$$

$$F_{Saguling} = 5502 * 698$$

$$F_{Saguling} = Rp3.840.396/Jam$$

Sehingga biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 1.30 - 2.29 WIB adalah:

$$\text{Biaya Pembangkitan} = F_{total} + F_{cirata} + F_{saguling}$$

$$\text{Biaya Pembangkitan} = \text{Rp}2.062.616.396/\text{Jam}$$

4.8 Operasi ekonomis sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 3.30 – 4.29 WIB dan 4.30 – 5.29 WIB

Pada jam 3.30 – 4.29 WIB dan 4.30 – 5.29 WIB besar daya beban adalah 8138 MW. Karena pembangkit listrik tenaga air dianggap terus beroperasi dengan daya tetap (tidak dilakukan optimasi), maka besarnya daya beban yang dipikul oleh pembangkit listrik tenaga termal adalah:

$$P_R = 8138 - (946 + 698) = 6494 \text{ MW.}$$

Nilai daya beban pada data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 3.30 - 4.29 WIB dan 4.30 - 5.29 WIB yang dipikul oleh pembangkit listrik tenaga termal adalah 6494 MW. Berdasarkan tabel 4.13 maka jumlah kombinasi yang memenuhi syarat $\sum P_{i \max} \geq P_R$ adalah 29 kombinasi. Berdasarkan perhitungan iterasi lambda, maka didapatkan biaya total bahan bakar untuk setiap kombinasi. Biaya total bahan bakar untuk setiap kombinasi ditunjukkan pada tabel 4.21.

Tabel 4.21 Biaya total bahan bakar untuk kombinasi yang memenuhi syarat $\sum P_{i \max} \geq P_R$ sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 3.30 – 4.29 WIB dan 4.30 – 5.29 WIB.

No	Kombinasi						F_{total} (Rp/Jam)
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	
1	1	1	1	0	0	0	9.561.200.000
2	1	1	0	1	0	0	11.143.000.000
3	1	1	1	1	0	0	6.568.800.000
4	1	0	0	0	1	0	2.657.000.000
5	1	1	0	0	1	0	5.304.900.000
6	1	0	1	0	1	0	2.025.900.000
7	0	1	1	0	1	0	8.890.300.000
8	1	1	1	0	1	0	4.949.900.000
9	1	0	0	1	1	0	2.670.900.000
10	0	1	0	1	1	0	10.507.000.000
11	1	1	0	1	1	0	5.351.400.000

12	1	0	1	1	1	0	2.078.100.000
13	0	1	1	1	1	0	5.291.800.000
14	1	1	1	1	1	0	5.082.100.000
15	1	1	1	0	0	1	7.952.400.000
16	1	1	0	1	0	1	9.340.200.000
17	1	0	1	1	0	1	5.459.200.000
18	1	1	1	1	0	1	6.821.500.000
No	Kombinasi						F_{total} (Rp/Jam)
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	
19	1	0	0	0	1	1	2.934.400.000
20	1	1	0	0	1	1	5.602.800.000
21	1	0	1	0	1	1	2.327.400.000
22	0	1	1	0	1	1	7.114.700.000
23	1	1	1	0	1	1	5.302.000.000
24	1	0	0	1	1	1	2.953.000.000
25	0	1	0	1	1	1	8.536.700.000
26	1	1	0	1	1	1	5.654.100.000
27	1	0	1	1	1	1	2.384.300.000
28	0	1	1	1	1	1	5.538.600.000
29	1	1	1	1	1	1	5.437.900.000

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan pada tabel 4.21 biaya total bahan bakar minimum adalah pada kombinasi 1-0-1-0-1-0 yaitu sebesar Rp2.025.900.000/Jam. Sehingga kombinasi yang dipilih adalah kombinasi 1-0-1-0-1-0.

4.8.1 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 3.30 - 4.29 WIB dan 4.30 - 5.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.

Biaya total bahan bakar yang minimum pada jam 3.30 - 4.29 WIB dan 4.30 - 5.29 WIB adalah pada kombinasi 1-0-1-0-1-0. Berdasarkan pada perhitungan iterasi lambda komputasi serial, maka didapatkan nilai lambda, dan nilai daya dari masing – masing unit pembangkit yang beroperasi sebagai berikut:

Tabel 4.22 Hasil perhitungan Iterasi Lambda sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 3.30 - 4.29 WIB dan 4.30 - 5.29 WIB

Iterasi terakhir	Lambda (Rp/MWh)	P_1 (MW)	P_3 (MW)	P_5 (MW)
------------------	-----------------	------------	------------	------------

95	662110	2020	1220	3254
----	--------	------	------	------

Sumber: Hasil Perhitungan

4.8.2 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi paralel menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 3.30 - 4.29 WIB dan 4.30 - 5.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.

Berdasarkan perhitungan iterasi lambda komputasi paralel, maka didapatkan hasil perhitungan dari masing – masing core prosesor sebagai berikut:

Tabel 4.23 Hasil perhitungan Iterasi Lambda Komputasi paralel sistem 500 kV Jawa – Bali jam 3.30 - 4.29 WIB dan 4.30 - 5.29 WIB

Core 1				Core 2		
Iterasi terakhir	Lambda (\$/MWh)	P_1 (MW)	P_3 (MW)	Iterasi terakhir	Lambda (\$/MWh)	P_5 (MW)
95	662110	2020	1220	95	662110	3254

Sumber: Hasil Perhitungan

4.8.3 Perhitungan biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 3.30 - 4.29 WIB dan 4.30 - 5.29 WIB

Biaya total bahan bakar (F_{total}) yang minimum pada jam 3.30 - 4.29 WIB dan 4.30 - 5.29 WIB berada pada kombinasi 1-0-1-0-1-0 yaitu sebesar:

$$F_{total} = Rp2.025.900.000/Jam$$

Karena pembangkit listrik tenaga air dianggap terus beroperasi dengan daya tetap (tidak dilakukan optimasi), maka biaya pembangkitan untuk pembangkit listrik tenaga air adalah:

$$F_{Cirata} = 6000P_{cirata}$$

$$F_{Cirata} = 6000 * 946$$

$$F_{Cirata} = Rp5.676.000/Jam$$

$$F_{Saguling} = 5502P_{saguling}$$

$$F_{Saguling} = 5502 * 698$$

$$F_{saguling} = Rp3.840.396/Jam$$

Sehingga biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 1.30 - 2.29 WIB adalah:

$$Biaya\ Pembangkitan = F_{total} + F_{cirata} + F_{saguling}$$

$$Biaya\ Pembangkitan = Rp2.035.415.396/Jam$$

4.9 Operasi ekonomis sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 5.30 - 6.29 WIB

Pada jam 5.30 - 6.29 WIB besar daya beban adalah 8304 MW. Karena pembangkit listrik tenaga air dianggap terus beroperasi dengan daya tetap (tidak dilakukan optimasi), maka besarnya daya beban yang dipikul oleh pembangkit listrik tenaga termal adalah:

$$P_R = 8304 - (946 + 698) = 6660\ MW.$$

Nilai daya beban pada data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 5.30 – 6.29 WIB yang dipikul oleh pembangkit listrik tenaga termal adalah 6660 MW. Berdasarkan tabel 4.13 maka jumlah kombinasi yang memenuhi syarat $\sum P_{i\ max} \geq P_R$ adalah 23 kombinasi. Berdasarkan perhitungan iterasi lambda, maka didapatkan biaya total bahan bakar untuk setiap kombinasi. Biaya total bahan bakar untuk setiap kombinasi ditunjukkan pada tabel 4.24.

Tabel 4.24 Biaya total bahan bakar untuk kombinasi yang memenuhi syarat $\sum P_{i\ max} \geq P_R$ sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 5.30 - 6.29 WIB.

No	Kombinasi						F_{total} (Rp/Jam)
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	
1	1	1	1	0	0	0	10.421.000.000
2	1	1	1	1	0	0	6.738.100.000
3	1	1	0	0	1	0	5.420.500.000
4	1	0	1	0	1	0	2.137.600.000
5	0	1	1	0	1	0	9.784.100.000
6	1	1	1	0	1	0	5.004.900.000
7	1	0	0	1	1	0	2.804.200.000
8	1	1	0	1	1	0	5.461.900.000
9	1	0	1	1	1	0	2.184.600.000
10	0	1	1	1	1	0	5.747.200.000
11	1	1	1	1	1	0	5.133.000.000
12	1	1	1	0	0	1	8.623.000.000

13	1	1	1	1	0	1	6.984.200.000
14	1	0	0	0	1	1	3.069.500.000
15	1	1	0	0	1	1	5.715.200.000
16	1	0	1	0	1	1	2.435.800.000
17	0	1	1	0	1	1	7.818.800.000
18	1	0	0	1	1	1	3.082.900.000
No	Kombinasi						F_{total} (Rp/Jam)
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	
19	0	1	0	1	1	1	9.279.800.000
20	1	1	0	1	1	1	5.761.200.000
21	1	0	1	1	1	1	2.487.500.000
22	0	1	1	1	1	1	5.707.700.000
23	1	1	1	1	1	1	5.486.200.000

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan pada tabel 4.24 biaya total bahan bakar minimum adalah pada kombinasi 1-0-1-0-1-0 yaitu sebesar Rp2.137.600.000/Jam. Sehingga kombinasi yang dipilih adalah kombinasi 1-0-1-0-1-0.

4.9.1 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 5.30 - 6.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.

Biaya total bahan bakar yang minimum pada jam 5.30 - 6.29 WIB adalah pada kombinasi 1-0-1-0-1-0. Berdasarkan pada perhitungan iterasi lambda komputasi serial, maka didapatkan nilai lambda, dan nilai daya dari masing – masing unit pembangkit yang beroperasi sebagai berikut:

Tabel 4.25 Hasil perhitungan Iterasi Lambda sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 5.30 - 6.29 WIB.

Iterasi terakhir	Lambda (Rp/MWh)	P_1 (MW)	P_3 (MW)	P_5 (MW)
95	662110	2020	1220	3254

Sumber: Hasil Perhitungan

4.9.2 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi paralel menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 5.30 - 6.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.

Berdasarkan perhitungan iterasi lambda komputasi paralel, maka didapatkan hasil perhitungan dari masing – masing core prosesor sebagai berikut:

Tabel 4.26 Hasil perhitungan Iterasi Lambda Komputasi paralel sistem 500 kV Jawa – Bali jam 5.30 – 6.29 WIB.

Core 1				Core 2		
Iterasi terakhir	Lambda (\$/MWh)	P_1 (MW)	P_3 (MW)	Iterasi terakhir	Lambda (\$/MWh)	P_5 (MW)
96	684000	2186	1220	96	684000	3254

Sumber: Hasil Perhitungan

4.9.3 Perhitungan biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 5.30 - 6.29 WIB

Biaya total bahan bakar (F_{total}) yang minimum pada jam 5.30 - 6.29 WIB berada pada kombinasi 1-0-1-0-1-0 yaitu sebesar:

$$F_{total} = Rp2.137.600.000/Jam$$

Karena pembangkit listrik tenaga air dianggap terus beroperasi dengan daya tetap (tidak dilakukan optimasi), maka biaya pembangkitan untuk pembangkit listrik tenaga air adalah:

$$F_{Cirata} = 6000P_{cirata}$$

$$F_{Cirata} = 6000 * 946$$

$$F_{Cirata} = Rp5.676.000/Jam$$

$$F_{Saguling} = 5502P_{saguling}$$

$$F_{Saguling} = 5502 * 698$$

$$F_{Saguling} = Rp3.840.396/Jam$$

Sehingga biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 5.30 - 6.29 WIB adalah:

$$\text{Biaya Pembangkitan} = F_{total} + F_{cirata} + F_{saguling}$$

$$\text{Biaya Pembangkitan} = \text{Rp}2.147.115.396/\text{Jam}$$

4.10 Operasi ekonomis sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 6.30 - 7.29 WIB

Pada jam 6.30 - 7.29 WIB besar daya beban adalah 8128 MW. Karena pembangkit listrik tenaga air dianggap terus beroperasi dengan daya tetap (tidak dilakukan optimasi), maka besarnya daya beban yang dipikul oleh pembangkit listrik tenaga termal adalah:

$$P_R = 8128 - (946 + 698) = 6484 \text{ MW.}$$

Nilai daya beban pada data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 6.30 - 7.29 WIB yang dipikul oleh pembangkit listrik tenaga termal adalah 6484 MW. Berdasarkan tabel 4.13 maka jumlah kombinasi yang memenuhi syarat $\sum P_{i \max} \geq P_R$ adalah 23 kombinasi. Berdasarkan perhitungan iterasi lambda, maka didapatkan biaya total bahan bakar untuk setiap kombinasi. Biaya total bahan bakar untuk setiap kombinasi ditunjukkan pada tabel 4.27.

Tabel 4.27 Biaya total bahan bakar untuk kombinasi yang memenuhi syarat $\sum P_{i \max} \geq P_R$ sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 6.30 - 7.29 WIB.

No	Kombinasi						F_{total} (Rp/Jam)
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	
1	1	1	1	0	0	0	9.510.500.000
2	1	1	0	1	0	0	11.090.000.000
3	1	1	1	1	0	0	6.558.900.000
4	1	0	0	0	1	0	2.648.800.000
5	1	1	0	0	1	0	5.298.000.000
6	1	0	1	0	1	0	2.019.300.000
7	0	1	1	0	1	0	8.837.600.000
8	1	1	1	0	1	0	4.946.700.000
9	1	0	0	1	1	0	2.663.000.000
10	0	1	0	1	1	0	10.452.000.000
11	1	1	0	1	1	0	5.344.900.000
12	1	0	1	1	1	0	2.071.800.000
13	0	1	1	1	1	0	5.281.400.000
14	1	1	1	1	1	0	5.079.100.000
15	1	1	1	0	0	1	7.916.300.000
16	1	1	0	1	0	1	9.298.700.000

17	1	0	1	1	0	1	5.430.400.000
18	1	1	1	1	0	1	6.811.900.000
19	1	0	0	0	1	1	2.926.400.000
20	1	1	0	0	1	1	5.596.100.000
21	1	0	1	0	1	1	2.320.900.000
22	1	1	1	0	1	1	5.298.900.000
23	1	0	0	1	1	1	2.945.300.000
24	0	1	0	1	1	1	8.493.200.000
25	1	1	0	1	1	1	5.647.700.000
No	Kombinasi						F_{total} (Rp/Jam)
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	
26	1	0	1	1	1	1	2.378.200.000
27	0	1	1	1	1	1	5.528.700.000
28	1	1	1	1	1	1	5.435.100.000

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan pada tabel 4.27 biaya total bahan bakar minimum adalah pada kombinasi 1-0-1-0-1-0 yaitu sebesar Rp2.019.300.000/Jam. Sehingga kombinasi yang dipilih adalah kombinasi 1-0-1-0-1-0.

4.10.1 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 6.30 - 7.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.

Biaya total bahan bakar yang minimum pada jam 6.30 - 7.29 WIB adalah pada kombinasi 1-0-1-0-1-0. Berdasarkan pada perhitungan iterasi lambda komputasi serial, maka didapatkan nilai lambda, dan nilai daya dari masing – masing unit pembangkit yang beroperasi sebagai berikut:

Tabel 4.28 Hasil perhitungan Iterasi Lambda sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 6.30 - 7.29 WIB.

