UNIVERSITAS
GADJAH MADA
OPTIMISASI PERENCANAAN PENGEMBANGAN SISTEM PEMBANGKIT SUMATERA MENGGUNAKAN LEAP OSeMOSYS
TRI ILHAM WICAKSONO, Sarjiya, S.T., M.T., Ph.D.;Prof. Dr. Ir. Sasongko Pramono Hadi, DEA.
Universitas Gadjah Mada, 2018 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN ii
SURAT PERNYATAAN iii
HALAMAN PERSEMBAHAN iv
KATA PENGANTAR v
DAFTAR ISI viii
DAFTAR TABEL xiii
DAFTAR GAMBAR xvi
DAFTAR SINGKATAN xix
Intisari xxiii
Abstract xxiv
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 4
1.5 Batasan Masalah 5
1.6 Sistematika Penelitian 6
BAB 2 DASAR TEORI 8
2.1 Formulasi Fungsi Objektif 8
2.1.1 Data Konsumsi Energi (*Energy Sales*) 9
2.1.2 Penambahan Kapasitas Pembangkit 9
2.1.3 *Transformation Process* 10
2.1.4 *Total Cost* 12
2.1.5 *Capital Cost* 13
2.1.6 *Fixed Cost* 13
2.1.7 *Variable Cost* 14
2.1.8 *Fuel Cost* 14
2.1.9 *Technology Emission Cost* 15
2.1.10 Biaya Pokok Penyediaan (BPP) Pembangkitan 15
2.2 Kekangan Optimisasi 16
2.2.1 *Capacity Addition Constraint* 16

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
OPTIMISASI PERENCANAAN PENGEMBANGAN SISTEM PEMBANGKIT SUMATERA MENGGUNAKAN LEAP OSeMOSYS
TRI ILHAM WICAKSONO, Sarjiya, S.T., M.T., Ph.D.;Prof. Dr. Ir. Sasongko Pramono Hadi, DEA.
Universitas Gadjah Mada, 2018 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.2.2 *Capacity Constraint* 16
2.2.3 *Emission Constraint* 17
2.3 Parameter Pemodelan Sistem 17
2.3.1 *Load Factor* (LF) 18
2.3.2 Beban Puncak (*Peak Load*) 18
2.3.3 *Reserve Margin* (RM) 18
2.3.4 *Load Curve* (LC) 19
2.3.5 *Equivalent Availability Factor* (EAF) 21
2.3.6 *Time Slices* (TS) 23
2.3.7 *Discount Rate* (DR) 23
2.4 Perangkat Lunak Analisis 23
2.4.1 *Long-range Energy Alternatives Planning System* (LEAP) 24
2.4.2 *Open Source Energy Modelling System* (OSeMOSYS) 26
2.4.3 Integrasi Perangkat Lunak LEAP dan OSeMOSYS 28
2.5 Analisis Sensitivitas 29
2.6 Optimisasi Penambahan Kapasitas Pembangkit 30
BAB 3 METODE PENELITIAN 32
3.1 Jalannya Penelitian 32
3.2 Sumber Data 34
3.2.1 Parameter Data Beban Listrik 34
3.2.1.1 *Load Curve* 35
3.2.1.2 Beban Puncak 37
3.2.1.3 *Load Factor* (LF) 38
3.2.1.4 Konsumsi Energi 38
3.2.1.5 Rugi-Rugi Saluran 39
3.2.2 Parameter Data Pembangkitan 40
3.2.2.1 Karakteristik Pembangkit 40
3.2.2.2 Kapasitas Pembangkit Terpasang 41
3.2.2.3 *Reserve Margin* (RM) 42
3.2.2.4 Komponen Biaya Pembangkitan 42
3.2.2.5 Harga Bahan Bakar Pembangkit 43
3.2.2.6 *Discount Rate* 44
3.2.2.7 Nilai Tukar Mata Uang 44
3.2.2.8 *Emission Rate* 44

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
OPTIMISASI PERENCANAAN PENGEMBANGAN SISTEM PEMBANGKIT SUMATERA MENGGUNAKAN LEAP OSeMOSYS
TRI ILHAM WICAKSONO, Sarjiya, S.T., M.T., Ph.D.;Prof. Dr. Ir. Sasongko Pramono Hadi, DEA.
Universitas Gadjah Mada, 2018 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.2.2.9 *Emission Penalty* 45
3.2.2.10 *Emission Constraint* 45
3.3 Perancangan Sistem 46
3.4 Perangkat Penelitian 47
3.4.1 Perangkat Keras 47
3.4.2 Perangkat Lunak 47
3.4.2.1 *Microsoft Windows 10 32 Bit* 47
3.4.2.2 *Long-range Energy Alternatives Planning System* (LEAP) 48
3.4.2.3 *Open Source Energy Modelling System (OSeMOSYS)* 48
3.4.2.4 *GNU Linear Programming Kit* (GLPK) *Solver* 48
3.5 Skenario Penelitian 49
3.5.1 Skenario Referensi RUPTL 2018-2027 (Skenario I) 49
3.5.2 Skenario Optimisasi tanpa *Emission Penalty* & *Emission Constraint* (Skenario II) 49
3.5.3 Skenario Optimisasi dengan *Emission Penalty* & *Emission Constraint* (Skenario III) 50
3.6 Analisis Sensitivitas Parameter Data Sistem 51
3.7 Optimisasi Penambahan Kapasitas Pembangkit Skenario Penelitian 53
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN 55
4.1 Skenario Referensi RUPTL 2018-2027 (Skenario I) 56
4.1.1 Kapasitas Terpasang Skenario I 57
4.1.2 Penambahan Kapasitas Pembangkit Skenario I 59
4.1.3 *Reserve Margin* Skenario I 60
4.1.4 Bauran Energi Skenario I 61
4.1.5 Emisi CO_2 Skenario I 63
4.1.6 Komponen Biaya Pembangkitan Skenario I 64
4.1.7 BPP Pembangkitan Skenario I 66
4.1.8 Analisis Sensitivitas Skenario I 67
4.1.8.1 Analisis Sensitivitas Skenario I – Penjualan Tenaga Listrik 67
4.1.8.2 Analisis Sensitivitas Skenario I – *Reserve Margin* 71
4.1.8.3 Analisis Sensitivitas Skenario I – Nilai Komponen Biaya Pembangkitan 73
4.1.8.4 Analisis Sensitivitas Skenario I – Harga Bahan Bakar 77
4.1.8.5 Analisis Sensitivitas Skenario I – Nilai Tukar Mata Uang 80
4.1.8.6 Perbandingan Analisis Sensitivitas Skenario I 82

