

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERNYATAAN.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xv
Intisari .....	xviii
Abstract .....	xix
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	4
1.5 Sistematika Penulisan .....	5
<b>BAB II LANDASAN TEORI.....</b>	<b>6</b>
2.1 Perencanaan Pembangkitan .....	6
2.2 Kondisi Pembangkitan Wilayah Sulawesi.....	7
2.3 Potensi Energi di Sulawesi.....	12
2.3.1 Panas Bumi .....	12
2.3.2 Potensi Tenaga Air dan Mikro Hidro .....	13
2.3.3 Potensi Bayu .....	14
2.4 OSeMOSYS.....	14
2.4.1 Integrasi OSeMOSYS-LEAP .....	16
2.4.2 Fungsi Objektif pada Optimisasi .....	17
2.4.3 Kekangan pada Model Optimisasi .....	18
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>20</b>
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	20
3.2 Sumber Data.....	22
3.2.1 Data Energi Terpakai dan <i>Losses</i> di Sulawesi .....	22
3.2.2 Data Kapasitas Terpasang.....	24

3.2.3 Data Pembangkit.....	24
3.2.4 Harga Bahan Bakar.....	26
3.2.5 Nilai Tukar Keuangan.....	26
3.2.6 Faktor Emisi CO <sub>2</sub> .....	26
3.3 Alat yang Digunakan .....	26
3.4 Skenario Perencanaan Pembangkit .....	27
3.4.1 <i>Business as Usual</i> (BAU) .....	27
3.4.2 Optimisasi .....	27
3.4.3 CO <sub>2</sub> <i>Limit</i> .....	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	29
4.1 Skenario <i>Business As Usual</i> .....	31
4.1.1 Kapasitas Terpasang Skenario BAU.....	31
4.1.2 Penambahan Kapasitas Skenario BAU .....	33
4.1.3 <i>Energy Mix</i> pada Skenario BAU .....	36
4.1.4 Biaya Produksi Skenario BAU .....	38
4.1.5 BPP Pembangkitan Skenario BAU.....	39
4.1.6 Faktor Emisi CO <sub>2</sub> Skenario BAU .....	40
4.1.7 <i>Reserve Margin</i> Skenario BAU .....	41
4.2 Skenario Optimisasi .....	42
4.2.1 Kapasitas Terpasang Skenario Optimisasi.....	43
4.2.2 Penambahan Kapasitas Skenario Optimisasi .....	44
4.2.3 <i>Energy Mix</i> pada Skenario Optimisasi.....	46
4.2.4 Biaya Produksi Skenario Optimisasi .....	47
4.2.5 BPP Pembangkitan Skenario Optimisasi .....	49
4.2.6 Faktor Emisi CO <sub>2</sub> Skenario Optimisasi .....	50
4.2.7 <i>Reserve Margin</i> Skenario Optimisasi .....	51
4.3 Skenario CO <sub>2</sub> <i>Limit</i> .....	52
4.3.1 Kapasitas Terpasang Skenario CO <sub>2</sub> <i>Limit</i> .....	52
4.3.2 Penambahan Kapasitas Skenario CO <sub>2</sub> <i>Limit</i> .....	53
4.3.3 <i>Energy Mix</i> Skenario CO <sub>2</sub> <i>Limit</i> .....	55
4.3.4 Biaya Produksi Skenario CO <sub>2</sub> <i>Limit</i> .....	56
4.3.5 BPP Pembangkitan Skenario CO <sub>2</sub> <i>Limit</i> .....	58
4.3.6 Faktor Emisi Skenario CO <sub>2</sub> <i>Limit</i> .....	59
4.3.7 <i>Reserve Margin</i> Skenario CO <sub>2</sub> <i>Limit</i> .....	60