Iterasi terakhir	Lambda (Rp/MWh)	P_1 (MW)	P_3 (MW)	P_5 (MW)
100	660790	2010	1220	3254

Sumber: Hasil Perhitungan

4.10.2 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi paralel menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 6.30 - 7.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.

Berdasarkan perhitungan iterasi lambda komputasi paralel, maka didapatkan hasil perhitungan dari masing – masing core prosesor sebagai berikut:

Tabel 4.29 Hasil perhitungan Iterasi Lambda Komputasi paralel sistem 500 kV Jawa – Bali jam 6.30 - 7.29 WIB.

Core 1				Core 2		
Iterasi terakhir	Lambda (\$/MWh)	P_1 (MW)	P_3 (MW)	Iterasi terakhir	Lambda (\$/MWh)	P_5 (MW)
100	660790	2010	1220	100	660790	3254

Sumber: Hasil Perhitungan

4.10.3 Perhitungan biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 6.30 - 7.29 WIB

Biaya total bahan bakar (F_{total}) yang minimum pada jam 6.30 - 7.29 WIB berada pada kombinasi 1-0-1-0-1-0 yaitu sebesar:

$$F_{total} = Rp2.019.300.000/Jam$$

Karena pembangkit listrik tenaga air dianggap terus beroperasi dengan daya tetap (tidak dilakukan optimasi), maka biaya pembangkitan untuk pembangkit listrik tenaga air adalah:

$$F_{Cirata} = 6000P_{cirata}$$

$$F_{Cirata} = 6000 * 946$$

$$F_{Cirata} = Rp5.676.000/Jam$$

$$F_{Saguling} = 5502P_{saguling}$$

$$F_{Saguling} = 5502 * 698$$

$$F_{Saguling} = Rp3.840.396/Jam$$

Sehingga biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 6.30 - 7.29 WIB adalah:

$$\text{Biaya Pembangkitan} = F_{\text{total}} + F_{\text{cirata}} + F_{\text{saguling}}$$

$$\text{Biaya Pembangkitan} = \text{Rp}2028815396/\text{Jam}$$

4.11 Operasi ekonomis sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 7.30 - 8.29 WIB

Pada jam 7.30 - 8.29 WIB besar daya beban adalah 8138 MW. Karena pembangkit listrik tenaga air dianggap terus beroperasi dengan daya tetap (tidak dilakukan optimasi), maka besarnya daya beban yang dipikul oleh pembangkit listrik tenaga termal adalah:

$$P_R = 8138 - (946 + 698) = 6494 \text{ MW.}$$

Nilai daya beban pada data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 7.30 - 8.29 WIB yang dipikul oleh pembangkit listrik tenaga termal adalah 6494 MW. Berdasarkan tabel 4.13 maka jumlah kombinasi yang memenuhi syarat $\sum P_{i \max} \geq P_R$ adalah 23 kombinasi. Berdasarkan perhitungan iterasi lambda, maka didapatkan biaya total bahan bakar untuk setiap kombinasi. Biaya total bahan bakar untuk setiap kombinasi ditunjukkan pada tabel 4.30.

Tabel 4.30 Biaya total bahan bakar untuk kombinasi yang memenuhi syarat $\sum P_{i \max} \geq P_R$ sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 7.30 - 8.29 WIB.

No	Kombinasi						F_{total} (Rp/Jam)
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	
1	1	1	1	0	0	0	9.561.200.000
2	1	1	0	1	0	0	11.143.000.000
3	1	1	1	1	0	0	6.568.800.000
4	1	0	0	0	1	0	2.657.000.000
5	1	1	0	0	1	0	5.304.900.000
6	1	0	1	0	1	0	2.025.900.000
7	0	1	1	0	1	0	8.890.300.000
8	1	1	1	0	1	0	4.949.900.000
9	1	0	0	1	1	0	2.670.900.000
10	0	1	0	1	1	0	10.507.000.000
11	1	1	0	1	1	0	5.351.400.000
12	1	0	1	1	1	0	2.078.100.000
13	0	1	1	1	1	0	5.291.800.000
14	1	1	1	1	1	0	5.082.100.000
15	1	1	1	0	0	1	7.952.400.000
16	1	1	0	1	0	1	9.340.200.000

17	1	0	1	1	0	1	5.459.200.000
18	1	1	1	1	0	1	6.821.500.000
19	1	0	0	0	1	1	2.934.400.000
20	1	1	0	0	1	1	5.602.800.000
21	1	0	1	0	1	1	2.327.400.000
22	0	1	1	0	1	1	7.114.700.000
23	1	1	1	0	1	1	5.302.000.000
24	1	0	0	1	1	1	2.953.000.000
25	0	1	0	1	1	1	8.536.700.000
No	Kombinasi						F_{total} (Rp/Jam)
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	
26	1	1	0	1	1	1	5.654.100.000
27	1	0	1	1	1	1	2.384.300.000
28	0	1	1	1	1	1	5.538.600.000
29	1	1	1	1	1	1	5.437.900.000

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan pada tabel 4.30 biaya total bahan bakar minimum adalah pada kombinasi 1-0-1-0-1-0 yaitu sebesar Rp2.025.900.000/Jam. Sehingga kombinasi yang dipilih adalah kombinasi 1-0-1-0-1-0.

4.11.1 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 7.30 - 8.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.

Biaya total bahan bakar yang minimum pada jam 7.30 - 8.29 WIB adalah pada kombinasi 1-0-1-0-1-0. Berdasarkan pada perhitungan iterasi lambda komputasi serial, maka didapatkan nilai lambda, dan nilai daya dari masing – masing unit pembangkit yang beroperasi sebagai berikut:

Tabel 4.31 Hasil perhitungan Iterasi Lambda sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 1.30 - 2.29 WIB.

Iterasi terakhir	Lambda (Rp/MWh)	P_1 (MW)	P_3 (MW)	P_5 (MW)
99	662110	2020	1220	3254

Sumber: Hasil Perhitungan

4.11.2 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi paralel menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 7.30 - 8.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.

Berdasarkan perhitungan iterasi lambda komputasi paralel, maka didapatkan hasil perhitungan dari masing – masing core prosesor sebagai berikut:

Tabel 4.32 Hasil perhitungan Iterasi Lambda Komputasi paralel sistem 500 kV Jawa – Bali jam 7.30 - 8.29 WIB.

Core 1				Core 2		
Iterasi terakhir	Lambda (\$/MWh)	P_1 (MW)	P_3 (MW)	Iterasi terakhir	Lambda (\$/MWh)	P_5 (MW)
99	662110	2020	1220	99	662110	3254

Sumber: Hasil Perhitungan

4.11.3 Perhitungan biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 7.30 - 8.29 WIB

Biaya total bahan bakar (F_{total}) yang minimum pada jam 7.30 - 8.29 WIB berada pada kombinasi 1-0-1-0-1-0 yaitu sebesar:

$$F_{total} = Rp2.025.900.000/Jam$$

Karena pembangkit listrik tenaga air dianggap terus beroperasi dengan daya tetap (tidak dilakukan optimasi), maka biaya pembangkitan untuk pembangkit listrik tenaga air adalah:

$$F_{Cirata} = 6000P_{cirata}$$

$$F_{Cirata} = 6000 * 946$$

$$F_{Cirata} = Rp5.676.000/Jam$$

$$F_{Saguling} = 5502P_{saguling}$$

$$F_{Saguling} = 5502 * 698$$

$$F_{Saguling} = Rp3.840.396/Jam$$

Sehingga biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 1.30 - 2.29 WIB adalah:

$$\text{Biaya Pembangkitan} = F_{\text{total}} + F_{\text{cirata}} + F_{\text{saguling}}$$

$$\text{Biaya Pembangkitan} = \text{Rp}2.035.415.396/\text{Jam}$$

4.12 Operasi ekonomis sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 8.30 - 9.29 WIB

Pada jam 8.30 - 9.29 WIB besar daya beban adalah 9252 MW. Karena pembangkit listrik tenaga air dianggap terus beroperasi dengan daya tetap (tidak dilakukan optimasi), maka besarnya daya beban yang dipikul oleh pembangkit listrik tenaga termal adalah:

$$P_R = 9252 - (946 + 698) = 7604 \text{ MW.}$$

Nilai daya beban pada data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 8.30 - 9.29 WIB yang dipikul oleh pembangkit listrik tenaga termal adalah 7604 MW. Berdasarkan tabel 4.13 maka jumlah kombinasi yang memenuhi syarat $\sum P_{i \max} \geq P_R$ adalah 19 kombinasi. Berdasarkan perhitungan iterasi lambda, maka didapatkan biaya total bahan bakar untuk setiap kombinasi. Biaya total bahan bakar untuk setiap kombinasi ditunjukkan pada tabel 4.33.

Tabel 4.33 Biaya total bahan bakar untuk kombinasi yang memenuhi syarat $\sum P_{i \max} \geq P_R$ sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 8.30 - 9.29 WIB.

No	Kombinasi						F_{total} (Rp/Jam)
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	
1	1	1	1	1	0	0	10.864.000.000
2	1	1	0	0	1	0	6.150.700.000
3	1	0	1	0	1	0	2.845.300.000
4	1	1	1	0	1	0	5.507.700.000
5	1	0	0	1	1	0	3.665.700.000
6	1	1	0	1	1	0	6.162.300.000
7	1	0	1	1	1	0	2.862.500.000
8	0	1	1	1	1	0	10.206.000.000
9	1	1	1	1	1	0	5.557.600.000
10	1	1	1	0	0	1	13.182.000.000
11	1	1	1	1	0	1	9.181.800.000
12	1	1	0	0	1	1	6.426.600.000
13	1	0	1	0	1	1	3.124.700.000
14	1	1	1	0	1	1	5.807.700.000
15	1	0	0	1	1	1	3.913.600.000
16	1	1	0	1	1	1	6.442.900.000

17	1	0	1	1	1	1	3.146.700.000
18	0	1	1	1	1	1	8.356.900.000
19	1	1	1	1	1	1	5.862.300.000

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan pada tabel 4.33 biaya total bahan bakar minimum adalah pada kombinasi 1-0-1-0-1-0 yaitu sebesar Rp2.845.300.000/Jam. Sehingga kombinasi yang dipilih adalah kombinasi 1-0-1-0-1-0.

4.12.1 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 8.30 - 9.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.

Biaya total bahan bakar yang minimum pada jam 8.30 - 9.29 WIB adalah pada kombinasi 1-0-1-0-1-0. Berdasarkan pada perhitungan iterasi lambda komputasi serial, maka didapatkan nilai lambda, dan nilai daya dari masing – masing unit pembangkit yang beroperasi sebagai berikut:

Tabel 4.34 Hasil perhitungan Iterasi Lambda sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 8.30 - 9.29 WIB.

Iterasi terakhir	Lambda (Rp/MWh)	P_1 (MW)	P_3 (MW)	P_5 (MW)
90	808520	3130	1220	3254

Sumber: Hasil Perhitungan

4.12.2 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi paralel menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 8.30 - 9.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.

Berdasarkan perhitungan iterasi lambda komputasi paralel, maka didapatkan hasil perhitungan dari masing – masing core prosesor sebagai berikut:

Tabel 4.35 Hasil perhitungan Iterasi Lambda Komputasi paralel sistem 500 kV Jawa – Bali jam 8.30 - 9.29 WIB.

Core 1	Core 2
--------	--------

Iterasi terakhir	Lambda (\$/MWh)	P_1 (MW)	P_3 (MW)	Iterasi terakhir	Lambda (\$/MWh)	P_5 (MW)
90	808520	3130	1220	90	808520	3254

Sumber: Hasil Perhitungan

4.12.3 Perhitungan biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 8.30 dan 4.30 WIB

Biaya total bahan bakar (F_{total}) yang minimum pada jam 8.30 - 9.29 WIB berada pada kombinasi 1-0-1-0-1-0 yaitu sebesar:

$$F_{total} = Rp2.845.300.000/Jam$$

Karena pembangkit listrik tenaga air dianggap terus beroperasi dengan daya tetap (tidak dilakukan optimasi), maka biaya pembangkitan untuk pembangkit listrik tenaga air adalah:

$$F_{Cirata} = 6000P_{cirata}$$

$$F_{Cirata} = 6000 * 946$$

$$F_{Cirata} = Rp5.676.000/Jam$$

$$F_{Saguling} = 5502P_{saguling}$$

$$F_{Saguling} = 5502 * 698$$

$$F_{Saguling} = Rp3.840.396/Jam$$

Sehingga biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 1.30 - 2.29 WIB adalah:

$$Biaya\ Pembangkitan = F_{total} + F_{cirata} + F_{saguling}$$

$$Biaya\ Pembangkitan = Rp2.854.815.396/Jam$$

4.13 Operasi ekonomis sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 9.30 - 10.29 WIB

Pada jam 9.30 - 10.29 WIB besar daya beban adalah 9237 MW. Karena pembangkit listrik tenaga air dianggap terus beroperasi dengan daya tetap (tidak dilakukan optimasi), maka besarnya daya beban yang dipikul oleh pembangkit listrik tenaga termal adalah:

$$P_R = 9237 - (946 + 698) = 7593 \text{ MW.}$$

Nilai daya beban pada data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 9.30 - 10.29 WIB yang dipikul oleh pembangkit listrik tenaga termal adalah 7593 MW. Berdasarkan tabel 4.13 maka jumlah kombinasi yang memenuhi syarat $\sum P_{i \max} \geq P_R$ adalah 19 kombinasi. Berdasarkan perhitungan iterasi lambda, maka didapatkan biaya total bahan bakar untuk setiap kombinasi. Biaya total bahan bakar untuk setiap kombinasi ditunjukkan pada tabel 4.36.

Tabel 4.36 Biaya total bahan bakar untuk kombinasi yang memenuhi syarat $\sum P_{i \max} \geq P_R$ sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 9.30 - 10.29 WIB.

No	Kombinasi						F_{total} (Rp/Jam)
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	
1	1	1	1	1	0	0	10.786.000.000
2	1	0	1	0	1	0	10.786.000.000
3	1	1	1	0	1	0	5.497.600.000
4	1	0	0	1	1	0	3.650.300.000
5	1	1	0	1	1	0	6.150.300.000
6	1	0	1	1	1	0	2.850.900.000
7	0	1	1	1	1	0	10.125.000.000
8	1	1	1	1	1	0	5.548.000.000
9	1	1	1	0	0	1	13.101.000.000
10	1	1	1	1	0	1	9.121.700.000
11	1	1	0	0	1	1	6.414.400.000
12	1	0	1	0	1	1	3.112.900.000
13	1	1	1	0	1	1	5.797.900.000
14	1	0	0	1	1	1	3.898.800.000
15	1	1	0	1	1	1	6.431.200.000
16	1	0	1	1	1	1	3.135.300.000
17	0	1	1	1	1	1	8.293.900.000
18	1	1	1	1	1	1	5.853.000.000
19	1	1	0	0	1	0	6.138.300.000

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan pada tabel 4.36 biaya total bahan bakar minimum adalah pada kombinasi 1-0-1-1-1-0 yaitu sebesar Rp2.850.900.000/Jam. Sehingga kombinasi yang dipilih adalah kombinasi 1-0-1-1-1-0.

4.13.1 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 9.30 - 10.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-1-0.

Biaya total bahan bakar yang minimum pada jam 9.30 - 10.29 WIB adalah pada kombinasi 1-0-1-1-0. Berdasarkan pada perhitungan iterasi lambda komputasi serial, maka didapatkan nilai lambda, dan nilai daya dari masing – masing unit pembangkit yang beroperasi sebagai berikut:

Tabel 4.37 Hasil perhitungan Iterasi Lambda sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 9.30 - 10.29 WIB.

