

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERNYATAAN.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR SINGKATAN	xx
Intisari	xxi
<i>Abstract</i>	xxii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Perencanaan Pengembangan Pembangkit	5
2.2 OSeMOSYS	6
2.2.1 Optimasi Perencanaan Pengembangan Pembangkit pada OSeMOSYS.....	8
2.3 Biaya Pokok Penyediaan (BPP) Listrik	10
2.3.1 BPP Pembangkitan	10
2.4 Biaya Produksi Energi.....	11

2.4.1 Biaya Kapital	11
2.4.2 Biaya O&M Tetap	12
2.4.3 Biaya O&M Variabel	12
2.4.4 Biaya Bahan Bakar	12
2.5 Emisi Karbon Dioksida (CO ₂)	13
2.5.1 Pembatasan Emisi CO ₂	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	14
3.1 Diagram Alir Penelitian	14
3.2 Sumber Data.....	16
3.2.1 Kebutuhan Energi dan Susut Saluran	16
3.2.2 Kebutuhan Beban Puncak	17
3.2.3 Data Pembangkit.....	17
3.2.4 Data Kapasitas Terpasang.....	18
3.2.5 Parameter Biaya Pembangkitan	19
3.2.6 Harga Bahan Bakar	20
3.2.7 Data Keuangan.....	20
3.2.8 Faktor Emisi CO ₂	20
3.3 Program Bantu Analisis	20
3.3.1 LEAP	21
3.3.2 Microsoft Excel.....	21
3.4 Skenario Pemodelan.....	21
3.4.1 Pemodelan RUPTL	22
3.4.2 Optimasi tanpa Pembatasan Emisi.....	22
3.4.3 Optimasi dengan Pembatasan Emisi	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Skenario-1 : Pemodelan RUPTL.....	23
4.1.1 Kapasitas Terpasang Skenario-1	23
4.1.2 <i>Reserve Margin</i> Skenario-1	25
4.1.3 Bauran Energi Skenario-1	26

4.1.4 Biaya Pembangkitan Skenario-1	28
4.1.4.1 Biaya Operasi dan Pemeliharaan Skenario-1	28
4.1.4.2 Biaya Kapital Skenario-1	30
4.1.4.3 Biaya Produksi Energi Skenario-1	31
4.1.4.4 BPP Pembangkitan Skenario-1	32
4.1.5 Jumlah Emisi CO ₂ Skenario-1	34
4.2 Pengaruh Variasi <i>Energy Demand</i> terhadap BPP Pembangkitan Skenario-1	36
4.3 Pengaruh Variasi Tingkat Suku Bunga terhadap BPP Pembangkitan	
Skenario-1	38
4.4 Analisis Sensitivitas Harga Bahan Bakar Skenario-1	40
4.4.1 Sensitivitas Harga Batubara Skenario-1	40
4.4.1.1 Harga Proyeksi Batubara +10%	40
4.4.1.2 Harga Proyeksi Batubara -10%	41
4.4.1.3 Harga Proyeksi Batubara +20%	42
4.4.1.4 Harga Proyeksi Batubara -20%	43
4.4.2 Sensitivitas Harga BBM Skenario-1	45
4.4.2.1 Harga Proyeksi BBM +10%	45
4.4.2.2 Harga Proyeksi BBM -10%	46
4.4.2.3 Harga Proyeksi BBM +20%	47
4.4.2.4 Harga Proyeksi BBM -20%	48
4.4.3 Sensitivitas Harga Gas Alam Skenario-1	49
4.4.3.1 Harga Proyeksi Gas Alam +10%	49
4.4.3.2 Harga Proyeksi Gas Alam -10%	50
4.4.3.3 Harga Proyeksi Gas Alam +20%	51
4.4.3.4 Harga Proyeksi Gas Alam -20%	53
4.4.4 Perbandingan BPP Pembangkitan Analisis Sensitivitas Harga Bahan	
Bakar Skenario-1	54
4.5 Skenario-2 : Optimasi tanpa Pembatasan Emisi	56