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
OPTIMISASI PERENCANAAN PENGEMBANGAN SISTEM PEMBANGKIT SUMATERA MENGGUNAKAN LEAP OSeMOSYS
TRI ILHAM WICAKSONO, Sarjiya, S.T., M.T., Ph.D.;Prof. Dr. Ir. Sasongko Pramono Hadi, DEA.
Universitas Gadjah Mada, 2018 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.2 Skenario Optimisasi tanpa *Emission Penalty* & *Emission Constraint* (Skenario II) 84
4.2.1 Kapasitas Terpasang Skenario II 85
4.2.2 Penambahan Kapasitas Pembangkit Skenario II 87
4.2.3 *Reserve Margin* Skenario II 89
4.2.4 Bauran Energi Skenario II 90
4.2.5 Emisi CO_2 Skenario II 92
4.2.6 Komponen Biaya Pembangkitan Skenario II 94
4.2.7 BPP Pembangkitan Skenario II 96
4.2.8 Analisis Sensitivitas Skenario II 97
4.2.8.1 Analisis Sensitivitas Skenario II – Penjualan Tenaga Listrik 97
4.2.8.2 Analisis Sensitivitas Skenario II – *Reserve Margin* 99
4.2.8.3 Analisis Sensitivitas Skenario II – Nilai Komponen Biaya Pembangkitan 102
4.2.8.4 Analisis Sensitivitas Skenario II – Harga Bahan Bakar 104
4.2.8.5 Analisis Sensitivitas Skenario II – Nilai Tukar Mata Uang 106
4.2.8.6 Perbandingan Analisis Sensitivitas Skenario II 108
4.3 Skenario Optimisasi dengan *Emission Penalty* & *Emission Constraint* (Skenario III) 110
4.3.1 Kapasitas Terpasang Skenario III 111
4.3.2 Penambahan Kapasitas Pembangkit Skenario III 113
4.3.3 *Reserve Margin* Skenario III 115
4.3.4 Bauran Energi Skenario III 116
4.3.5 Emisi CO_2 Skenario III 118
4.3.6 Komponen Biaya Pembangkitan Skenario III 120
4.3.7 BPP Pembangkitan Skenario III 123
4.3.8 Analisis Sensitivitas Skenario III 124
4.3.8.1 Analisis Sensitivitas Skenario III – Penjualan Tenaga Listrik 124
4.3.8.2 Analisis Sensitivitas Skenario III – *Reserve Margin* 126
4.3.8.3 Analisis Sensitivitas Skenario III – Nilai Komponen Biaya Pembangkitan 129
4.3.8.4 Analisis Sensitivitas Skenario III – Harga Bahan Bakar 131
4.3.8.5 Analisis Sensitivitas Skenario III – Nilai Tukar Mata Uang 133
4.3.8.6 Perbandingan Analisis Sensitivitas Skenario III 135
4.4 Perbandingan Hasil Seluruh Skenario 137

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
OPTIMISASI PERENCANAAN PENGEMBANGAN SISTEM PEMBANGKIT SUMATERA MENGGUNAKAN LEAP OSeMOSYS
TRI ILHAM WICAKSONO, Sarjiya, S.T., M.T., Ph.D.;Prof. Dr. Ir. Sasongko Pramono Hadi, DEA.
Universitas Gadjah Mada, 2018 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.4.1 Perbandingan Penambahan Kapasitas Pembangkit.....138
4.4.2 Perbandingan *Reserve Margin*.....139
4.4.3 Perbandingan Bauran Energi.....141
4.4.4 Perbandingan Emisi CO_2.....142
4.4.5 Perbandingan Komponen Biaya Pembangkitan.....144
4.4.6 Perbandingan Rata-rata BPP Pembangkitan.....145
4.4.7 Perbandingan Analisis Sensitivitas Seluruh Skenario.....147
4.5 *Solution Set* Optimisasi Penambahan Kapasitas Pembangkit.....150
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....153
5.1 Kesimpulan.....153
5.2 Saran.....155
DAFTAR PUSTAKA.....157
LAMPIRAN.....L-1
Lampiran A. *Daily Energy Load Curve* Sistem Sumatera.....L-1