Iterasi terakhir	Lambda (Rp/MWh)	P_1 (MW)	P_3 (MW)	P_4 (MW)	P_5 (MW)
100	775.670	2881	1220	238	3254

Sumber: Hasil Perhitungan

4.13.2 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi paralel menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 9.30 - 10.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-1-0.

Berdasarkan perhitungan iterasi lambda komputasi paralel, maka didapatkan hasil perhitungan dari masing – masing core prosesor sebagai berikut:

Tabel 4.37 Hasil perhitungan Iterasi Lambda Komputasi paralel sistem 500 kV Jawa – Bali jam 9.30 - 10.29 WIB.

Core 1				Core 2			
Iterasi terakhir	Lambda (\$/MWh)	P_1 (MW)	P_3 (MW)	Iterasi terakhir	Lambda (Rp/MWh)	P_4 (MW)	P_5 (MW)
100	775.670	2881	1220	100	775.670	238	3254

Sumber: Hasil Perhitungan

4.13.3 Perhitungan biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 9.30 - 10.29 WIB

Biaya total bahan bakar (F_{total}) yang minimum pada jam 9.30 - 10.29 WIB berada pada kombinasi 1-0-1-1-0 yaitu sebesar:

$$F_{total} = Rp2.850.900.000/Jam$$

Karena pembangkit listrik tenaga air dianggap terus beroperasi dengan daya tetap (tidak dilakukan optimasi), maka biaya pembangkitan untuk pembangkit listrik tenaga air adalah:

$$F_{Cirata} = 6000P_{cirata}$$

$$F_{Cirata} = 6000 * 946$$

$$F_{Cirata} = Rp5.676.000/Jam$$

$$F_{Saguling} = 5502P_{saguling}$$

$$F_{Saguling} = 5502 * 698$$

$$F_{Saguling} = Rp2860415396/Jam$$

Sehingga biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 1.30 - 2.29 WIB adalah:

$$Biaya\ Pembangkitan = F_{total} + F_{cirata} + F_{saguling}$$

$$Biaya\ Pembangkitan = Rp2860415396/Jam$$

4.13 Operasi ekonomis sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 10.30 - 11.29 WIB

Pada jam 10.30 - 11.29 WIB besar daya beban adalah 9337 MW. Karena pembangkit listrik tenaga air dianggap terus beroperasi dengan daya tetap (tidak dilakukan optimasi), maka besarnya daya beban yang dipikul oleh pembangkit listrik tenaga termal adalah:

$$P_R = 9337 - (946 + 698) = 7693\ MW.$$

Nilai daya beban pada data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 10.30 - 11.29 WIB yang dipikul oleh pembangkit listrik tenaga termal adalah 7693 MW. Berdasarkan tabel 4.13 maka jumlah kombinasi yang memenuhi syarat $\sum P_{i\ max} \geq P_R$ adalah 19 kombinasi. Berdasarkan perhitungan iterasi lambda, maka didapatkan biaya total bahan bakar untuk setiap kombinasi. Biaya total bahan bakar untuk setiap kombinasi ditunjukkan pada tabel 4.38.

Tabel 4.38 Biaya total bahan bakar untuk kombinasi yang memenuhi syarat $\sum P_{i \max} \geq P_R$ sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 10.30 - 11.29 WIB.

No	Kombinasi						F_{total} (Rp/Jam)
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	
1	1	1	1	1	0	0	11.307.000.000
2	1	1	0	0	1	0	6.222.000.000
3	1	0	1	0	1	0	2.914.500.000
No	Kombinasi						F_{total} (Rp/Jam)
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	
4	1	1	1	0	1	0	5.565.300.000
5	1	0	0	1	1	0	3.754.100.000
6	1	1	0	1	1	0	6.230.900.000
7	1	0	1	1	1	0	2.929.100.000
8	0	1	1	1	1	0	10.666.000.000
9	1	1	1	1	1	0	5.612.500.000
10	1	1	1	1	0	1	9.527.900.000
11	1	1	0	0	1	1	6.496.200.000
12	1	0	1	0	1	1	3.192.300.000
13	1	1	1	0	1	1	5.863.600.000
14	1	0	0	1	1	1	3.998.700.000
15	1	1	0	1	1	1	6.509.800.000
16	1	0	1	1	1	1	3.211.600.000
17	0	1	1	1	1	1	8.720.200.000
18	1	1	1	1	1	1	5.915.500.000

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan pada tabel 4.38 biaya total bahan bakar minimum adalah pada kombinasi 1-0-1-0-1-0 yaitu sebesar Rp2.914.500.000/Jam. Sehingga kombinasi yang dipilih adalah kombinasi 1-0-1-0-1-0.

4.13.1 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 10.30 - 11.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.

Biaya total bahan bakar yang minimum pada jam 10.30 - 11.29 WIB adalah pada kombinasi 1-0-1-0-1-0. Berdasarkan pada perhitungan iterasi lambda komputasi serial, maka didapatkan nilai lambda, dan nilai daya dari masing – masing unit pembangkit yang beroperasi sebagai berikut:

Tabel 4.39 Hasil perhitungan Iterasi Lambda sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 10.30 - 11.29 WIB.

Iterasi terakhir	Lambda (Rp/MWh)	P_1 (MW)	P_3 (MW)	P_5 (MW)
90	820250	3219	1220	3254

Sumber: Hasil Perhitungan

4.13.2 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi paralel menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 10.30 - 11.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.

Berdasarkan perhitungan iterasi lambda komputasi paralel, maka didapatkan hasil perhitungan dari masing – masing core prosesor sebagai berikut:

Tabel 4.40 Hasil perhitungan Iterasi Lambda Komputasi paralel sistem 500 kV Jawa – Bali jam 10.30 - 11.29 WIB.

Core 1				Core 2		
Iterasi terakhir	Lambda (\$/MWh)	P_1 (MW)	P_3 (MW)	Iterasi terakhir	Lambda (\$/MWh)	P_5 (MW)
90	820250	3219	1220	90	820250	3254

Sumber: Hasil Perhitungan

4.13.3 Perhitungan biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 10.30 - 11.29 WIB

Biaya total bahan bakar (F_{total}) yang minimum pada jam 10.30 - 11.29 WIB berada pada kombinasi 1-0-1-0-1-0 yaitu sebesar:

$$F_{total} = Rp2.914.500.000/Jam$$

Karena pembangkit listrik tenaga air dianggap terus beroperasi dengan daya tetap (tidak dilakukan optimasi), maka biaya pembangkitan untuk pembangkit listrik tenaga air adalah:

$$F_{Cirata} = 6000P_{cirata}$$

$$F_{Cirata} = 6000 * 946$$

$$F_{Cirata} = Rp5.676.000/Jam$$

$$F_{Saguling} = 5502P_{saguling}$$

$$F_{Saguling} = 5502 * 698$$

$$F_{Saguling} = Rp3.840.396/Jam$$

Sehingga biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 10.30 - 11.29 WIB adalah:

$$Biaya\ Pembangkitan = F_{total} + F_{Cirata} + F_{Saguling}$$

$$Biaya\ Pembangkitan = Rp2.924.015.396 //Jam$$

4.15 Operasi ekonomis sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 11.30 - 12.29 WIB

Pada jam 11.30 - 12.29 WIB besar daya beban adalah 9320 MW. Karena pembangkit listrik tenaga air dianggap terus beroperasi dengan daya tetap (tidak dilakukan optimasi), maka besarnya daya beban yang dipikul oleh pembangkit listrik tenaga termal adalah:

$$P_R = 9320 - (946 + 698) = 7676 \text{ MW.}$$

Nilai daya beban pada data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 11.30 - 12.29 WIB yang dipikul oleh pembangkit listrik tenaga termal adalah 7676 MW. Berdasarkan tabel 4.13 maka jumlah kombinasi yang memenuhi syarat $\sum P_{i\ max} \geq P_R$ adalah 18 kombinasi. Berdasarkan perhitungan iterasi lambda, maka didapatkan biaya total bahan bakar untuk setiap kombinasi. Biaya total bahan bakar untuk setiap kombinasi ditunjukkan pada tabel 4.41.

Tabel 4.41 Biaya total bahan bakar untuk kombinasi yang memenuhi syarat $\sum P_{i\ max} \geq P_R$ sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 11.30 - 12.29 WIB.

No	Kombinasi						F_{total} (Rp/Jam)
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	
1	1	1	1	1	0	0	11.217.000.000
2	1	1	0	0	1	0	6.207.700.000
3	1	0	1	0	1	0	2.900.600.000
4	1	1	1	0	1	0	5.553.700.000
5	1	0	0	1	1	0	3.736.300.000
6	1	1	0	1	1	0	6.217.100.000

7	1	0	1	1	1	0	2.915.700.000
8	0	1	1	1	1	0	10.573.000.000
9	1	1	1	1	1	0	5.601.400.000
10	1	1	1	1	0	1	9.457.900.000
11	1	1	0	0	1	1	6.482.200.000
12	1	0	1	0	1	1	3.178.700.000
13	1	1	1	0	1	1	5.852.300.000
14	1	0	0	1	1	1	3.981.500.000
15	1	1	0	1	1	1	6.496.400.000
16	1	0	1	1	1	1	3.198.500.000
17	0	1	1	1	1	1	8.646.800.000
No	Kombinasi						F_{total} (Rp/Jam)
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	
18	1	1	1	1	1	1	5.904.800.000

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan pada tabel 4.51 biaya total bahan bakar minimum adalah pada kombinasi 1-0-1-0-1-0 yaitu sebesar Rp2.900.600.000/Jam. Sehingga kombinasi yang dipilih adalah kombinasi 1-0-1-0-1-0.

4.15.1 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 11.30 - 12.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.

Biaya total bahan bakar yang minimum pada jam 11.30 - 12.29 WIB adalah pada kombinasi 1-0-1-0-1-0. Berdasarkan pada perhitungan iterasi lambda komputasi serial, maka didapatkan nilai lambda, dan nilai daya dari masing – masing unit pembangkit yang beroperasi sebagai berikut:

Tabel 4.42 Hasil perhitungan Iterasi Lambda sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 11.30 - 12.29 WIB.

Iterasi terakhir	Lambda (Rp/MWh)	P_1 (MW)	P_3 (MW)	P_5 (MW)
90	818010	3202	1220	3254

Sumber: Hasil Perhitungan

4.15.2 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi paralel menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 11.30 - 12.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.

Berdasarkan perhitungan iterasi lambda komputasi paralel, maka didapatkan hasil perhitungan dari masing – masing core prosesor sebagai berikut:



Tabel 4.43 Hasil perhitungan Iterasi Lambda Komputasi paralel sistem 500 kV Jawa – Bali jam 11.30 - 12.29 WIB.

Core 1				Core 2		
Iterasi terakhir	Lambda (\$/MWh)	P_1 (MW)	P_3 (MW)	Iterasi terakhir	Lambda (\$/MWh)	P_5 (MW)
90	818010	3202	1220	90	818010	3254

Sumber: Hasil Perhitungan

4.15.3 Perhitungan biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 11.30 - 12.29 WIB

Biaya total bahan bakar (F_{total}) yang minimum pada jam 11.30 - 12.29 WIB berada pada kombinasi 1-0-1-0-1-0 yaitu sebesar:

$$F_{total} = Rp2.900.600.000/Jam$$

Karena pembangkit listrik tenaga air dianggap terus beroperasi dengan daya tetap (tidak dilakukan optimasi), maka biaya pembangkitan untuk pembangkit listrik tenaga air adalah:

$$F_{Cirata} = 6000P_{cirata}$$

$$F_{Cirata} = 6000 * 946$$

$$F_{Cirata} = Rp5.676.000/Jam$$

$$F_{Saguling} = 5502P_{saguling}$$

$$F_{Saguling} = 5502 * 698$$

$$F_{Saguling} = Rp3.840.396/Jam$$

Sehingga biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 11.30 - 12.29 WIB adalah:

$$Biaya\ Pembangkitan = F_{total} + F_{cirata} + F_{saguling}$$

$$Biaya\ Pembangkitan = Rp2910115396/Jam$$

4.16 Operasi ekonomis sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 12.30 - 13.29 WIB

Pada jam 12.30 - 13.29 WIB besar daya beban adalah 9318 MW. Karena pembangkit listrik tenaga air dianggap terus beroperasi dengan daya tetap (tidak dilakukan optimasi), maka besarnya daya beban yang dipikul oleh pembangkit listrik tenaga termal adalah:

$$P_R = 9318 - (946 + 698) = 7674 \text{ MW.}$$

Nilai daya beban pada data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 12.30 - 13.29 WIB yang dipikul oleh pembangkit listrik tenaga termal adalah 7674 MW. Berdasarkan tabel 4.13 maka jumlah kombinasi yang memenuhi syarat $\sum P_{i \max} \geq P_R$ adalah 19 kombinasi. Berdasarkan perhitungan iterasi lambda, maka didapatkan biaya total bahan bakar untuk setiap kombinasi. Biaya total bahan bakar untuk setiap kombinasi ditunjukkan pada tabel 4.44.

Tabel 4.44 Biaya total bahan bakar untuk kombinasi yang memenuhi syarat $\sum P_{i \max} \geq P_R$ sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 12.30 - 13.29 WIB.

No	Kombinasi						F_{total} (Rp/Jam)
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	
1	1	1	1	1	0	0	11.207.000.000
2	1	1	0	0	1	0	6.206.000.000
3	1	0	1	0	1	0	2.899.000.000
4	1	1	1	0	1	0	5.552.300.000
5	1	0	0	1	1	0	3.734.200.000
6	1	1	0	1	1	0	6.215.500.000
7	1	0	1	1	1	0	2.914.200.000
8	0	1	1	1	1	0	10.562.000.000
9	1	1	1	1	1	0	5.600.100.000
10	1	1	1	1	0	1	9.449.700.000
11	1	1	0	0	1	1	6.480.600.000
12	1	0	1	0	1	1	3.177.100.000
13	1	1	1	0	1	1	5.851.000.000
14	1	0	0	1	1	1	3.979.500.000
15	1	1	0	1	1	1	6.494.800.000
16	1	0	1	1	1	1	3.197.000.000
17	0	1	1	1	1	1	8.638.200.000
18	1	1	1	1	1	1	5.903.500.000

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan pada tabel 4.44 biaya total bahan bakar minimum adalah pada kombinasi 1-0-1-0-1-0 yaitu sebesar Rp2.899.000.000/Jam. Sehingga kombinasi yang dipilih adalah kombinasi 1-0-1-0-1-0.

4.16.1 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 12.30 - 13.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.

Biaya total bahan bakar yang minimum pada jam 12.30 - 13.29 WIB adalah pada kombinasi 1-0-1-0-1-0. Berdasarkan pada perhitungan iterasi lambda komputasi serial, maka didapatkan nilai lambda, dan nilai daya dari masing – masing unit pembangkit yang beroperasi sebagai berikut:

Tabel 4.45 Hasil perhitungan Iterasi Lambda sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 12.30 - 13.29 WIB

Iterasi terakhir	Lambda (Rp/MWh)	P_1 (MW)	P_3 (MW)	P_5 (MW)
90	817750	3200	1220	3254

Sumber: Hasil Perhitungan

4.16.2 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi paralel menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 12.30 - 13.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.