4.5.1 Kapasitas Terpasang Skenario-2.....	56
4.5.2 <i>Reserve Margin</i> Skenario-2	58
4.5.3 Bauran Energi Skenario-2.....	59
4.5.4 Biaya Pembangkitan Skenario-2.....	62
4.5.4.1 Biaya Operasi dan Pemeliharaan Skenario-2.....	62
4.5.4.2 Biaya Kapital Skenario-2	63
4.5.4.3 Biaya Produksi Energi Skenario-2	65
4.5.4.4 BPP Pembangkitan Skenario-2	66
4.5.5 Jumlah Emisi CO ₂ Skenario-2	69
4.6 Pengaruh Variasi <i>Energy Demand</i> terhadap BPP Pembangkitan Skenario-2	71
4.7 Pengaruh Variasi Tingkat Suku Bunga terhadap BPP Pembangkitan Skenario-2.....	73
4.8 Analisis Sensitivitas Harga Bahan Bakar Skenario-2	75
4.8.1 Sensitivitas Harga Batubara Skenario-2	75
4.8.1.1 Harga Proyeksi Batubara +10%	75
4.8.1.2 Harga Proyeksi Batubara -10%	76
4.8.1.3 Harga Proyeksi Batubara +20%	77
4.8.1.4 Harga Proyeksi Batubara -20%	78
4.8.2 Sensitivitas Harga BBM Skenario-2.....	80
4.8.2.1 Harga Proyeksi BBM +10%	80
4.8.2.2 Harga Proyeksi BBM -10%	81
4.8.2.3 Harga Proyeksi BBM +20%	82
4.8.2.4 Harga Proyeksi BBM -20%	83
4.8.3 Sensitivitas Harga Gas Alam Skenario-2.....	84
4.8.3.1 Harga Proyeksi Gas Alam +10%	84
4.8.3.2 Harga Proyeksi Gas Alam -10%	85
4.8.3.3 Harga Proyeksi Gas Alam +20%	86
4.8.3.4 Harga Proyeksi Gas Alam -20%	88

4.8.4 Perbandingan BPP Pembangkitan Analisis Sensitivitas Harga Bahan Bakar Skenario-2	89
4.9 Pengaruh Variasi <i>Reserve Margin</i> Skenario-2	91
4.10 Skenario-3 : Optimasi dengan Pembatasan Emisi	94
4.10.1 Kapasitas Terpasang Skenario-3	94
4.10.2 <i>Reserve Margin</i> Skenario-3	96
4.10.3 Bauran Energi Skenario-3	97
4.10.4 Biaya Pembangkitan Skenario-3	99
4.10.4.1 Biaya Operasi dan Pemeliharaan Skenario-3	99
4.10.4.2 Biaya Kapital Skenario-3	101
4.10.4.3 Biaya Produksi Energi Skenario-3	102
4.10.4.4 BPP Pembangkitan Skenario-3	104
4.10.5 Jumlah Emisi CO ₂ Skenario-3	106
4.11 Pengaruh Pembatasan Emisi	109
4.11.1 Pengaruh Pembatasan Emisi terhadap Porsi Bauran EBT	109
4.11.2 Pengaruh Pembatasan Emisi terhadap BPP Pembangkitan	109
4.12 Perbandingan BPP Pembangkitan Antar Skenario	110
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	114
5.1 Kesimpulan	114
5.2 Saran	114
DAFTAR PUSTAKA	115
LAMPIRAN	119