4.4 Perbandingan seluruh skenario .....	61
4.5 Variasi Beberapa Parameter .....	73
4.5.1 Variasi terhadap <i>Energy Demand</i> .....	73
4.5.2 Variasi terhadap Suku Bunga .....	81
4.5.3 Variasi Sensitivitas Harga Bahan Bakar .....	86
4.5.4 Variasi <i>Reserve Margin</i> .....	106
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	123
5.1 Kesimpulan .....	123
5.2 Saran .....	123
DAFTAR PUSTAKA .....	124
LAMPIRAN .....	126

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pembangkitan Sulawesi Utara .....	8
Tabel 2.2 Pembangkitan Sulawesi Tengah .....	9
Tabel 2.3 Pembangkitan Gorontalo .....	10
Tabel 2.4 Pembangkitan Sulawesi Tenggara .....	11
Tabel 2.5 Pembangkitan Sulawesi Barat.....	12
Tabel 2.6 Potensi panas bumi (MW) di Sulawesi.....	13
Tabel 2.7 Potensi mikro hidro (MW) di Sulawesi .....	14
Tabel 2.8 Potensi bayu (MW) di Sulawesi .....	14
Tabel 3.1 Proyeksi energi terpakai di Sulawesi (GWh).....	23
Tabel 3.2 Proyeksi energi terpakai di Sulawesi (GWh).....	23
Tabel 3.3 Proyeksi <i>losses</i> di Sulawesi .....	23
Tabel 3.4 Perencanaan penambahan kapasitas oleh PLN di Sulawesi.....	24
Tabel 3.5 Parameter pembangkit.....	25
Tabel 3.6 Parameter biaya pembangkitan .....	25
Tabel 3.7 Harga bahan bakar .....	26
Tabel 3.8 Faktor emisi CO <sub>2</sub> .....	26
Tabel 4.1 Proyeksi beban puncak tahun 2017-2030 di Sulawesi.....	30
Tabel 4.2 Besar kapasitas terpasang di Sulawesi tahun 2016 .....	30
Tabel 4.3 Kapasitas pembangkit skenario BAU (MW) .....	32
Tabel 4.4 Penambahan kapasitas skenario BAU (MW). .....	34
Tabel 4.5 <i>Energy mix</i> pada skenario BAU (%).....	37
Tabel 4.6 Biaya produksi skenario BAU (juta USD).....	38

Tabel 4.7 BPP skenario BAU.....	39
Tabel 4.8 BPP skenario BAU (Rp/kWh) .....	40
Tabel 4.9 <i>Reserve margin</i> skenario BAU .....	42
Tabel 4.10 Kapasitas pembangkit skenario optimisasi (MW) .....	43
Tabel 4.11 Penambahan kapasitas skenario optimisasi (MW) .....	45
Tabel 4.12 <i>Energy mix</i> skenario optimisasi (%) .....	46
Tabel 4.13 Biaya produksi skenario optimisasi (juta USD).....	48
Tabel 4.14 BPP skenario optimisasi.....	49
Tabel 4.15 BPP skenario optimisasi (Rp/kWh) .....	50
Tabel 4.16 Reserve margin skenario optimisasi .....	51
Tabel 4.17 Kapasitas pembangkit skenario CO <sub>2</sub> <i>Limit</i> (MW) .....	52
Tabel 4.18 Penambahan kapasitas skenario CO <sub>2</sub> <i>Limit</i> (MW).....	54
Tabel 4.19 <i>Energy mix</i> skenario CO <sub>2</sub> <i>Limit</i> (%) .....	55
Tabel 4.20 Biaya produksi skenario CO <sub>2</sub> <i>Limit</i> (juta USD).....	57
Tabel 4.21 BPP skenario CO <sub>2</sub> <i>Limit</i> .....	58
Tabel 4.22 BPP skenario CO <sub>2</sub> <i>Limit</i> (Rp/kWh) .....	59
Tabel 4.23 <i>Reserve margin</i> skenario CO <sub>2</sub> <i>Limit</i> .....	60
Tabel 4.24 Perbandingan penambahan kapasitas ketiga skenario (MW) .....	61
Tabel 4.25 Perbandingan biaya produksi ketiga skenario (juta USD).....	63
Tabel 4.26 Perbandingan BPP ketiga skenario (centUSD/kWh).....	64
Tabel 4.27 Perbandingan <i>energy mix coal sub bituminous</i> (juta GWh) .....	68
Tabel 4.28 Perbandingan <i>energy mix</i> panas bumi (juta GWh) .....	69
Tabel 4.29 Perbandingan <i>energy mix</i> tenaga air (juta GWh).....	69