Berdasarkan perhitungan iterasi lambda komputasi paralel, maka didapatkan hasil perhitungan dari masing – masing core prosesor sebagai berikut:

Tabel 4.46 Hasil perhitungan Iterasi Lambda Komputasi paralel sistem 500 kV Jawa – Bali jam 12.30 - 13.29 WIB.

Core 1				Core 2		
Iterasi terakhir	Lambda (\$/MWh)	P_1 (MW)	P_3 (MW)	Iterasi terakhir	Lambda (\$/MWh)	P_5 (MW)
90	817750	3200	1220	90	817750	3254

Sumber: Hasil Perhitungan

4.16.3 Perhitungan biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 12.30 - 13.29 WIB

Biaya total bahan bakar (F_{total}) yang minimum pada jam 3.30 - 4.29 WIB dan 4.30 - 5.29 WIB berada pada kombinasi 1-0-1-0-1-0 yaitu sebesar:

$$F_{total} = Rp2.899.000.000/Jam$$

Karena pembangkit listrik tenaga air dianggap terus beroperasi dengan daya tetap (tidak dilakukan optimasi), maka biaya pembangkitan untuk pembangkit listrik tenaga air adalah:

$$F_{Cirata} = 6000P_{cirata}$$

$$F_{Cirata} = 6000 * 946$$

$$F_{Cirata} = Rp5.676.000/Jam$$

$$F_{Saguling} = 5502P_{saguling}$$

$$F_{Saguling} = 5502 * 698$$

$$F_{Saguling} = Rp3.840.396/Jam$$

Sehingga biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 1.30 - 2.29 WIB adalah:

$$Biaya\ Pembangkitan = F_{total} + F_{cirata} + F_{saguling}$$

$$Biaya\ Pembangkitan = Rp2908515396/Jam$$

4.17 Operasi ekonomis sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 13.30 - 14.29 WIB

Pada jam 13.30 - 14.29 WIB besar daya beban adalah 10361 MW. Karena pembangkit listrik tenaga air dianggap terus beroperasi dengan daya tetap (tidak dilakukan optimasi), maka besarnya daya beban yang dipikul oleh pembangkit listrik tenaga termal adalah:

$$P_R = 10361 - (946 + 698) = 8717\ MW.$$

Nilai daya beban pada data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 13.30 - 14.29 WIB yang dipikul oleh pembangkit listrik tenaga termal adalah 8717 MW. Berdasarkan tabel 4.13 maka jumlah kombinasi yang memenuhi syarat $\sum P_{i\ max} \geq P_R$ adalah 10

kombinasi. Berdasarkan perhitungan iterasi lambda, maka didapatkan biaya total bahan bakar untuk setiap kombinasi. Biaya total bahan bakar untuk setiap kombinasi ditunjukkan pada tabel 4.47.

Tabel 4.47 Biaya total bahan bakar untuk kombinasi yang memenuhi syarat $\sum P_{i \max} \geq P_R$ sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 13.30 - 14.29 WIB.

No	Kombinasi						F_{total} (Rp/Jam)
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	
1	1	1	0	0	1	0	10.951.000.000
2	1	1	1	0	1	0	6.333.900.000
3	1	1	0	1	1	0	7.169.800.000
4	1	0	1	1	1	0	3.827.800.000
5	1	1	1	1	1	0	6.349.000.000
6	1	1	0	0	1	1	9.126.600.000
7	1	1	1	0	1	1	6.612.000.000
8	1	1	0	1	1	1	7.414.900.000
9	1	0	1	1	1	1	4.080.100.000
10	1	1	1	1	1	1	6.631.700.000

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan pada tabel 4.47 biaya total bahan bakar minimum adalah pada kombinasi 1-0-1-1-1-0 yaitu sebesar Rp3.827.800.000/Jam. Sehingga kombinasi yang dipilih adalah kombinasi 1-0-1-1-1-0.

4.17.1 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 13.30 - 14.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-1-1-0.

Biaya total bahan bakar yang minimum pada jam 13.30 - 14.29 WIB adalah pada kombinasi 1-0-1-1-1-0. Berdasarkan pada perhitungan iterasi lambda komputasi serial, maka didapatkan nilai lambda, dan nilai daya dari masing – masing unit pembangkit yang beroperasi sebagai berikut:

Tabel 4.48 Hasil perhitungan Iterasi Lambda sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 13.30 - 14.29 WIB.

Iterasi terakhir	Lambda (Rp/MWh)	P_1 (MW)	P_3 (MW)	P_4 (MW)	P_5 (MW)
189	999950	3400	1220	843	3254

Sumber: Hasil Perhitungan

4.17.2 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi paralel menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 13.30 - 14.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-1-0.

Berdasarkan perhitungan iterasi lambda komputasi paralel, maka didapatkan hasil perhitungan dari masing – masing core prosesor sebagai berikut:

Tabel 4.49 Hasil perhitungan Iterasi Lambda Komputasi paralel sistem 500 kV Jawa – Bali jam 13.30 - 14.29 WIB.

Core 1				Core 2			
Iterasi terakhir	Lambda (\$/MWh)	P_1 (MW)	P_3 (MW)	Iterasi terakhir	Lambda (Rp/MWh)	P_4 (MW)	P_5 (MW)
189	999950	3400	1220	189	999950	843	3254

Sumber: Hasil Perhitungan

4.17.3 Perhitungan biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 13.30 - 14.29 WIB

Biaya total bahan bakar (F_{total}) yang minimum pada jam 13.30 - 14.29 WIB berada pada kombinasi 1-0-1-1-1-0 yaitu sebesar:

$$F_{total} = Rp3.827.800.000/Jam$$

Karena pembangkit listrik tenaga air dianggap terus beroperasi dengan daya tetap (tidak dilakukan optimasi), maka biaya pembangkitan untuk pembangkit listrik tenaga air adalah:

$$F_{Cirata} = 6000P_{cirata}$$

$$F_{Cirata} = 6000 * 946$$

$$F_{Cirata} = Rp5.676.000/Jam$$

$$F_{Saguling} = 5502P_{saguling}$$

$$F_{Saguling} = 5502 * 698$$

$$F_{Saguling} = Rp3.840.396/Jam$$

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan pada tabel 4.50 biaya total bahan bakar minimum adalah pada kombinasi 1-0-1-1-1-0 yaitu sebesar Rp3.922.000.000/Jam. Sehingga kombinasi yang dipilih adalah kombinasi 1-0-1-1-1-0.

4.18.1 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 14.30 - 15.29 WIB, 17.30 - 18.29 WIB, dan 21.30 - 22.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-1-1-0.

Biaya total bahan bakar yang minimum pada jam 14.30 - 15.29 WIB, 17.30 - 18.29 WIB, dan 21.30 - 22.29 WIB adalah pada kombinasi 1-0-1-1-1-0. Berdasarkan pada perhitungan iterasi lambda komputasi serial, maka didapatkan nilai lambda, dan nilai daya dari masing – masing unit pembangkit yang beroperasi sebagai berikut:

Tabel 4.51 Hasil perhitungan Iterasi Lambda sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 14.30 - 15.29 WIB, 17.30 - 18.29 WIB, dan 21.30 - 22.29 WIB.

Iterasi terakhir	Lambda (Rp/MWh)	P_1 (MW)	P_3 (MW)	P_4 (MW)	P_5 (MW)
190	102450	3400	1220	936	3254

Sumber: Hasil Perhitungan

4.18.2 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi paralel menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 14.30 - 15.29 WIB, 17.30 - 18.29 WIB, dan 21.30 - 22.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-1-1-0.

Berdasarkan perhitungan iterasi lambda komputasi paralel, maka didapatkan hasil perhitungan dari masing – masing core prosesor sebagai berikut:

Tabel 4.52 Hasil perhitungan Iterasi Lambda Komputasi paralel sistem 500 kV Jawa – Bali jam 14.30 - 15.29 WIB, 17.30 - 18.29 WIB, dan 21.30 - 22.29 WIB

Core 1				Core 2			
Iterasi terakhir	Lambda (\$/MWh)	P_1 (MW)	P_3 (MW)	Iterasi terakhir	Lambda (Rp/MWh)	P_4 (MW)	P_5 (MW)
190	102450	3400	1220	190	102450	936	3254

Sumber: Hasil Perhitungan

4.18.3 Perhitungan biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 14.30, 17.10, dan 21.30 WIB

Biaya total bahan bakar (F_{total}) yang minimum pada jam 14.30 - 15.29 WIB, 17.30 - 18.29 WIB, dan 21.30 - 22.29 WIB berada pada kombinasi 1-0-1-0-1-0 yaitu sebesar:

$$F_{total} = Rp3.922.000.000/Jam$$

Karena pembangkit listrik tenaga air dianggap terus beroperasi dengan daya tetap (tidak dilakukan optimasi), maka biaya pembangkitan untuk pembangkit listrik tenaga air adalah:

$$F_{Cirata} = 6000P_{cirata}$$

$$F_{Cirata} = 6000 * 946$$

$$F_{Cirata} = Rp5.676.000/Jam$$

$$F_{Saguling} = 5502P_{saguling}$$

$$F_{Saguling} = 5502 * 698$$

$$F_{Saguling} = Rp3.840.396/Jam$$

Sehingga biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 14.30 - 15.29 WIB, 17.30 - 18.29 WIB, dan 21.30 - 22.29 WIB adalah:

$$Biaya\ Pembangkitan = F_{total} + F_{cirata} + F_{saguling}$$

$$Biaya\ Pembangkitan = Rp2.062.616.396/Jam$$

4.19 Operasi ekonomis sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 15.30 - 16.29 WIB dan 16.30 - 17.29 WIB

Pada jam 15.30 - 16.29 WIB dan 16.30 - 17.29 WIB besar daya beban adalah 10454 MW. Karena pembangkit listrik tenaga air dianggap terus beroperasi dengan daya tetap (tidak dilakukan optimasi), maka besarnya daya beban yang dipikul oleh pembangkit listrik tenaga termal adalah:

$$P_R = 10401 - (946 + 698) = 8757\ MW.$$

Nilai daya beban pada data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 15.30 – 16.29 WIB dan 16.30 – 17.29 WIB yang dipikul oleh pembangkit listrik tenaga termal adalah 8810 MW. Berdasarkan tabel 4.13 maka jumlah kombinasi yang memenuhi syarat $\sum P_{i\max} \geq P_R$ adalah 9 kombinasi. Berdasarkan perhitungan iterasi lambda, maka didapatkan biaya total bahan bakar untuk setiap kombinasi. Biaya total bahan bakar untuk setiap kombinasi ditunjukkan pada tabel 4.53.

Tabel 4.53 Biaya total bahan bakar untuk kombinasi yang memenuhi syarat $\sum P_{i\max} \geq P_R$ sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 15.30 - 16.29 WIB dan 16.30 - 17.29 WIB

No	Kombinasi						F_{total} (Rp/Jam)
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	
1	1	1	0	0	1	0	11.166.000.000
2	1	1	1	0	1	0	6.366.700.000
3	1	1	0	1	1	0	7.249.200.000
4	1	0	1	1	1	0	3.868.000.000
5	1	1	1	1	1	0	6.380.500.000
6	1	1	0	0	1	1	9.295.200.000
7	1	1	1	0	1	1	6.644.000.000
8	1	1	0	1	1	1	7.455.500.000
9	1	0	1	1	1	1	4.118.700.000
10	1	1	1	1	1	1	6.662.500.000

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan pada tabel 4.53 biaya total bahan bakar minimum adalah pada kombinasi 1-0-1-1-1-0 yaitu sebesar Rp3.868.000.000/Jam. Sehingga kombinasi yang dipilih adalah kombinasi 1-0-1-1-1-0.

4.19.1 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 15.30 - 16.29 WIB dan 16.30 - 17.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-1-1-0.

Biaya total bahan bakar yang minimum pada jam 15.30, dan 16.30 WIB adalah pada kombinasi 1-0-1-1-1-0. Berdasarkan pada perhitungan iterasi lambda komputasi serial, maka didapatkan nilai lambda, dan nilai daya dari masing – masing unit pembangkit yang beroperasi sebagai berikut:

Tabel 4.54 Hasil perhitungan Iterasi Lambda sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 15.30 - 16.29 WIB dan 16.30 - 17.29 WIB

Iterasi terakhir	Lambda (Rp/MWh)	P_1 (MW)	P_3 (MW)	P_4 (MW)	P_5 (MW)
190	101050	3400	1220	883	3254

Sumber: Hasil Perhitungan

4.19.2 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 15.30 - 16.29 WIB dan 16.30 - 17.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-1-0.

Berdasarkan perhitungan iterasi lambda komputasi paralel, maka didapatkan hasil perhitungan dari masing – masing core prosesor sebagai berikut:

Tabel 4.55 Hasil perhitungan Iterasi Lambda Komputasi paralel sistem 500 kV Jawa – Bali jam 15.30 - 16.29 WIB dan 16.30 - 17.29 WIB

Core 1				Core 2			
Iterasi terakhir	Lambda (\$/MWh)	P_1 (MW)	P_3 (MW)	Iterasi terakhir	Lambda (Rp/MWh)	P_4 (MW)	P_5 (MW)
189	101050	3400	1220	189	101050	883	3254

Sumber: Hasil Perhitungan

4.19.3 Perhitungan biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 15.30 - 16.29 WIB dan 16.30 - 17.29 WIB

Biaya total bahan bakar (F_{total}) yang minimum pada jam 15.30 - 16.29 WIB dan 16.30 - 17.29 WIB berada pada kombinasi 1-0-1-1-0 yaitu sebesar:

$$F_{total} = Rp3.868.000.000/Jam$$

Karena pembangkit listrik tenaga air dianggap terus beroperasi dengan daya tetap (tidak dilakukan optimasi), maka biaya pembangkitan untuk pembangkit listrik tenaga air adalah:

$$F_{Cirata} = 6000P_{cirata}$$

$$F_{Cirata} = 6000 * 946$$

$$F_{Cirata} = Rp5.676.000/Jam$$

$$F_{Saguling} = 5502P_{saguling}$$

$$F_{Saguling} = 5502 * 698$$

$$F_{Saguling} = Rp3.840.396/Jam$$

Sehingga biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 15.30 - 16.29 WIB dan 16.30 - 17.29 WIB adalah:

$$Biaya\ Pembangkitan = F_{total} + F_{Cirata} + F_{Saguling}$$

$$Biaya\ Pembangkitan = Rp3931515396/Jam$$

4.20 Operasi ekonomis sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 18.30 - 19.29 WIB

Pada jam 18.30 - 19.29 WIB besar daya beban adalah 11292MW. Karena pembangkit listrik tenaga air dianggap terus beroperasi dengan daya tetap (tidak dilakukan optimasi), maka besarnya daya beban yang dipikul oleh pembangkit listrik tenaga termal adalah:

$$P_R = 11292 - (946 + 698) = 9648\ MW.$$

Nilai daya beban pada data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 18.30 - 19.29 WIB yang dipikul oleh pembangkit listrik tenaga termal adalah 9648 MW. Berdasarkan tabel 4.13 maka jumlah kombinasi yang memenuhi syarat $\sum P_{i\ max} \geq P_R$ adalah 9 kombinasi. Berdasarkan perhitungan iterasi lambda, maka didapatkan biaya total bahan bakar untuk setiap kombinasi. Biaya total bahan bakar untuk setiap kombinasi ditunjukkan pada tabel 4.56.

Tabel 4.56 Biaya total bahan bakar untuk kombinasi yang memenuhi syarat $\sum P_{i\ max} \geq P_R$ sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 18.30 - 19.29 WIB.