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Kebutuhan Energi dan Susut Saluran.....	16
Tabel 3.2 Kebutuhan Beban Puncak.	17
Tabel 3.3 Data Pembangkit.	18
Tabel 3.4 Komposisi Bahan Bakar PLTMG dan PLTG.	18
Tabel 3.5 Data Kapasitas Terpasang.	19
Tabel 3.6 Parameter Biaya Pembangkitan.	19
Tabel 3.7 Harga Bahan Bakar.	20
Tabel 3.8 Faktor Emisi CO ₂	20
Tabel 4.1 Kapasitas Terpasang Skenario-1.....	24
Tabel 4.2 Bauran Energi Skenario-1.....	26
Tabel 4.3 Biaya Operasi dan Pemeliharaan Skenario-1.....	29
Tabel 4.4 Biaya Kapital Skenario-1.....	30
Tabel 4.5 Biaya Produksi Energi Skenario-1.....	31
Tabel 4.6 BPP Pembangkitan Skenario-1 (c\$/kWh).....	33
Tabel 4.7 BPP Pembangkitan Skenario-1 (Rp/kWh).....	33
Tabel 4.8 Variasi Pertumbuhan <i>Energy Demand</i>	36
Tabel 4.9 BPP Pembangkitan Skenario-1 (Harga Proyeksi Batubara +10%).....	40
Tabel 4.10 BPP Pembangkitan Skenario-1 (Harga Proyeksi Batubara -10%).....	41
Tabel 4.11 BPP Pembangkitan Skenario-1 (Harga Proyeksi Batubara +20%).....	43
Tabel 4.12 BPP Pembangkitan Skenario-1 (Harga Proyeksi Batubara -20%).....	44
Tabel 4.13 BPP Pembangkitan Skenario-1 (Harga Proyeksi BBM +10%).	45
Tabel 4.14 BPP Pembangkitan Skenario-1 (Harga Proyeksi BBM -10%).	46
Tabel 4.15 BPP Pembangkitan Skenario-1 (Harga Proyeksi BBM +20%).....	47

Tabel 4.16 BPP Pembangkitan Skenario-1 (Harga Proyeksi BBM -20%).	48
Tabel 4.17 BPP Pembangkitan Skenario-1 (Harga Proyeksi Gas Alam +10%)...	49
Tabel 4.18 BPP Pembangkitan Skenario-1 (Harga Proyeksi Gas Alam -10%)...	51
Tabel 4.19 BPP Pembangkitan Skenario-1 (Harga Proyeksi Gas Alam +20%)...	52
Tabel 4.20 BPP Pembangkitan Skenario-1 (Harga Proyeksi Gas Alam -20%)...	53
Tabel 4.21 Kapasitas Terpasang Skenario-2.	56
Tabel 4.22 Keterangan Percepatan Pembangkit Skenario-2.	58
Tabel 4.23 Bauran Energi Skenario-2.	60
Tabel 4.24 Biaya Operasi dan Pemeliharaan Skenario-2.	62
Tabel 4.25 Biaya Kapital Skenario-2.	64
Tabel 4.26 Biaya Produksi Energi Skenario-2.	65
Tabel 4.27 BPP Pembangkitan Skenario-2 (\$/kWh).	67
Tabel 4.28 BPP Pembangkitan Skenario-2 (Rp/kWh).	67
Tabel 4.29 Selisih Jumlah Emisi CO ₂ Skenario-2 terhadap Skenario-1.	70
Tabel 4.30 BPP Pembangkitan Skenario-2 (Harga Proyeksi Batubara +10%)...	75
Tabel 4.31 BPP Pembangkitan Skenario-2 (Harga Proyeksi Batubara -10%)...	76
Tabel 4.32 BPP Pembangkitan Skenario-2 (Harga Proyeksi Batubara +20%)...	78
Tabel 4.33 BPP Pembangkitan Skenario-2 (Harga Proyeksi Batubara -20%)...	79
Tabel 4.34 BPP Pembangkitan Skenario-2 (Harga Proyeksi BBM +10%).	80
Tabel 4.35 BPP Pembangkitan Skenario-2 (Harga Proyeksi BBM -10%).	81
Tabel 4.36 BPP Pembangkitan Skenario-2 (Harga Proyeksi BBM +20%).	82
Tabel 4.37 BPP Pembangkitan Skenario-2 (Harga Proyeksi BBM -20%).	83
Tabel 4.38 BPP Pembangkitan Skenario-2 (Harga Proyeksi Gas Alam +10%)...	84
Tabel 4.39 BPP Pembangkitan Skenario-2 (Harga Proyeksi Gas Alam -10%)...	86
Tabel 4.40 BPP Pembangkitan Skenario-2 (Harga Proyeksi Gas Alam +20%)...	87