Tabel 4.30 Perbandingan <i>energy mix</i> gas alam (juta GWh).....	70
Tabel 4.31 Perbandingan <i>energy mix wind</i> (GWh).....	71
Tabel 4.32 Perbandingan jumlah emisi CO <sub>2</sub> (juta ton).....	72
Tabel 4.33 Biaya untuk <i>energy demand</i> +1% (juta USD) .....	74
Tabel 4.34 Biaya untuk <i>energy demand</i> -1% (juta USD) .....	75
Tabel 4.35 Biaya untuk <i>energy demand</i> +2% (juta USD) .....	76
Tabel 4.36 Biaya untuk <i>energy demand</i> -2% (juta USD) .....	77
Tabel 4.37 BPP dengan <i>energy demand</i> +1% (cent\$/kWh).....	78
Tabel 4.38 BPP dengan <i>energy demand</i> +2% (cent\$/kWh).....	79
Tabel 4.39 BPP dengan <i>energy demand</i> -1% (cent\$/kWh).....	79
Tabel 4.40 BPP dengan <i>energy demand</i> -2% (cent\$/kWh).....	80
Tabel 4.41 Biaya produksi suku bunga 10% (juta USD).....	81
Tabel 4.42 Biaya produksi suku bunga 12% (juta USD).....	82
Tabel 4.43 Biaya produksi suku bunga 14% (juta USD).....	83
Tabel 4.44 Biaya produksi suku bunga 16% (juta USD).....	84
Tabel 4.45 Biaya produksi (10%) skenario BAU (juta USD).....	87
Tabel 4.46 Biaya produksi (10%) skenario optimisasi (juta USD).....	87
Tabel 4.47 Biaya produksi (+10%) skenario CO <sub>2</sub> <i>Limit</i> (juta USD) .....	88
Tabel 4.48 Biaya produksi (-10%) skenario BAU (juta USD) .....	89
Tabel 4.49 Biaya produksi (-10%) skenario optimisasi (juta USD) .....	90
Tabel 4.50 Biaya produksi (-10%) skenario CO <sub>2</sub> <i>Limit</i> (juta USD) .....	90
Tabel 4.51 Biaya produksi (+20%) skenario BAU (juta USD) .....	91
Tabel 4.52 Biaya produksi (+20%) skenario optimisasi (juta USD) .....	92