No	Kombinasi						F_{total} (Rp/Jam)
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	
1	1	1	1	0	1	0	9.743.700.000
2	1	1	1	1	1	0	7.152.800.000
3	1	1	0	0	1	1	13.623.000.000
4	1	1	1	0	1	1	8.343.500.000
5	1	1	0	1	1	1	9.613.600.000

No	Kombinasi						F_{total} (Rp/Jam)
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	
6	1	0	1	1	1	1	5.858.500.000
7	1	1	1	1	1	1	7.409.500.000

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan pada tabel 4.56 biaya total bahan bakar minimum adalah pada kombinasi 1-0-1-1-1-1 yaitu sebesar Rp5.858.500.000/Jam. Sehingga kombinasi yang dipilih adalah kombinasi 1-0-1-1-1-1.

4.20.1 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 18.30 - 19.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-1-1-1.

Biaya total bahan bakar yang minimum pada jam 18.30 - 19.29 WIB adalah pada kombinasi 1-0-1-1-1-1. Berdasarkan pada perhitungan iterasi lambda komputasi serial, maka didapatkan nilai lambda, dan nilai daya dari masing – masing unit pembangkit yang beroperasi sebagai berikut:

Tabel 4.57 Hasil perhitungan Iterasi Lambda sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 18.30 - 19.29 WIB.

Iterasi terakhir	Lambda (Rp/MWh)	P_1 (MW)	P_3 (MW)	P_4 (MW)	P_5 (MW)	P_6 (MW)
844	277.810	3400	1220	1050	3254	724

Sumber: Hasil Perhitungan

4.20.2 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi paralel menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 18.30 - 19.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-1-1-1.

Berdasarkan perhitungan iterasi lambda komputasi paralel, maka didapatkan hasil perhitungan dari masing – masing core prosesor sebagai berikut:

Tabel 4.58 Hasil perhitungan Iterasi Lambda Komputasi paralel sistem 500 kV Jawa – Bali jam 18.30 - 19.29 WIB.

Core 1					Core 2			
Iterasi terakhir	Lambda (Rp/MWh)	P_1 (MW)	P_3 (MW)	P_4 (MW)	Iterasi terakhir	Lambda (Rp/MWh)	P_5 (MW)	P_6 (MW)
844	277.810	3400	1220	1050	844	277.810	3254	724

Sumber: Hasil Perhitungan

4.20.3 Perhitungan biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 18.30 - 19.29 WIB.

Biaya total bahan bakar (F_{total}) yang minimum pada jam 18.30 - 19.29 WIB berada pada kombinasi 1-0-1-0-1-0 yaitu sebesar:

$$F_{total} = Rp5.858.500.000/Jam$$

Karena pembangkit listrik tenaga air dianggap terus beroperasi dengan daya tetap (tidak dilakukan optimasi), maka biaya pembangkitan untuk pembangkit listrik tenaga air adalah:

$$F_{Cirata} = 6000P_{Cirata}$$

$$F_{Cirata} = 6000 * 946$$

$$F_{Cirata} = Rp5.676.000/Jam$$

$$F_{Saguling} = 5502P_{Saguling}$$

$$F_{Saguling} = 5502 * 698$$

$$F_{Saguling} = Rp3.840.396/Jam$$

Sehingga biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 18.30 - 19.29 WIB adalah:

$$Biaya\ Pembangkitan = F_{total} + F_{Cirata} + F_{Saguling}$$

$$Biaya\ Pembangkitan = Rp5.868.015.396/Jam$$

4.21 Operasi ekonomis sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 19.30 - 20.29 WIB

Pada jam 19.30 - 20.29 WIB besar daya beban adalah 11301 MW. Karena pembangkit listrik tenaga air dianggap terus beroperasi dengan daya tetap (tidak dilakukan optimasi), maka besarnya daya beban yang dipikul oleh pembangkit listrik tenaga termal adalah:

$$P_R = 11301 - (946 + 698) = 9657 \text{ MW.}$$

Nilai daya beban pada data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 19.30 - 20.29 WIB yang dipikul oleh pembangkit listrik tenaga termal adalah 9657 MW. Berdasarkan tabel 4.13 maka jumlah kombinasi yang memenuhi syarat $\sum P_{i \max} \geq P_R$ adalah 7 kombinasi. Berdasarkan perhitungan iterasi lambda, maka didapatkan biaya total bahan bakar untuk setiap kombinasi. Biaya total bahan bakar untuk setiap kombinasi ditunjukkan pada tabel 4.59.

Tabel 4.59 Biaya total bahan bakar untuk kombinasi yang memenuhi syarat $\sum P_{i \max} \geq P_R$ sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 19.30 - 20.29 WIB.

No	Kombinasi						F_{total} (Rp/Jam)
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	
1	1	1	1	0	1	0	9.788.100.000
2	1	1	1	1	1	0	7.161.600.000
3	1	1	0	0	1	1	13.672.000.000
4	1	1	1	0	1	1	8.368.600.000
5	1	1	0	1	1	1	9.649.800.000
6	1	0	1	1	1	1	5.883.500.000
7	1	1	1	1	1	1	7.417.900.000

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan pada tabel 4.59 biaya total bahan bakar minimum adalah pada kombinasi 1-0-1-1-1-1 yaitu sebesar Rp5.858.500.000/Jam. Sehingga kombinasi yang dipilih adalah kombinasi 1-0-1-1-1-1.

4.21.1 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 19.30 - 20.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-1-1-1.

Biaya total bahan bakar yang minimum pada jam 19.30 - 20.29 WIB adalah pada kombinasi 1-0-1-1-1-1. Berdasarkan pada perhitungan iterasi lambda komputasi serial, maka didapatkan nilai lambda, dan nilai daya dari masing – masing unit pembangkit yang beroperasi sebagai berikut:

Tabel 4.59 Hasil perhitungan Iterasi Lambda sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 19.30 - 20.29 WIB.

Iterasi terakhir	Lambda (Rp/MWh)	P_1 (MW)	P_3 (MW)	P_4 (MW)	P_5 (MW)	P_6 (MW)
844	2.787.700	3400	1220	1050	3254	733

Sumber: Hasil Perhitungan

4.21.2 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi paralel menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 19.30 - 20.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-1-1-1.

Berdasarkan perhitungan iterasi lambda komputasi paralel, maka didapatkan hasil perhitungan dari masing – masing core prosesor sebagai berikut:

Tabel 4.60 Hasil perhitungan Iterasi Lambda Komputasi paralel sistem 500 kV Jawa – Bali jam 19.30 - 20.29 WIB.

Core 1					Core 2			
Iterasi terakhir	Lambda (Rp/MWh)	P_1 (MW)	P_3 (MW)	P_4 (MW)	Iterasi terakhir	Lambda (Rp/MWh)	P_5 (MW)	P_6 (MW)
844	277.810	3400	1220	1050	844	277.810	3254	733

Sumber: Hasil Perhitungan

4.21.3 Perhitungan biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 19.30 - 20.29 WIB

Biaya total bahan bakar (F_{total}) yang minimum pada jam 19.30 - 20.29 WIB berada pada kombinasi 1-0-1-1-1-1 yaitu sebesar:

$$F_{total} = Rp5.858.500.000/Jam$$

Karena pembangkit listrik tenaga air dianggap terus beroperasi dengan daya tetap (tidak dilakukan optimasi), maka biaya pembangkitan untuk pembangkit listrik tenaga air adalah:

$$F_{Cirata} = 6000P_{cirata}$$

$$F_{Cirata} = 6000 * 946$$

$$F_{Cirata} = Rp5.676.000/Jam$$

$$F_{Saguling} = 5502P_{saguling}$$

$$F_{Saguling} = 5502 * 698$$

$$F_{Saguling} = Rp3.840.396/Jam$$

Sehingga biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 1.30 - 2.29 WIB adalah:

$$Biaya\ Pembangkitan = F_{total} + F_{cirata} + F_{saguling}$$

$$Biaya\ Pembangkitan = Rp5.893.015.396 /Jam$$

4.22 Operasi ekonomis sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 20.30 - 21.29 WIB

Pada jam 20.30 - 21.29 WIB besar daya beban adalah 10734 MW. Karena pembangkit listrik tenaga air dianggap terus beroperasi dengan daya tetap (tidak dilakukan optimasi), maka besarnya daya beban yang dipikul oleh pembangkit listrik tenaga termal adalah:

$$P_R = 10734 - (946 + 698) = 9090 \text{ MW.}$$

Nilai daya beban pada data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 20.30 - 21.29 WIB yang dipikul oleh pembangkit listrik tenaga termal adalah 9090 MW. Berdasarkan tabel 4.13 maka jumlah kombinasi yang memenuhi syarat $\sum P_{i\ max} \geq P_R$ adalah 9 kombinasi. Berdasarkan perhitungan iterasi lambda, maka didapatkan biaya total bahan bakar untuk setiap kombinasi. Biaya total bahan bakar untuk setiap kombinasi ditunjukkan pada tabel 4.61.

Tabel 4.61 Biaya total bahan bakar untuk kombinasi yang memenuhi syarat $\sum P_{i \max} \geq P_R$ sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 20.30 - 21.29 WIB.

No	Kombinasi						F_{total} (Rp/Jam)
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	
1	1	1	1	0	1	0	7.208.100.000
2	1	1	0	1	1	0	8.635.600.000
3	1	1	1	1	1	0	6.651.600.000
4	1	1	0	0	1	1	10.784.000.000
5	1	1	1	0	1	1	6.953.600.000
6	1	1	0	1	1	1	8.042.400.000
7	1	0	1	1	1	1	4.474.600.000
8	1	1	1	1	1	1	6.927.000.000

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan pada tabel 4.61 biaya total bahan bakar minimum adalah pada kombinasi 1-0-1-1-1-1 yaitu sebesar Rp4.474.600.000/Jam. Sehingga kombinasi yang dipilih adalah kombinasi 1-0-1-1-1-1.

4.22.1 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 20.30 - 21.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-1-1-1.

Biaya total bahan bakar yang minimum pada jam 20.30 - 21.29 WIB adalah pada kombinasi 1-0-1-1-1-1. Berdasarkan pada perhitungan iterasi lambda komputasi serial, maka didapatkan nilai lambda, dan nilai daya dari masing – masing unit pembangkit yang beroperasi sebagai berikut:

Tabel 4.62 Hasil perhitungan Iterasi Lambda sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 20.30 - 21.29 WIB.

Iterasi terakhir	Lambda (Rp/MWh)	P_1 (MW)	P_3 (MW)	P_4 (MW)	P_5 (MW)	P_6 (MW)
3731	2.182.200	3400	1220	1050	3254	166

Sumber: Hasil Perhitungan

4.22.2 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi paralel menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 20.30 - 21.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-1-1.

Berdasarkan perhitungan iterasi lambda komputasi paralel, maka didapatkan hasil perhitungan dari masing – masing core prosesor sebagai berikut:

Tabel 4.63 Hasil perhitungan Iterasi Lambda Komputasi paralel sistem 500 kV Jawa – Bali jam 20.30 - 21.29 WIB.

Core 1					Core 2			
Iterasi terakhir	Lambda (Rp/MWh)	P_1 (MW)	P_3 (MW)	P_4 (MW)	Iterasi terakhir	Lambda (Rp/MWh)	P_5 (MW)	P_6 (MW)
3731	277.810	3400	1220	1050	3731	277.810	3254	166

Sumber: Hasil Perhitungan

4.22.3 Perhitungan biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 19.30 - 20.29 WIB

Biaya total bahan bakar (F_{total}) yang minimum pada jam 3.30 - 4.29 WIB dan 4.30 - 5.29 WIB berada pada kombinasi 1-0-1-0-1-0 yaitu sebesar:

$$F_{total} = Rp4.474.600.000/Jam$$

Karena pembangkit listrik tenaga air dianggap terus beroperasi dengan daya tetap (tidak dilakukan optimasi), maka biaya pembangkitan untuk pembangkit listrik tenaga air adalah:

$$F_{Cirata} = 6000P_{cirata}$$

$$F_{Cirata} = 6000 * 946$$

$$F_{Cirata} = Rp5.676.000/Jam$$

$$F_{Saguling} = 5502P_{saguling}$$

$$F_{Saguling} = 5502 * 698$$

$$F_{Saguling} = Rp3.840.396/Jam$$

Sehingga biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 1.30 - 2.29 WIB adalah:

$$\text{Biaya Pembangkitan} = F_{total} + F_{cirata} + F_{saguling}$$

$$\text{Biaya Pembangkitan} = \text{Rp}4.484.115.396 \text{ /Jam}$$

4.23 Operasi ekonomis sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 22.30 - 23.29 WIB

Pada jam 22.30 - 23.29 WIB besar daya beban adalah 8885 MW. Karena pembangkit listrik tenaga air dianggap terus beroperasi dengan daya tetap (tidak dilakukan optimasi), maka besarnya daya beban yang dipikul oleh pembangkit listrik tenaga termal adalah:

$$P_R = 8885 - (946 + 698) = 7241 \text{ MW.}$$

Nilai daya beban pada data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 22.30 - 23.29 WIB yang dipikul oleh pembangkit listrik tenaga termal adalah 7241 MW. Berdasarkan tabel 4.13 maka jumlah kombinasi yang memenuhi syarat $\sum P_{i \max} \geq P_R$ adalah 22 kombinasi. Berdasarkan perhitungan iterasi lambda, maka didapatkan biaya total bahan bakar untuk setiap kombinasi. Biaya total bahan bakar untuk setiap kombinasi ditunjukkan pada tabel 4.64.

Tabel 4.64 Biaya total bahan bakar untuk kombinasi yang memenuhi syarat $\sum P_{i \max} \geq P_R$ sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 22.30 - 23.29 WIB.

No	Kombinasi						F_{total} (Rp/Jam)
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	
1	1	1	1	1	0	0	9.064.300.000
2	1	0	1	0	1	0	2.557.300.000
3	1	1	1	0	1	0	5.270.000.000
4	1	0	0	1	1	0	3.305.700.000
5	1	1	0	1	1	0	5.877.100.000
6	1	0	1	1	1	0	2.586.000.000
7	0	1	1	1	1	0	8.332.300.000
8	1	1	1	1	1	0	5.333.800.000
9	1	1	1	0	0	1	11.270.000.000
10	1	1	0	1	0	1	12.833.000.000
11	1	1	1	1	0	1	8.092.200.000
12	1	0	0	0	1	1	4.237.800.000
13	1	1	0	0	1	1	6.137.100.000

No	Kombinasi						F_{total} (Rp/Jam)
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	
14	1	0	1	0	1	1	2.844.000.000
15	0	1	1	0	1	1	10.583.000.000
16	1	1	1	0	1	1	5.577.300.000
17	1	0	0	1	1	1	3.568.200.000
18	0	1	0	1	1	1	12.180.000.000
19	1	1	0	1	1	1	6.165.000.000
20	1	0	1	1	1	1	2.877.400.000
21	0	1	1	1	1	1	7.053.600.000
22	1	1	1	1	1	1	5.677.900.000

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan pada tabel 4.64 biaya total bahan bakar minimum adalah pada kombinasi 1-0-1-1-1 yaitu sebesar Rp2.557.300.000/Jam. Sehingga kombinasi yang dipilih adalah kombinasi 1-0-1-0-1-0.

4.23.1 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 22.30 - 23.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.