Tabel 4.41 BPP Pembangkitan Skenario-2 (Harga Proyeksi Gas Alam -20%)....	88
Tabel 4.42 Pengaruh Variasi <i>Reserve Margin</i> terhadap BPP Pembangkitan (c\$/kWh) Skenario-2.....	92
Tabel 4.43 Pengaruh Variasi <i>Reserve Margin</i> terhadap BPP Pembangkitan (Rp/kWh) Skenario-2.....	92
Tabel 4.44 Keterangan Percepatan Pembangkit Skenario-3.....	94
Tabel 4.45 Kapasitas Terpasang Skenario-3.....	95
Tabel 4.46 Bauran Energi Skenario-3.....	97
Tabel 4.47 Biaya Operasi dan Pemeliharaan Skenario-3.....	100
Tabel 4.48 Biaya Kapital Skenario-3.....	101
Tabel 4.49 Biaya Produksi Energi Skenario-3.....	102
Tabel 4.50 BPP Pembangkitan Skenario-3 (\$/kWh).....	104
Tabel 4.51 BPP Pembangkitan Skenario-3 (Rp/kWh).....	105
Tabel 4.52 Selisih Jumlah Emisi CO ₂ Skenario-3 terhadap Skenario-1.....	108
Tabel 4.53 Rata-rata BPP Pembangkitan Seluruh Skenario.....	111

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Perencanaan Pengembangan Pembangkit.	6
Gambar 2.2 Blok OSeMOSYS.	7
Gambar 2.3 Skema Penentuan Titik Optimal OSeMOSYS.....	10
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.	15
Gambar 4.1 Kapasitas Terpasang Skenario-1.	25
Gambar 4.2 <i>Reserve Margin</i> Skenario-1.....	25
Gambar 4.3 Bauran Energi Skenario-1 Berdasarkan Jenis Pembangkit.	27
Gambar 4.4 Bauran Energi Skenario-1 Berdasarkan Jenis Bahan Bakar.	27
Gambar 4.5 Biaya Operasi dan Pemeliharaan Skenario-1.	29
Gambar 4.6 Biaya Kapital Skenario-1.	31
Gambar 4.7 Biaya Produksi Skenario-1.....	32
Gambar 4.8 BPP Pembangkitan Skenario-1.	34
Gambar 4.9 Jumlah Emisi CO ₂ Skenario-1.	35
Gambar 4.10 Bauran Emisi CO ₂ Skenario-1 Berdasarkan Jenis Pembangkit.	35
Gambar 4.11 Pengaruh Variasi <i>Energy Demand</i> terhadap BPP Pembangkitan Skenario-1.	37
Gambar 4.12 Hubungan <i>Energy Demand</i> dan BPP Pembangkitan Rata-Rata Tahun 2016-2025 Skenario-1.....	37
Gambar 4.13 Pengaruh Variasi Tingkat Suku Bunga terhadap BPP Pembangkitan Skenario-1.	39
Gambar 4.14 Hubungan Tingkat Suku Bunga dan BPP Pembangkitan Rata-Rata Tahun 2016-2025 Skenario-1.....	39
Gambar 4.15 BPP Pembangkitan Skenario-1 (Harga Proyeksi Batubara +10%).	41
Gambar 4.16 BPP Pembangkitan Skenario-1 (Harga Proyeksi Batubara -10%)..	42
Gambar 4.17 BPP Pembangkitan Skenario-1 (Harga Proyeksi Batubara +20%).	43