Tabel 4.53 Biaya produksi (+20%) skenario CO <sub>2</sub> <i>Limit</i> (juta USD). .....	93
Tabel 4.54 Biaya produksi (-20%) skenario BAU (juta USD) .....	94
Tabel 4.55 Biaya produksi (-20%) skenario optimisasi (juta USD). .....	94
Tabel 4.56 Biaya produksi (-20%) skenario CO <sub>2</sub> <i>Limit</i> (juta USD) .....	95
Tabel 4.57 Biaya produksi (+10%) skenario BAU (juta USD) .....	96
Tabel 4.58 Biaya produksi (+10%) skenario optimisasi (juta USD) .....	97
Tabel 4.59 Biaya produksi (+10%) skenario CO <sub>2</sub> <i>Limit</i> (juta USD) .....	98
Tabel 4.60 Biaya produksi skenario BAU (juta USD).....	99
Tabel 4.61 Biaya produksi skenario Optimisasi (juta USD).....	100
Tabel 4.62 Biaya produksi skenario CO <sub>2</sub> <i>Limit</i> (juta USD). .....	100
Tabel 4.63 Biaya produksi skenario BAU (juta USD).....	101
Tabel 4.64 Biaya produksi skenario optimisasi (juta USD).....	102
Tabel 4.65 Biaya produksi skenario CO <sub>2</sub> <i>Limit</i> (juta USD).....	103
Tabel 4.66 Biaya produksi (-20%) skenario BAU (juta USD) .....	104
Tabel 4.67 Biaya produksi (-20%) skenario optimisasi (juta USD). .....	104
Tabel 4.68 Biaya produksi (-20%) skenario CO <sub>2</sub> <i>Limit</i> (juta USD). .....	105
Tabel 4.69 Penambahan kapasitas RM 50% skenario BAU (MW).....	107
Tabel 4.70 Penambahan kapasitas RM 40% skenario BAU (MW).....	108
Tabel 4.71 Penambahan kapasitas RM 30% skenario BAU (MW).....	109
Tabel 4.72 Penambahan kapasitas RM 20% skenario BAU (MW).....	110
Tabel 4.73 Penambahan kapasitas RM 50% skenario optimisasi (MW).....	111
Tabel 4.74 Penambahan kapasitas RM 40% skenario optimisasi (MW).....	112
Tabel 4.75 Penambahan kapasitas RM 30% skenario optimisasi (MW).....	113

Tabel 4.76 Penambahan kapasitas RM 20% skenario optimisasi (MW).....	114
Tabel 4.77 Penambahan kapasitas RM 50% skenario CO <sub>2</sub> <i>Limit</i> (MW).....	115
Tabel 4.78 Penambahan kapasitas RM 40% skenario CO <sub>2</sub> <i>Limit</i> (MW).....	116
Tabel 4.79 Penambahan kapasitas RM 30% skenario CO <sub>2</sub> <i>Limit</i> (MW).....	117
Tabel 4.80 Penambahan kapasitas RM 20% skenario CO <sub>2</sub> <i>Limit</i> (MW).....	118
Tabel 4.81 Biaya produksi skenario <i>Business As Usual</i> (juta USD) .....	120
Tabel 4.82 Biaya produksi skenario optimisasi (juta USD).....	120
Tabel 4.83 Biaya produksi skenario CO <sub>2</sub> <i>Limit</i> (juta USD).....	121

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 OSeMOSYS <i>blocks</i> .....	16
Gambar 2.2 Hubungan OSeMOSYS dan LEAP .....	17
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian .....	21
Gambar 4.1 Kapasitas pembangkit skenario BAU .....	33
Gambar 4.2 Penambahan kapasitas skenario BAU .....	35
Gambar 4.3 <i>Energy mix</i> dari tahun 2017-2030 .....	37
Gambar 4.4 Grafik biaya produksi skenario BAU .....	39
Gambar 4.5 Jumlah emisi CO <sub>2</sub> skenario BAU .....	41
Gambar 4.6 <i>Reserve margin</i> skenario BAU .....	42
Gambar 4.7 Kapasitas pembangkit skenario optimisasi. ....	44
Gambar 4.8 Penambahan kapasitas skenario optimisasi .....	46
Gambar 4.9 <i>Energy mix</i> skenario optimisasi .....	47
Gambar 4.10 Biaya produksi pembangkit skenario optimisasi .....	49
Gambar 4.11 Jumlah emisi skenario optimisasi .....	50
Gambar 4.12 <i>Reserve margin</i> skenario optimisasi .....	51
Gambar 4.13 Kapasitas pembangkit skenario CO <sub>2</sub> <i>Limit</i> .....	53
Gambar 4.14 Penambahan kapasitas skenario CO <sub>2</sub> <i>Limit</i> .....	55
Gambar 4.15 <i>Energy mix</i> skenario CO <sub>2</sub> <i>Limit</i> .....	56
Gambar 4.16 Biaya produksi skenario CO <sub>2</sub> <i>Limit</i> .....	58
Gambar 4.17 Jumlah emisi CO <sub>2</sub> skenario CO <sub>2</sub> <i>Limit</i> .....	59
Gambar 4.18 <i>Reserve margin</i> skenario CO <sub>2</sub> <i>Limit</i> .....	61
Gambar 4.19 Perbandingan penambahan kapasitas tiap skenario .....	62