Biaya total bahan bakar yang minimum pada jam 22.30 - 23.29 WIB adalah pada kombinasi 1-0-1-1-1-1. Berdasarkan pada perhitungan iterasi lambda komputasi serial, maka didapatkan nilai lambda, dan nilai daya dari masing – masing unit pembangkit yang beroperasi sebagai berikut:

Tabel 4.65 Hasil perhitungan Iterasi Lambda sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 22.30 - 23.29 WIB.

Iterasi terakhir	Lambda (Rp/MWh)	P_1 (MW)	P_3 (MW)	P_5 (MW)
91	760.640	2767	1220	3254

Sumber: Hasil Perhitungan

4.23.2 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi paralel menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 22.30 - 23.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.

Berdasarkan perhitungan iterasi lambda komputasi paralel, maka didapatkan hasil perhitungan dari masing – masing core prosesor sebagai berikut:

Tabel 4.66 Hasil perhitungan Iterasi Lambda Komputasi paralel sistem 500 kV Jawa – Bali jam 22.30 - 23.29 WIB.

Core 1				Core 2		
Iterasi terakhir	Lambda (Rp/MWh)	P_1 (MW)	P_3 (MW)	Iterasi terakhir	Lambda (Rp/MWh)	P_5 (MW)
91	760.640	2767	1220	91	760.640	3254

Sumber: Hasil Perhitungan

4.23.3 Perhitungan biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 22.30 - 23.29 WIB

Biaya total bahan bakar (F_{total}) yang minimum pada jam 22.30 - 23.29 WIB berada pada kombinasi 1-0-1-0-1-0 yaitu sebesar:

$$F_{total} = Rp2.557.300.000/Jam$$

Karena pembangkit listrik tenaga air dianggap terus beroperasi dengan daya tetap (tidak dilakukan optimasi), maka biaya pembangkitan untuk pembangkit listrik tenaga air adalah:

$$F_{Cirata} = 6000P_{cirata}$$

$$F_{Cirata} = 6000 * 946$$

$$F_{Cirata} = Rp5.676.000/Jam$$

$$F_{Saguling} = 5502P_{saguling}$$

$$F_{Saguling} = 5502 * 698$$

$$F_{Saguling} = Rp3.840.396/Jam$$

Sehingga biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 22.30 - 23.29 WIB adalah:

$$Biaya\ Pembangkitan = F_{total} + F_{cirata} + F_{saguling}$$

$$Biaya\ Pembangkitan = Rp2.566.815.396 //Jam$$

4.24 Operasi ekonomis sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 23.30 - 24.29 WIB

Pada jam 23.30 - 24.29 WIB besar daya beban adalah 7997 MW. Karena pembangkit listrik tenaga air dianggap terus beroperasi dengan daya tetap (tidak dilakukan optimasi), maka besarnya daya beban yang dipikul oleh pembangkit listrik tenaga termal adalah:

$$P_R = 7997 - (946 + 698) = 6353 \text{ MW.}$$

Nilai daya beban pada data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 23.30 - 24.29 WIB yang dipikul oleh pembangkit listrik tenaga termal adalah 6353 MW. Berdasarkan tabel 4.13 maka jumlah kombinasi yang memenuhi syarat $\sum P_{i \max} \geq P_R$ adalah 30 kombinasi. Berdasarkan perhitungan iterasi lambda, maka didapatkan biaya total bahan bakar untuk setiap kombinasi. Biaya total bahan bakar untuk setiap kombinasi ditunjukkan pada tabel 4.67.

Tabel 4.67 Biaya total bahan bakar untuk kombinasi yang memenuhi syarat $\sum P_{i \max} \geq P_R$ sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 23.30 - 24.29 WIB.

No	Kombinasi						F_{total} (Rp/Jam)
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	
1	1	1	1	0	0	0	8.860.300.000
2	1	1	0	1	0	0	10.409.000.000
3	1	1	1	1	0	0	6.430.800.000
4	1	0	0	0	1	0	2.542.300.000
5	1	1	0	0	1	0	5.209.500.000
6	1	0	1	0	1	0	1.933.800.000
7	0	1	1	0	1	0	8.161.000.000
8	1	1	1	0	1	0	4.905.400.000
9	1	0	0	1	1	0	2.560.600.000
10	0	1	0	1	1	0	9.744.200.000
11	1	1	0	1	1	0	5.260.500.000
12	1	0	1	1	1	0	1.990.500.000
13	0	1	1	1	1	0	5.148.300.000
14	1	1	1	1	1	0	5.041.100.000
15	1	1	0	0	0	1	12.717.000.000
16	1	1	1	0	0	1	7.547.600.000
17	1	1	0	1	0	1	8.767.400.000
18	1	0	1	1	0	1	5.063.100.000
19	1	1	1	1	0	1	6.689.100.000
20	1	0	0	0	1	1	2.822.400.000

No	Kombinasi						F_{total} (Rp/Jam)
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	
21	1	1	0	0	1	1	5.510.200.000
22	1	0	1	0	1	1	2.238.100.000
23	0	1	1	0	1	1	6.546.600.000
24	1	1	1	0	1	1	5.259.700.000
25	1	0	0	1	1	1	2.845.500.000
26	0	1	0	1	1	1	7.935.500.000
27	1	1	0	1	1	1	5.565.900.000
28	1	0	1	1	1	1	2.301.400.000
29	0	1	1	1	1	1	5.400.800.000
30	1	1	1	1	1	1	5.399.200.000

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan pada tabel 4.67 biaya total bahan bakar minimum adalah pada kombinasi 1-0-1-1-1 yaitu sebesar Rp1.933.800.000/Jam. Sehingga kombinasi yang dipilih adalah kombinasi 1-0-1-0-1-0.

4.24.1 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 23.30 - 24.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.

Biaya total bahan bakar yang minimum pada jam 23.30 - 24.29 WIB adalah pada kombinasi 1-0-1-1-1-1. Berdasarkan pada perhitungan iterasi lambda komputasi serial, maka didapatkan nilai lambda, dan nilai daya dari masing – masing unit pembangkit yang beroperasi sebagai berikut:

Tabel 4.68 Hasil perhitungan Iterasi Lambda sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 23.30 - 24.29 WIB.

Iterasi terakhir	Lambda (Rp/MWh)	P_1 (MW)	P_3 (MW)	P_5 (MW)
105	643.510	1879	1220	3254

(Sumber : Hasil perhitungan)

4.24.2 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi paralel menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 23.30 - 24.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.

Berdasarkan perhitungan iterasi lambda komputasi paralel, maka didapatkan hasil perhitungan dari masing – masing core prosesor sebagai berikut:

Tabel 4.69 Hasil perhitungan Iterasi Lambda Komputasi paralel sistem 500 kV Jawa – Bali jam 23.30 - 24.29 WIB.

Core 1				Core 2		
Iterasi terakhir	Lambda (Rp/MWh)	P_1 (MW)	P_3 (MW)	Iterasi terakhir	Lambda (Rp/MWh)	P_5 (MW)
105	643.510	1879	1220	105	643.510	3254

Sumber: Hasil Perhitungan

4.24.3 Perhitungan biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 23.30 - 24.29 WIB.

Biaya total bahan bakar (F_{total}) yang minimum pada jam 23.30 - 24.29 WIB berada pada kombinasi 1-0-1-0-1-0 yaitu sebesar:

$$F_{total} = Rp1.933.800.000/Jam$$

Karena pembangkit listrik tenaga air dianggap terus beroperasi dengan daya tetap (tidak dilakukan optimasi), maka biaya pembangkitan untuk pembangkit listrik tenaga air adalah:

$$F_{Cirata} = 6000P_{cirata}$$

$$F_{Cirata} = 6000 * 946$$

$$F_{Cirata} = Rp5.676.000/Jam$$

$$F_{Saguling} = 5502P_{saguling}$$

$$F_{Saguling} = 5502 * 698$$

$$F_{Saguling} = Rp3.840.396/Jam$$

Sehingga biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 23.30 - 24.29 WIB adalah:

$$Biaya\ Pembangkitan = F_{total} + F_{cirata} + F_{saguling}$$

$$Biaya\ Pembangkitan = Rp1.943.315.396 /Jam$$

4.25 Operasi ekonomis sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 24.30 - 1.29 WIB

Pada jam 24.30 - 1.29 WIB besar daya beban adalah 7196 MW. Karena pembangkit listrik tenaga air dianggap terus beroperasi dengan daya tetap (tidak dilakukan optimasi), maka besarnya daya beban yang dipikul oleh pembangkit listrik tenaga termal adalah:

$$P_R = 7196 - (946 + 698) = 5552 \text{ MW.}$$

Nilai daya beban pada data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 24.30 - 1.29 WIB yang dipikul oleh pembangkit listrik tenaga termal adalah 5552 MW. Berdasarkan tabel 4.13 maka jumlah kombinasi yang memenuhi syarat $\sum P_{i \max} \geq P_R$ adalah 33 kombinasi. Berdasarkan perhitungan iterasi lambda, maka didapatkan biaya total bahan bakar untuk setiap kombinasi. Biaya total bahan bakar untuk setiap kombinasi ditunjukkan pada tabel 4.70.

Tabel 4.70 Biaya total bahan bakar untuk kombinasi yang memenuhi syarat $\sum P_{i \max} \geq P_R$ sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 24.30 - 1.29 WIB.

No	Kombinasi						F_{total} (Rp/Jam)
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	
1	1	1	1	0	0	0	5.724.800.000
2	1	1	0	1	0	0	6.761.100.000
3	1	0	1	1	0	0	3.235.400.000
4	1	1	1	1	0	0	5.737.100.000
5	1	0	0	0	1	0	1.940.300.000
6	1	1	0	0	1	0	4.768.900.000
7	1	0	1	0	1	0	1.549.600.000
8	0	1	1	0	1	0	4.539.400.000
9	1	1	1	0	1	0	4.689.900.000
10	1	0	0	1	1	0	1.983.800.000
11	0	1	0	1	1	0	5.934.500.000
12	1	1	0	1	1	0	4.894.200.000
13	1	0	1	1	1	0	1.679.400.000
14	0	1	1	1	1	0	4.522.400.000
15	1	1	1	1	1	0	4.839.000.000
16	1	1	0	0	0	1	8.822.200.000
17	1	1	1	0	0	1	6.001.100.000
18	1	1	0	1	0	1	6.823.200.000
19	1	0	1	1	0	1	3.484.200.000
20	1	1	1	1	0	1	6.018.100.000

21	1	0	0	0	1	1	2.236.200.000
22	0	1	0	0	1	1	8.040.600.000
23	1	1	0	0	1	1	5.116.600.000
24	1	0	1	0	1	1	1.900.100.000
25	0	1	1	0	1	1	4.747.400.000
No	Kombinasi						F_{total} (Rp/Jam)
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	
26	1	1	1	0	1	1	5.053.100.000
27	1	0	0	1	1	1	2.284.400.000
28	0	1	0	1	1	1	5.616.900.000
29	1	1	0	1	1	1	5.245.600.000
30	0	0	1	1	1	1	2.205.100.000
31	1	0	1	1	1	1	2.033.600.000
32	0	1	1	1	1	1	4.869.500.000
33	1	1	1	1	1	1	5.203.400.000

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan pada tabel 4.70 biaya total bahan bakar minimum adalah pada kombinasi 1-0-1-1-1-1 yaitu sebesar Rp1.549.600.000/Jam. Sehingga kombinasi yang dipilih adalah kombinasi 1-0-1-0-1-0.

4.25.1 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi serial menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 24.30 - 1.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.

Biaya total bahan bakar yang minimum pada jam 24.30 - 1.29 WIB adalah pada kombinasi 1-0-1-1-1-1. Berdasarkan pada perhitungan iterasi lambda komputasi serial, maka didapatkan nilai lambda, dan nilai daya dari masing – masing unit pembangkit yang beroperasi sebagai berikut:

Tabel 4.71 Hasil perhitungan Iterasi Lambda sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 24.30 - 1.29 WIB.

Iterasi terakhir	Lambda (Rp/MWh)	P_1 (MW)	P_3 (MW)	P_5 (MW)
65	332.970	1500	1220	2832

Sumber: Hasil Perhitungan

4.25.2 Hasil Perhitungan operasi ekonomis komputasi paralel menggunakan data sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 24.30 - 1.29 WIB untuk kombinasi 1-0-1-0-1-0.

Berdasarkan perhitungan iterasi lambda komputasi paralel, maka didapatkan hasil perhitungan dari masing – masing core prosesor sebagai berikut:

Tabel 4.72 Hasil perhitungan Iterasi Lambda Komputasi paralel sistem 500 kV Jawa – Bali jam 24.30 - 1.29 WIB.

Core 1				Core 2		
Iterasi terakhir	Lambda (Rp/MWh)	P_1 (MW)	P_3 (MW)	Iterasi terakhir	Lambda (Rp/MWh)	P_5 (MW)
65	332.970	1500	1220	65	332.970	2832

Sumber: Hasil Perhitungan

4.24.3 Perhitungan biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 24.30 - 1.29 WIB

Biaya total bahan bakar (F_{total}) yang minimum pada jam 24.30 - 1.29 WIB berada pada kombinasi 1-0-1-0-1-0 yaitu sebesar:

$$F_{total} = Rp1.549.600.000/Jam$$

Karena pembangkit listrik tenaga air dianggap terus beroperasi dengan daya tetap (tidak dilakukan optimasi), maka biaya pembangkitan untuk pembangkit listrik tenaga air adalah:

$$F_{Cirata} = 6000P_{cirata}$$

$$F_{Cirata} = 6000 * 946$$

$$F_{Cirata} = Rp5.676.000/Jam$$

$$F_{Saguling} = 5502P_{saguling}$$

$$F_{Saguling} = 5502 * 698$$

$$F_{Saguling} = Rp3.840.396/Jam$$

Sehingga biaya pembangkitan sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 24.30 - 1.29 WIB adalah:

$$\text{Biaya Pembangkitan} = F_{\text{total}} + F_{\text{cirata}} + F_{\text{saguling}}$$

$$\text{Biaya Pembangkitan} = \text{Rp}1.559.115.396 / \text{Jam}$$

4.26 Analisis Hasil Perhitungan pada data IEEE 30 Bus

Berdasarkan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada data IEEE 30 Bus, didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.73 Perbandingan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada data IEEE 30 Bus

Pembangkit	Iterasi lambda komputasi serial	Iterasi lambda komputasi paralel
	Daya (MW)	Daya (MW)
Pembangkit 1	185.4036	185.4036
Pembangkit 2	46.8722	46.8722
Pembangkit 3	19.1242	19.1242
Pembangkit 4	10	10
Pembangkit 5	10	10
Pembangkit 6	12	12

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada data IEEE 30 Bus didapatkan nilai daya yang sama.

4.27 Analisis Hasil Perhitungan pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 1.30 - 2.29 WIB

Berdasarkan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 1.30 - 2.29 WIB, didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.74 Perbandingan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem Jawa – Bali 500 kV pada jam 1.30 - 2.29 WIB

Pembangkit	Iterasi lambda komputasi serial	Iterasi lambda komputasi paralel
	Daya (MW)	Daya (MW)
Pembangkit 1 (Suralaya)	2232	2232
Pembangkit 3 (Cirata)	1220	1220

Pembangkit 5 (Paiton)	3254	3254
-----------------------	------	------

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 1.30 - 2.29 WIB didapatkan nilai daya yang sama.