Gambar 4.18 BPP Pembangkitan Skenario-1 (Harga Proyeksi Batubara -20%)..	44
Gambar 4.19 BPP Pembangkitan Skenario-1 (Harga Proyeksi BBM +10%).	45
Gambar 4.20 BPP Pembangkitan Skenario-1 (Harga Proyeksi BBM -10%).	46
Gambar 4.21 BPP Pembangkitan Skenario-1 (Harga Proyeksi BBM +20%).	47
Gambar 4.22 BPP Pembangkitan Skenario-1 (Harga Proyeksi BBM -20%).	49
Gambar 4.23 BPP Pembangkitan Skenario-1 (Harga Proyeksi Gas Alam +10%).	50
Gambar 4.24 BPP Pembangkitan Skenario-1 (Harga Proyeksi Gas Alam -10%).	51
Gambar 4.25 BPP Pembangkitan Skenario-1 (Harga Proyeksi Gas Alam +20%).	52
Gambar 4.26 BPP Pembangkitan Skenario-1 (Harga Proyeksi Gas Alam -20%).	53
Gambar 4.27 Pengaruh Perubahan Harga Proyeksi Bahan Bakar terhadap BPP Pembangkitan Rata-Rata Tahun 2016-2025 Skenario-1.	54
Gambar 4.28 Kapasitas Terpasang Skenario-2.	57
Gambar 4.29 Selisih Kapasitas Terpasang Skenario-2 terhadap Skenario-1.	58
Gambar 4.30 <i>Reserve Margin</i> Skenario-2.	59
Gambar 4.31 Bauran Energi Skenario-2 Berdasarkan Jenis Pembangkit.	61
Gambar 4.32 Bauran Energi Skenario-2 Berdasarkan Jenis Bahan Bakar.	61
Gambar 4.33 Biaya Operasi dan Pemeliharaan Skenario-2.	63
Gambar 4.34 Biaya Kapital Skenario-2.	64
Gambar 4.35 Biaya Produksi Energi Skenario-2.	66
Gambar 4.36 Perbandingan Biaya Produksi Energi Skenario-1 dan Skenario-2.	66
Gambar 4.37 BPP Pembangkitan Skenario-2.	68
Gambar 4.38 Perbandingan BPP Pembangkitan Skenario-1 dan Skenario-2.	68
Gambar 4.39 Jumlah Emisi CO ₂ Skenario-2.	69
Gambar 4.40 Bauran Emisi CO ₂ Skenario-2 Berdasarkan Jenis Pembangkit.	69

Gambar 4.41 Perbandingan Jumlah Emisi CO ₂ Skenario-1 dan Skenario-2.	70
Gambar 4.42 Pengaruh Variasi <i>Energy Demand</i> terhadap BPP Pembangkitan Skenario-2.	72
Gambar 4.43 Hubungan <i>Energy Demand</i> dan BPP Pembangkitan Rata-Rata Tahun 2016-2025 Skenario-2.	72
Gambar 4.44 Pengaruh Variasi Tingkat Suku Bunga terhadap BPP Pembangkitan Skenario-2.	74
Gambar 4.45 Hubungan Tingkat Suku Bunga dan BPP Pembangkitan Rata-Rata Tahun 2016-2025 Skenario-2.	74
Gambar 4.46 BPP Pembangkitan Skenario-2 (Harga Proyeksi Batubara +10%).	76
Gambar 4.47 BPP Pembangkitan Skenario-2 (Harga Proyeksi Batubara -10%)..	77
Gambar 4.48 BPP Pembangkitan Skenario-2 (Harga Proyeksi Batubara +20%).	78
Gambar 4.49 BPP Pembangkitan Skenario-2 (Harga Proyeksi Batubara -20%)..	79
Gambar 4.50 BPP Pembangkitan Skenario-2 (Harga Proyeksi BBM +10%).	80
Gambar 4.51 BPP Pembangkitan Skenario-2 (Harga Proyeksi BBM -10%).	82
Gambar 4.52 BPP Pembangkitan Skenario-2 (Harga Proyeksi BBM +20%).	83
Gambar 4.53 BPP Pembangkitan Skenario-2 (Harga Proyeksi BBM -20%).	84
Gambar 4.54 BPP Pembangkitan Skenario-2 (Harga Proyeksi Gas Alam +10%).	85
Gambar 4.55 BPP Pembangkitan Skenario-2 (Harga Proyeksi Gas Alam -10%).	86
Gambar 4.56 BPP Pembangkitan Skenario-2 (Harga Proyeksi Gas Alam +20%).	87
Gambar 4.57 BPP Pembangkitan Skenario-2 (Harga Proyeksi Gas Alam -20%).	88
Gambar 4.58 Pengaruh Perubahan Harga Proyeksi Bahan Bakar terhadap BPP Pembangkitan Rata-Rata Tahun 2016-2025 Skenario-2.	89
Gambar 4.59 Nilai <i>Reserve Margin</i> Aktual.	91
Gambar 4.60 Pengaruh Variasi <i>Reserve Margin</i> terhadap BPP Pembangkitan Skenario-2.	93