Gambar 4.20 Perbandingan biaya produksi ketiga skenario .....	64
Gambar 4.21 Perbandingan penambahan kapasitas BAU dan RUPTL .....	65
Gambar 4.22 Perbandingan penambahan kapasitas optimisasi dan RUPTL .....	66
Gambar 4.23 Perbandingan penambahan kapasitas CO <sub>2</sub> <i>Limit</i> dan RUPTL.....	67
Gambar 4.24 Perbandingan ketiga skenario dan RUPTL .....	67
Gambar 4.25 Perbandingan jumlah emisi CO <sub>2</sub> ketiga skenario .....	72
Gambar 4.26 Perbandingan biaya untuk <i>energy demand</i> +1% .....	74
Gambar 4.27 Perbandingan biaya untuk <i>energy demand</i> -1% .....	75
Gambar 4.28 Perbandingan biaya untuk <i>energy demand</i> +2% .....	76
Gambar 4.29 Perbandingan biaya untuk <i>energy demand</i> -2% .....	77
Gambar 4.30 Biaya produksi suku bunga 10 % .....	82
Gambar 4.31 Biaya produksi suku bunga 12% .....	83
Gambar 4.32 Biaya produksi suku bunga 14% .....	84
Gambar 4.33 Biaya produksi suku bunga 16% .....	85
Gambar 4.34 Perbandingan biaya produksi rata-rata ketiga skenario (juta USD)	86
Gambar 4.35 Perbandingan biaya produksi (+10%) ketiga skenario.....	89
Gambar 4.36 Perbandingan biaya produksi (-10%) ketiga skenario.....	91
Gambar 4.37 Biaya produksi ketiga skenario (+20%).....	93
Gambar 4.38 Perbandingan biaya produksi (-20%) ketiga skenario.....	96
Gambar 4.39 Perbandingan biaya produksi ketiga skenario .....	98
Gambar 4.40 Perbandingan biaya produksi ketiga skenario .....	101
Gambar 4.41 Perbandingan biaya (+20%) ketiga skenario.....	103
Gambar 4.42 Perbandingan biaya produksi (-20%) ketiga skenario.....	105

Gambar 4.43 Penambahan kapasitas skenario BAU dengan RM 50% .....	107
Gambar 4.44 Penambahan kapasitas skenario BAU dengan RM 40% .....	108
Gambar 4.45 Penambahan kapasitas skenario BAU dengan RM 30% .....	109
Gambar 4.46 Penambahan kapasitas skenario BAU dengan RM 20% .....	110
Gambar 4.47 Penambahan kapasitas skenario optimisasi RM 50% .....	111
Gambar 4.48 Penambahan kapasitas skenario optimisasi RM 40% .....	112
Gambar 4.49 Penambahan kapasitas skenario optimisasi RM 30% .....	113
Gambar 4.50 Penambahan kapasitas skenario optimisasi RM 20% .....	114
Gambar 4.51 Penambahan kapasitas skenario CO <sub>2</sub> <i>Limit</i> RM 50% .....	115
Gambar 4.52 Penambahan kapasitas skenario CO <sub>2</sub> <i>Limit</i> RM 40% .....	116
Gambar 4.53 Penambahan kapasitas skenario CO <sub>2</sub> <i>Limit</i> RM 30% .....	117
Gambar 4.54 Penambahan kapasitas skenario CO <sub>2</sub> <i>Limit</i> RM 20% .....	118