4.28 Analisis Hasil Perhitungan pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 2.30 - 3.29 WIB

Berdasarkan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 2.30 - 3.29 WIB, didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.75 Perbandingan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem Jawa – Bali 500 kV pada jam 2.30 - 3.29 WIB

Pembangkit	Iterasi lambda komputasi serial	Iterasi lambda komputasi paralel
	Daya (MW)	Daya (MW)
Pembangkit 1 (Suralaya)	2061	2061
Pembangkit 3 (Cirata)	1220	1220
Pembangkit 5 (Paiton)	3254	3254

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 2.30 - 3.29 WIB didapatkan nilai daya yang sama.

4.29 Analisis Hasil Perhitungan pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 3.30 WIB dan 4.30 WIB

Berdasarkan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 3.30 - 4.29 WIB dan 4.30 - 5.29 WIB, didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.76 Perbandingan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem Jawa – Bali 500 kV pada jam 3.30 - 4.29 WIB dan 4.30 - 5.29 WIB

Pembangkit	Iterasi lambda komputasi serial	Iterasi lambda komputasi paralel
	Daya (MW)	Daya (MW)
Pembangkit 1 (Suralaya)	2020	2020
Pembangkit 3 (Cirata)	1220	1220
Pembangkit 5 (Paiton)	3254	3254

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 2.30 - 3.29 WIB didapatkan nilai daya yang sama.

4.30 Analisis Hasil Perhitungan pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 5.30 - 6.29 WIB

Berdasarkan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 5.30 - 6.29 WIB, didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.77 Perbandingan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem Jawa – Bali 500 kV pada jam 5.30 - 6.29 WIB

Pembangkit	Iterasi lambda komputasi serial	Iterasi lambda komputasi paralel
	Daya (MW)	Daya (MW)
Pembangkit 1 (Suralaya)	2186	2186
Pembangkit 3 (Cirata)	1220	1220
Pembangkit 5 (Paiton)	3254	3254

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 5.30 - 6.29 WIB didapatkan nilai daya yang sama.

4.31 Analisis Hasil Perhitungan pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 6.30 - 7.29 WIB

Berdasarkan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 6.30 - 7.29 WIB, didapatkan hasil sebagai berikut:



Tabel 4.78 Perbandingan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem Jawa – Bali 500 kV pada jam 6.30 - 7.29 WIB

Pembangkit	Iterasi lambda komputasi serial	Iterasi lambda komputasi paralel
	Daya (MW)	Daya (MW)
Pembangkit 1 (Suralaya)	2010	2010
Pembangkit 3 (Cirata)	1220	1220
Pembangkit 5 (Paiton)	3254	3254

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 6.30 - 7.29 WIB didapatkan nilai daya yang sama.

4.32 Analisis Hasil Perhitungan pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 7.30 - 8.29 WIB

Berdasarkan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 7.30 - 8.29 WIB, didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.79 Perbandingan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem Jawa – Bali 500 kV pada jam 7.30 - 8.29 WIB

Pembangkit	Iterasi lambda komputasi serial	Iterasi lambda komputasi paralel
	Daya (MW)	Daya (MW)
Pembangkit 1 (Suralaya)	2020	2020
Pembangkit 3 (Cirata)	1220	1220
Pembangkit 5 (Paiton)	3254	3254

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 7.30 - 8.29 WIB didapatkan nilai daya yang sama.

4.33 Analisis Hasil Perhitungan pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 8.30 - 9.29 WIB

Berdasarkan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 8.30 - 9.29 WIB, didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.80 Perbandingan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem Jawa – Bali 500 kV pada jam 8.30 - 9.29 WIB

Pembangkit	Iterasi lambda komputasi serial	Iterasi lambda komputasi paralel
	Daya (MW)	Daya (MW)
Pembangkit 1 (Suralaya)	3130	3130
Pembangkit 3 (Cirata)	1220	1220
Pembangkit 5 (Paiton)	3254	3254

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 8.30 - 9.29 WIB didapatkan nilai daya yang sama.

4.34 Analisis Hasil Perhitungan pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 9.30 - 10.29 WIB

Berdasarkan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 9.30 - 10.29 WIB, didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.81 Perbandingan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem Jawa – Bali 500 kV pada jam 9.30 - 10.29 WIB

Pembangkit	Iterasi lambda komputasi serial	Iterasi lambda komputasi paralel
	Daya (MW)	Daya (MW)
Pembangkit 1 (Suralaya)	2881	2881
Pembangkit 3 (Cirata)	1220	1220
Pembangkit 4 (Tanjung Jati)	238	238
Pembangkit 5 (Paiton)	3254	3254

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 9.30 - 10.29 WIB didapatkan nilai daya yang sama.

4.35 Analisis Hasil Perhitungan pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 10.30 - 11.29 WIB

Berdasarkan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 10.30 - 11.29 WIB, didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.82 Perbandingan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem Jawa – Bali 500 kV pada jam 10.30 - 11.29 WIB

Pembangkit	Iterasi lambda komputasi serial	Iterasi lambda komputasi paralel
	Daya (MW)	Daya (MW)
Pembangkit 1 (Suralaya)	3219	3219
Pembangkit 3 (Cirata)	1220	1220
Pembangkit 5 (Paiton)	3254	3254

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 10.30 - 11.29 WIB didapatkan nilai daya yang sama.

4.36 Analisis Hasil Perhitungan pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 11.30 - 12.29 WIB

Berdasarkan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 11.30 - 12.29 WIB, didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.83 Perbandingan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem Jawa – Bali 500 kV pada jam 11.30 - 12.29 WIB

Pembangkit	Iterasi lambda komputasi serial	Iterasi lambda komputasi paralel
	Daya (MW)	Daya (MW)
Pembangkit 1 (Suralaya)	3202	3202
Pembangkit 3 (Cirata)	1220	1220
Pembangkit 5 (Paiton)	3254	3254

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 11.30 - 12.29 WIB didapatkan nilai daya yang sama.

4.37 Analisis Hasil Perhitungan pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 12.30 - 13.29 WIB

Berdasarkan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 12.30 - 13.29 WIB, didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.84 Perbandingan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem Jawa – Bali 500 kV pada jam 12.30 - 13.29 WIB

Pembangkit	Iterasi lambda komputasi serial	Iterasi lambda komputasi paralel
	Daya (MW)	Daya (MW)
Pembangkit 1 (Suralaya)	3200	3200
Pembangkit 3 (Cirata)	1220	1220
Pembangkit 5 (Paiton)	3254	3254

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 12.30 - 13.29 WIB didapatkan nilai daya yang sama.

4.38 Analisis Hasil Perhitungan pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 13.30 - 14.29 WIB

Berdasarkan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 13.30 - 14.29 WIB, didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.85 Perbandingan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem Jawa – Bali 500 kV pada jam 13.30 - 14.29 WIB

Pembangkit	Iterasi lambda komputasi serial	Iterasi lambda komputasi paralel
	Daya (MW)	Daya (MW)
Pembangkit 1 (Suralaya)	3400	3400
Pembangkit 3 (Cirata)	1220	1220
Pembangkit 4 (Tanjung Jati)	834	834
Pembangkit 5 (Paiton)	3254	3254

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 13.30 - 14.29 WIB didapatkan nilai daya yang sama.

4.39 Analisis Hasil Perhitungan pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 14.30 - 15.29 WIB, 17.30 - 18.29 WIB, dan 21.30 - 22.29 WIB

Berdasarkan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 14.30 - 15.29 WIB, 17.30 - 18.29 WIB, dan 21.30 - 22.29 WIB, didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.86 Perbandingan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem Jawa – Bali 500 kV pada jam 14.30 - 15.29 WIB, 17.30 - 18.29 WIB, dan 21.30 - 22.29 WIB

Pembangkit	Iterasi lambda komputasi serial	Iterasi lambda komputasi paralel
	Daya (MW)	Daya (MW)
Pembangkit 1 (Suralaya)	3400	3400
Pembangkit 3 (Cirata)	1220	1220
Pembangkit 4 (Tanjung Jati)	936	936
Pembangkit 5 (Paiton)	3254	3254

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 14.30 - 15.29 WIB, 17.30 - 18.29 WIB, dan 21.30 - 22.29 WIB didapatkan nilai daya yang sama.

4.40 Analisis Hasil Perhitungan pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 15.30, dan 16.30 WIB

Berdasarkan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 15.30 WIB, dan 16.30 WIB, didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.87 Perbandingan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem Jawa – Bali 500 kV pada jam 15.30, 16.30 WIB

Pembangkit	Iterasi lambda komputasi serial	Iterasi lambda komputasi paralel
	Daya (MW)	Daya (MW)
Pembangkit 1 (Suralaya)	3400	3400
Pembangkit 3 (Cirata)	1220	1220
Pembangkit 4 (Tanjung Jati)	883	883
Pembangkit 5 (Paiton)	3254	3254

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 15.30 WIB, dan 16.30 WIB didapatkan nilai daya yang sama.

4.41 Analisis Hasil Perhitungan pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 17.30 WIB

Berdasarkan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 17.30 WIB, didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.88 Perbandingan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem Jawa – Bali 500 kV pada jam 17.30 WIB

Pembangkit	Iterasi lambda komputasi serial	Iterasi lambda komputasi paralel
	Daya (MW)	Daya (MW)
Pembangkit 1 (Suralaya)	3400	3400
Pembangkit 3 (Cirata)	1220	1220
Pembangkit 4 (Tanjung Jati)	1050	1050
Pembangkit 5 (Paiton)	3254	3254
Pembangkit 6 (Grati)	724	724

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 17.30 WIB didapatkan nilai daya yang sama.

4.42 Analisis Hasil Perhitungan pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 18.30 - 19.29 WIB

Berdasarkan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 18.30 - 19.29 WIB, didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.89 Perbandingan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem Jawa – Bali 500 kV pada jam 18.30 - 19.29 WIB

Pembangkit	Iterasi lambda komputasi serial	Iterasi lambda komputasi paralel
	Daya (MW)	Daya (MW)
Pembangkit 1 (Suralaya)	3400	3400
Pembangkit 3 (Cirata)	1220	1220
Pembangkit 4 (Tanjung Jati)	1050	1050
Pembangkit 5 (Paiton)	3254	3254
Pembangkit 6 (Grati)	724	724

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 18.30 - 19.29 WIB didapatkan nilai daya yang sama.

4.43 Analisis Hasil Perhitungan pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 19.30 - 20.29 WIB

Berdasarkan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 19.30 - 20.29 WIB, didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.90 Perbandingan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem Jawa – Bali 500 kV pada jam 19.30 - 20.29 WIB

Pembangkit	Iterasi lambda komputasi serial	Iterasi lambda komputasi paralel
	Daya (MW)	Daya (MW)
Pembangkit 1 (Suralaya)	3400	3400
Pembangkit 3 (Cirata)	1220	1220
Pembangkit 4 (Tanjung Jati)	1050	1050
Pembangkit 5 (Paiton)	3254	3254
Pembangkit 6 (Grati)	733	733

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 19.30 - 20.29 WIB didapatkan nilai daya yang sama.

4.44 Analisis Hasil Perhitungan pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 20.30 - 21.29 WIB

Berdasarkan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 20.30 - 21.29 WIB, didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.91 Perbandingan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem Jawa – Bali 500 kV pada jam 20.30 - 21.29 WIB

Pembangkit	Iterasi lambda komputasi serial	Iterasi lambda komputasi paralel
	Daya (MW)	Daya (MW)
Pembangkit 1 (Suralaya)	3400	3400
Pembangkit 3 (Cirata)	1220	1220
Pembangkit 4 (Tanjung Jati)	1050	1050
Pembangkit 5 (Paiton)	3254	3254
Pembangkit 6 (Grati)	166	166

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 20.30 - 21.29 WIB didapatkan nilai daya yang sama.

4.45 Analisis Hasil Perhitungan pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 22.30 - 23.29 WIB

Berdasarkan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 22.30 - 23.29 WIB, didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.91 Perbandingan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem Jawa – Bali 500 kV pada jam 22.30 - 23.29 WIB

Pembangkit	Iterasi lambda komputasi serial	Iterasi lambda komputasi paralel
	Daya (MW)	Daya (MW)
Pembangkit 1 (Suralaya)	2767	2767
Pembangkit 3 (Cirata)	1220	1220
Pembangkit 5 (Paiton)	3254	3254

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 22.30 - 23.29 WIB didapatkan nilai daya yang sama.

4.46 Analisis Hasil Perhitungan pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 23.30 - 24.29 WIB

Berdasarkan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 23.30 - 24.29 WIB, didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.92 Perbandingan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem Jawa – Bali 500 kV pada jam 22.30 - 23.29 WIB

Pembangkit	Iterasi lambda komputasi serial	Iterasi lambda komputasi paralel
	Daya (MW)	Daya (MW)
Pembangkit 1 (Suralaya)	1879	1879
Pembangkit 3 (Cirata)	1220	1220
Pembangkit 5 (Paiton)	3254	3254

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 23.30 - 24.29 WIB didapatkan nilai daya yang sama.

4.47 Analisis Hasil Perhitungan pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 24.30 - 1.29 WIB

Berdasarkan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 24.30 - 1.29 WIB, didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.93 Perbandingan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem Jawa – Bali 500 kV pada jam 24.30 - 1.29 WIB

Pembangkit	Iterasi lambda komputasi serial	Iterasi lambda komputasi paralel
	Daya (MW)	Daya (MW)
Pembangkit 1 (Suralaya)	1500	1500
Pembangkit 3 (Cirata)	1220	1220
Pembangkit 5 (Paiton)	3254	2832

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada jam 24.30 - 1.29 WIB didapatkan nilai daya yang sama.

4.48 Penjadwalan jangka pendek sistem 500 kV Jawa – Bali menggunakan metode Iterasi Lambda

Karena hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel adalah sama, maka penjadwalan jangka pendek sistem 500 kV Jawa – Bali adalah sebagai berikut.

Tabel 4.94 Penjadwalan jangka pendek sistem 500 kV Jawa – Bali menggunakan metode iterasi lambda.

Jam (WIB)	Beban (MW)	Daya Pembangkit (MW)								Biaya pembangkitan (Rp/Jam)
		Surabaya	Cirata	Saguling	Muaratarwar	Tanjung Jati	Gresik	Paiton	Grati	
1.30 – 2.29	8350	2232	946	698	0	1220	0	3254	0	2.178.716.396
2.30 – 3.29	8179	2061	946	698	0	1220	0	3254	0	2.062.616.396
3.30 – 4.29	8138	2020	946	698	0	1220	0	3254	0	2.035.415.396
4.30 – 5.29	8138	2020	946	698	0	1220	0	3254	0	2.035.415.396
5.30 – 6.29	8304	2186	946	698	0	1220	0	3254	0	2.147.115.396
6.30 – 7.29	8128	2010	946	698	0	1220	0	3254	0	2.028.815.396
7.30 – 8.29	8138	2020	946	698	0	1220	0	3254	0	2.035.415.396
8.30 – 9.29	9248	3130	946	698	0	1220	0	3254	0	2.854.815.396
9.30 – 10.29	9237	2881	946	698	0	1220	238	3254	0	2.860.415.396
10.30 – 11.29	9337	3219	946	698	0	1220	0	3254	0	2.924.015.396
11.30 – 12.29	9320	3202	946	698	0	1220	0	3254	0	2.910.115.396
12.30 – 13.29	9318	3200	946	698	0	1220	0	3254	0	2.908.515.396
13.30 – 14.29	10361	3400	946	698	0	1220	843	3254	0	3.837.315.396
14.30 – 15.29	10454	3400	946	698	0	1220	936	3254	0	3.931.515.396
15.30 – 16.29	10401	3400	946	698	0	1220	883	3254	0	3.877.515.396
16.30 – 17.29	10401	3400	946	698	0	1220	883	3254	0	3.877.515.396
17.30 – 18.29	10454	3400	946	698	0	1220	936	3254	0	3.931.515.396
18.30 – 19.29	11292	3400	946	698	0	1220	1050	3254	724	5.868.015.396
19.30 – 20.29	11301	3400	946	698	0	1220	1050	3254	733	5.893.015.396
20.30 – 21.29	10734	3400	946	698	0	1220	1050	3254	166	4.484.115.396
21.30 – 22.29	10454	3400	946	698	0	1220	936	3254	0	3.931.515.396
22.30 – 23.29	8885	2767	946	698	0	1220	0	3254	0	2.566.815.396
23.30 – 24.29	7997	1879	946	698	0	1220	0	3254	0	1.943.315.396
24.30 – 1.29	7196	1500	946	698	0	1220	0	2832	0	1.559.115.396

Sumber: Hasil Perhitungan

4.49 Waktu Perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel data IEEE 30 Bus

Waktu perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel pada penelitian ini dilakukan dengan mengambil nilai rata – rata dari 10 pengujian.