Gambar 4.61 Hubungan <i>Reserve Margin</i> dan BPP Pembangkitan Rata-Rata Tahun 2016-2025 Skenario-2.....	93
Gambar 4.62 Kapasitas Terpasang Skenario-3.	96
Gambar 4.63 <i>Reserve Margin</i> Skenario-3.....	96
Gambar 4.64 Bauran Energi Skenario-3 Berdasarkan Jenis Pembangkit.	98
Gambar 4.65 Bauran Energi Skenario-3 Berdasarkan Jenis Bahan Bakar.	98
Gambar 4.66 Biaya Operasi dan Pemeliharaan Skenario-3.	100
Gambar 4.67 Biaya Kapital Skenario-3.	102
Gambar 4.68 Biaya Produksi Energi Skenario-3.	103
Gambar 4.69 Perbandingan Biaya Produksi Energi Skenario-1 dan Skenario-3.	103
Gambar 4.70 BPP Pembangkitan Skenario-3.	105
Gambar 4.71 Perbandingan BPP Pembangkitan Skenario-1 dan Skenario-3.	106
Gambar 4.72 Jumlah Emisi CO ₂ Skenario-3.	106
Gambar 4.73 Bauran Emisi CO ₂ Skenario-3 Berdasarkan Jenis Pembangkit. ...	107
Gambar 4.74 Perbandingan Jumlah Emisi CO ₂ Skenario-1 dan Skenario-3.	107
Gambar 4.75 Pengaruh Pembatasan Emisi terhadap Porsi Bauran EBT.	109
Gambar 4.76 Pengaruh Pembatasan Emisi terhadap BPP Pembangkitan.....	110
Gambar 4.77 Perbandingan BPP Pembangkitan dengan Tingkat Suku Bunga 5%.	111
Gambar 4.78 Perbandingan BPP Pembangkitan dengan Tingkat Suku Bunga 7,5%.	112
Gambar 4.79 Perbandingan BPP Pembangkitan dengan Tingkat Suku Bunga 10%.	112
Gambar 4.80 Perbandingan BPP Pembangkitan dengan Tingkat Suku Bunga 12,5%.	113
Gambar 4.81 Perbandingan BPP Pembangkitan dengan Tingkat Suku Bunga 15%.	113

DAFTAR SINGKATAN

B

BBG	Bahan Bakar Gas
BBM	Bahan Bakar Minyak
BPP	Biaya Pokok Penyediaan

C

CRF	<i>Capital Recovery Factor</i>
-----	--------------------------------

E

EBT	Energi Baru dan Terbarukan
-----	----------------------------

F

FTP	<i>Fast Track Program</i>
-----	---------------------------

G

GRK	Gas Rumah Kaca
-----	----------------

L

LEAP	<i>Long-range Energy Alternative Planning system</i>
------	--

O

OSeMOSYS	<i>Open Source Energy Modelling System</i>
----------	--

P

PLN	Perusahaan Listrik Negara
PLTA	Pembangkit Listrik Tenaga Air
PLTB	Pembangkit Listrik Tenaga Bayu
PLTD	Pembangkit Listrik Tenaga Diesel
PLTG	Pembangkit Listrik Tenaga Gas
PLTGU	Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap
PLTM	Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro
PLTMG	Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas
PLTP	Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi
PLTS	Pembangkit Listrik Tenaga Surya
PLTU	Pembangkit Listrik Tenaga Uap
PS	<i>Pumped Storage</i>

R

RUPTL	Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik
-------	---