Waktu perhitungan iterasi lambda komputasi serial data IEEE 30 Bus ditunjukkan pada tabel 4.95.

Tabel 4.95 Waktu perhitungan iterasi lambda komputasi serial data IEEE 30 Bus.

Pengujian ke	Waktu perhitungan iterasi lambda (detik)
1	0,0249
2	0,0137
3	0,0142
4	0,0169
5	0,0193
6	0,0146
7	0,0172
8	0,015
9	0,0164
10	0,0184

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan pada tabel 4.95 maka waktu rata – rata perhitungan iterasi lambda komputasi serial adalah 0,01706 detik

Waktu perhitungan iterasi lambda komputasi paralel data IEEE 30 Bus ditunjukkan pada tabel 4.96

Tabel 4.96 Waktu perhitungan iterasi lambda komputasi paralel data IEEE 30 Bus.

Pengujian ke	Waktu perhitungan iterasi lambda (detik)
1	0,0068
2	0,0071
3	0,0079
4	0,0073
5	0,0096
6	0,0082

Pengujian ke	Waktu perhitungan iterasi lambda (detik)
7	0,0081
8	0,0079
9	0,0084
10	0,0071

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan pada tabel 4.96 maka waktu rata – rata perhitungan iterasi lambda komputasi paralel adalah 0,00784 detik

4.50 Waktu Perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel sistem 500 kV Jawa – Bali .

Perbandingan waktu rata – rata perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel sistem 500 kV Jawa – Bali ditunjukkan pada tabel 4.76.

Tabel 4.97 Perbandingan waktu rata – rata perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel.

Jam (WIB)	Beban (MW)	Kombinasi						waktu perhitungan Iterasi Lambda (detik)	
		U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	Serial	Paralel
1.30 – 2.29	8350	1	0	1	0	1	0	0.0204	0.0258
2.30 – 3.29	8179	1	0	1	0	1	0	0.0186	0.0291
3.30 – 4.29	8138	1	0	1	0	1	0	0.0190	0.0285
4.30 – 5.29	8138	1	0	1	0	1	0	0.0190	0.0285
5.30 – 6.29	8304	1	0	1	0	1	0	0.0182	0.0275
6.30 – 7.29	8128	1	0	1	0	1	0	0.0198	0.0273
7.30 – 8.29	8138	1	0	1	0	1	0	0.0194	0.0263
8.30 – 9.29	9248	1	0	1	0	1	0	0.0194	0.0239
9.30 – 10.29	9237	1	0	1	1	1	0	0.0213	0.0265
10.30 – 11.29	9337	1	0	1	0	1	0	0.0215	0.0239
11.30 – 12.29	9320	1	0	1	0	1	0	0.0219	0.0233
12.30 – 13.29	9318	1	0	1	0	1	0	0.0212	0.0237
13.30 – 14.29	10361	1	0	1	1	1	0	0.0218	0.0497
14.30 – 15.29	10454	1	0	1	1	1	0	0.0240	0.0532
15.30 – 16.29	10401	1	0	1	1	1	0	0.0232	0.0489
16.30 – 17.29	10401	1	0	1	1	1	0	0.0232	0.0489

Jam (WIB)	Beban (MW)	Kombinasi						waktu perhitungan Iterasi Lambda (detik)	
		U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	Serial	Paralel
17.30 – 18.29	10454	1	0	1	1	1	0	0.0240	0.0532
18.30 – 19.29	11292	1	0	1	1	1	1	0.0391	0.3634
19.30 – 20.29	11301	1	0	1	1	1	1	0.0335	0.3613
20.30 – 21.29	10734	1	0	1	1	1	1	0.0949	1.1118
21.30 – 22.29	10454	1	0	1	1	1	0	0.0240	0.0532
22.30 – 23.29	8885	1	0	1	0	1	0	0.0208	0.0243
23.30 – 24.29	7997	1	0	1	0	1	0	0.0197	0.0274
24.30 – 1.29	7196	1	0	1	0	1	0	0.0192	0.0179

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan pada table 4.97 waktu rata – rata perhitungan iterasi lambda komputasi serial membutuhkan waktu lebih cepat daripada komputasi paralel.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan pada analisis hasil perhitungan, hasil perhitungan iterasi lambda komputasi serial dan paralel menghasilkan nilai daya yang sama.
2. Pada data IEEE 30 Bus biaya total bahan bakar minimum terdapat pada kombinasi 1-1-1-1-1 yaitu sebesar \$767.6023/Jam. Sedangkan pada sistem 500 kV Jawa – Bali biaya total bahan bakar minimum adalah sebagai berikut:
 - Pada jam 1.30 - 2.29 WIB sebesar Rp2.169.200.000/Jam.
 - Pada jam 2.30 - 3.29 WIB sebesar Rp2.053.100.000/Jam.
 - Pada jam 3.30 - 4.29 WIB dan 4.30 - 5.29 WIB sebesar Rp2.025.900.000/Jam.
 - Pada jam 5.30 - 6.29 WIB sebesar Rp2.137.600.000/Jam.
 - Pada jam 6.30 - 7.29 WIB sebesar Rp2.019.300.000/Jam.
 - Pada jam 7.30 - 8.29 WIB sebesar Rp2.025.900.000/Jam
 - Pada jam 8.30 - 9.29 WIB sebesar Rp2.845.300.000/Jam.
 - Pada jam 9.30 - 10.29 WIB sebesar Rp2.850.900.000/Jam.
 - Pada jam 10.30 - 11.29 WIB sebesar Rp2.914.500.000/Jam.
 - Pada jam 11.30 - 12.29 WIB sebesar Rp2.900.600.000/Jam.
 - Pada jam 12.30 - 13.29 WIB sebesar Rp2.899.000.000/Jam.
 - Pada jam 13.30 - 14.29 WIB sebesar Rp3.827.800.000/Jam.
 - Pada jam 14.30 - 15.29 WIB, 17.30 - 18.29 WIB, dan 21.30 - 22.29 WIB sebesar Rp3.922.000.000/Jam.
 - Pada jam 15.30 - 16.29 WIB dan 16.30 - 17.29 WIB sebesar Rp3.868.000.000/Jam.
 - Pada jam 18.30 - 19.29 WIB sebesar Rp5.858.500.000/Jam.
 - Pada jam 19.30 - 20.29 WIB sebesar Rp5.858.500.000/Jam.
 - Pada jam 20.30 - 21.29 WIB sebesar Rp4.474.600.000/Jam.

- Pada jam 22.30 - 23.29 WIB sebesar Rp2.557.300.000/Jam.
 - Pada jam 23.30 - 24.29 WIB sebesar Rp1.933.800.000/Jam.
 - Pada jam 24.30 - 1.29 WIB sebesar Rp1.549.600.000/Jam.
3. Waktu perhitungan iterasi lambda komputasi paralel pada data IEEE 30 bus membutuhkan waktu yang lebih cepat daripada perhitungan komputasi serial. Waktu perhitungan iterasi lambda komputasi paralel adalah 0,00784 detik, sedangkan waktu perhitungan iterasi lambda komputasi serial adalah 0,01706 detik. Sedangkan pada perhitungan iterasi lambda komputasi paralel pada sistem 500 kV Jawa – Bali membutuhkan waktu lebih lama daripada komputasi serial. Hal ini dipengaruhi oleh jumlah pembangkit yang dihitung lebih sedikit daripada data IEEE 30 Bus.

5.2 Saran

Saran yang dapat digunakan untuk mengembangkan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan operasi ekonomis pada penelitian ini dilakukan dengan mengabaikan rugi – rugi transmisi pada sistem. Sehingga untuk mengembangkan penelitian ini dapat dilakukan dengan memperhitungkan rugi – rugi transmisi pada sistem.
2. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan menggunakan jumlah core prosesor yang lebih banyak.
3. Penelitian ini perlu dikembangkan dengan menggunakan sistem dengan jumlah pembangkit yang lebih banyak.
4. Perhitungan operasi ekonomis komputasi paralel dapat dilakukan dengan menggunakan metode – metode operasi ekonomis yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, Michael and Wilkinson, Barry. 2010. *Paralel programming : teknik dan aplikasi menggunakan jaringan workstation and komputer paralel*. Pearson education, Inc, Upper Saddle River, New Jersey
- Cekdin, Cekmas. 2010. *Sistem Tenaga listrik Contoh Soal dan Penyelesaiannya menggunakan Matlab*. Yogyakarta : Andi Publisher.
- Harisi, M. Izzat. 2012. Skripsi : *Analisis Aliran Daya dengan Komputasi Paralel*. Tidak diterbitkan
- Khrisnamurthy, A., Samsi, S., and Gadepally, V. 2009. *Paralel Matlab techniques*. USA : Ohio Supercomputer Center and Ohio State University.
- Marsudi, Djiteng. 2006. *Operasi Sistem Daya Listrik*. Jakarta: Erlangga
- Muharnis. 2011. Thesis : *Penjadwalan jangka pendek sistem 500 kV Jawa – Bali menggunakan metode Improved Particle Swarm Optimization*. Tidak diterbitkan
- Ogi, Dion. 2010. *Studi Kinerja algoritma Paralel dengan MPICH2 dan Cilk pada prosesor Multicore*. Jakarta : Jurusan Teknik Elektro Universitas Indonesia
- Shidiq, Mahfudz. 2004. *Diktat Kuliah Operasi Sistem Daya Elektrik*. Malang : Universitas Brawijaya.
- Siregar, Y., Soeprijanto, A., and Purnomo, M. H. 2009. *Pemodelan Paralel Load Flow untuk Sistem Tenaga Listrik*. Surabaya : Jurusan teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh November.
- Stevenson, William D. 1984. *Analisis Sistem Tenaga Listrik Edisi Empat*. Jakarta: Erlangga
- Widianto, E. D. 2012. *Pengolahan Paralel*. Semarang : Teknik Sistem Komputer Universitas Diponegoro.
- Wollenberg, Bruce F, dan Allen J. Wood. 1996. *Power Generation Operation and Control second edition*. New York : John Wiley and Son Inc.
- Zhu, Jizhong. 2009. *Optimization of Power System Operation*. New Jersey : John Wiley and Son Inc.

Lampiran I Listing Program Iterasi Lambda data IEEE 30 Bus

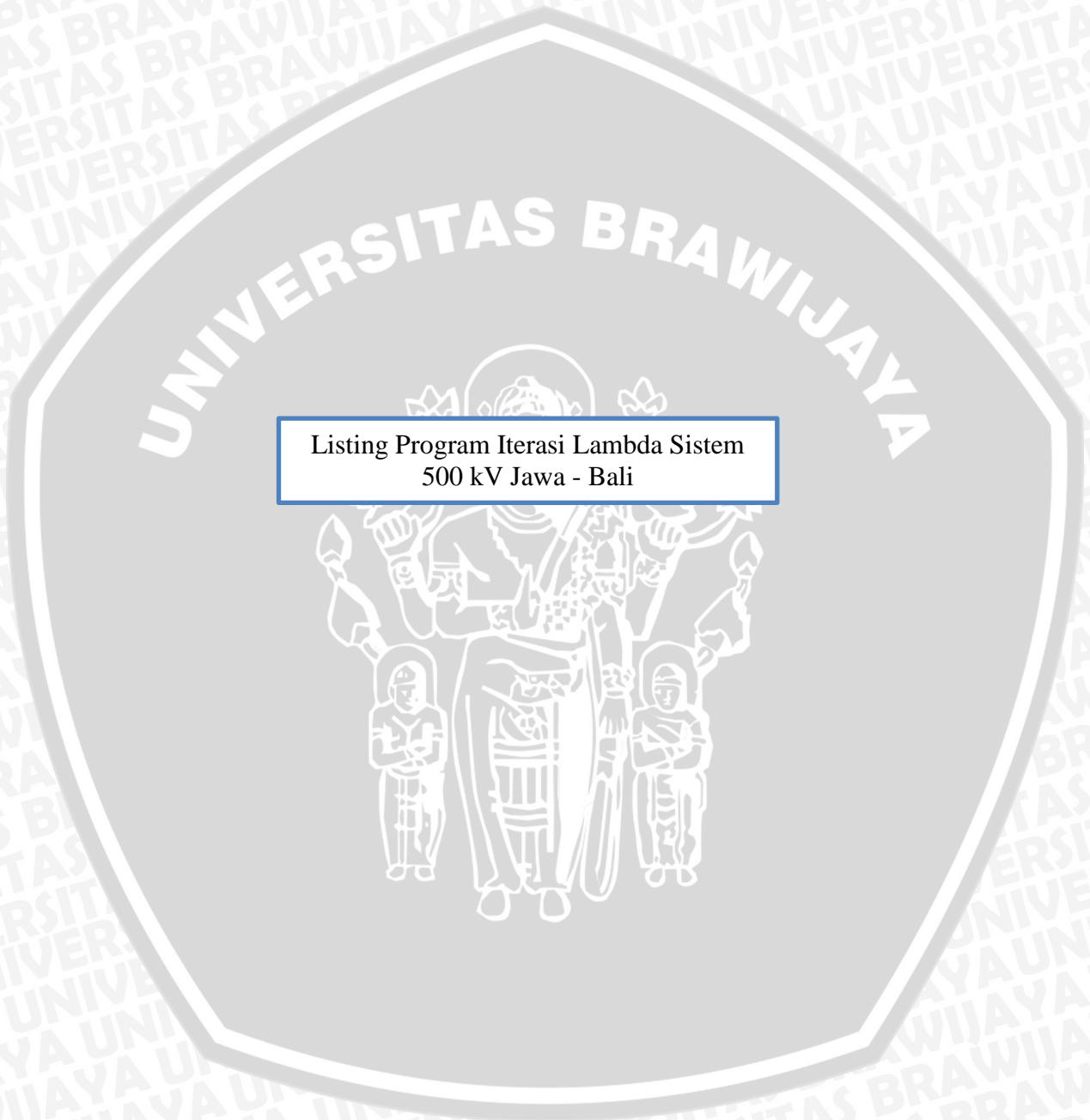


**Listing Program Iterasi
Lambda data IEEE 30 Bus**





Lampiran II Listing Program Iterasi Lambda Sistem 500 kV Jawa – Bali



Listing Program Iterasi Lambda Sistem
500 kV Jawa - Bali

