UNIVERSITAS GADJAH MADA
Analisis Tekno-Ekonomi-Lingkungan pada Strategi Dekarbonisasi PLTU Paiton Unit 1 dan 2: Optimasi Reduksi dan Peluang Perdagangan Karbon Menuju Net Zero Emission 2060
Fadil Firmansyah, Dr. Ir. Rachmawan Budiarto, S.T., M.T., IPU ; Dr. Eng Ir. M. Kholid Ridwan, S.T., M.Sc., IPU
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

PRAKATA ..... **iv**
DAFTAR ISI ..... **vi**
DAFTAR TABEL ..... **ix**
DAFTAR GAMBAR ..... **xii**
INTISARI ..... **xiv**
ABSTRAK ..... **xv**
BAB 1 PENDAHULUAN **1**
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 3
1.3. Kebaruan Penelitian 3
1.4. Batasan Masalah 4
1.5. Tujuan Penelitian 5
1.6. Manfaat Penelitian 5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA **7**
2.1. Tinjauan Pustaka 7
2.1.1. Studi *Cofiring* Biomassa pada PLTU 8
2.1.2. Studi Aspek Ekonomi dan Nilai Ekonomi Karbon (NEK) 9
2.1.3. Studi Pemodelan dan Pendekatan Skenario dalam Strategi Dekarbonisasi 11
2.2. Landasan Teori 12
2.2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) 12
2.2.1.1 Karakteristik PLTU Subcritical 13
2.2.1.2 Parameter Kinerja PLTU 15
2.2.2. Emisi Karbon dan Polutan pada PLTU 17
2.2.2.1 Jenis Emisi Pada PLTU 18
2.2.2.2 Faktor Emisi PLTU 19
2.2.2.3 Intensitas Emisi PLTU 20
2.2.2.4 Baku Mutu Emisi 20
2.2.3. *Cofiring* Biomassa pada PLTU 22
2.2.3.1 Definisi *Cofiring* Biomassa 22
2.2.3.2 Jenis-jenis *Cofiring* 23
2.2.3.3 Karakteristik Biomassa Sebagai Bahan Bakar 24
2.2.3.4 Pengaruh *Cofiring* Terhadap Pengoperasian Pembangkit 25
2.2.4. Konsep Nilai Ekonomi Karbon 26
2.2.4.1 Definisi Nilai Ekonomi Karbon 26
2.2.4.2 Prinsip Internalisasi Biaya Eksternal Karbon 27
2.2.4.3 Carbon Pricing 27
2.2.4.4 Mekanisme Perdagangan Karbon 28
2.2.4.5 Posisi Sektor Pembangkitan dalam Pasar Karbon Indonesia 29
2.2.5. Analisis Tekno-Ekonomi Pada Sistem Pembangkit 30
2.2.5.1 Konsep Analisis Tekno-Ekonomi 30
2.2.5.2 Parameter Teknis Pembangkit 30
2.2.5.3 Parameter Ekonomi Pembangkit 31
2.2.5.4 Biaya Pokok Produksi (BPP) 32

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Analisis Tekno-Ekonomi-Lingkungan pada Strategi Dekarbonisasi PLTU Paiton Unit 1 dan 2: Optimasi
Reduksi dan Peluang Perdagangan Karbon Menuju Net Zero Emission 2060**
Fadil Firmansyah, Dr. Ir. Rachmawan Budiarto, S.T., M.T., IPU ; Dr. Eng Ir. M. Kholid Ridwan, S.T., M.Sc., IPU
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.2.5.5 Dampak Strategi Dekarbonisasi terhadap Biaya Pembangkitan..... 32
2.2.6. Gambaran umum PLTU Paiton Unit 1&2 32
2.2.6.1 Spesifikasi teknis pembangkit..... 33
2.2.6.2 Karakteristik Operasi dan Bahan Bakar..... 34
2.2.7. Strategi dan Roadmap Implementasi *Cofiring* pada PLTU Paiton 1&2... 36
2.2.7.1 Kebijakan dan Peran *Cofiring* dalam Transisi Energi 36
2.2.7.2 Roadmap Implementasi *Cofiring* pada PLTU Paiton 1-2..... 37
BAB 3 METODE PENELITIAN..... 38
3.1. Pendekatan Penelitian..... 38
3.2. Tahapan Penelitian..... 38
3.3. Alat dan Bahan Penelitian 39
3.3.1. Alat..... 39
3.3.2. Bahan 40
3.4. Analisis Data..... 41
3.4.1. Analisa Teknis..... 42
3.4.2. Analisa Ekonomi..... 44
3.4.3. Analisa Lingkungan 45
3.4.4. Proyeksi Potensi *cofiring* Biomassa (2025-2030)..... 47
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN..... 49
4.1. Evaluasi Fase 1 (Business as usual)..... 49
4.1.1. Deskripsi umum fase baseline 49
4.1.2. Kinerja Teknis..... 50
4.1.3. Kinerja Ekonomi 52
4.1.4. Kinerja Lingkungan 57
4.2. Evaluasi Fasa 2 (Carbon Reduction) melalui *cofiring*..... 61
4.2.1. Kinerja Teknis..... 62
4.2.1.1 Kontribusi Energi Biomassa 65
4.2.2. Kinerja Ekonomi 67
4.2.3. Kinerja Lingkungan 69
4.3. Evaluasi Fasa 3 (Carbon Reduction) melalui *efficiency thermal* dan *cofiring* . 73
4.3.1. Kinerja Teknis..... 75
4.3.1.1 Implementasi *Efficiency Thermal* melalui Metode ASIX..... 78
4.3.1.2 Kontribusi energi biomassa..... 82
4.3.2. Kinerja Ekonomi 84
4.3.3. Kinerja Lingkungan 86
4.4. Evaluasi Fasa 4 (*Carbon Trading*) melalui *Cofiring* Biomassa dan Perdagangan Karbon 90
4.4.1. Kinerja Teknis..... 91
4.4.1.1 Kontribusi Energi Biomassa 92
4.4.2. Kinerja Ekonomi 94
4.4.2.1 Nilai Ekonomi karbon..... 96
4.4.3. Kinerja Lingkungan 98
4.4.3.1 Analisis Surplus Emisi terhadap Batas Atas Emisi (PTBAE) dan Potensi Perdagangan Karbon..... 101
4.4.3.2 Implementasi Perdagangan Karbon 103
4.5. Evaluasi Fasa 5 (*Carbon Trading*) melalui *efficiency thermal*, *cofiring* Biomassa dan Perdagangan Karbon 104
4.5.1. Kinerja Teknis..... 106
4.5.1.1 Kontribusi energi Biomassa..... 107

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Analisis Tekno-Ekonomi-Lingkungan pada Strategi Dekarbonisasi PLTU Paiton Unit 1 dan 2: Optimasi
Reduksi dan Peluang Perdagangan Karbon Menuju Net Zero Emission 2060**
Fadil Firmansyah, Dr. Ir. Rachmawan Budiarto, S.T., M.T., IPU ; Dr. Eng Ir. M. Kholid Ridwan, S.T., M.Sc., IPU
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.5.1.2 Implementasi *Efficiency Thermal* melalui Metode ASIX 109
4.5.2. Kinerja Ekonomi 111
4.5.2.1 Nilai Ekonomi Karbon 113
4.5.3. Kinerja Lingkungan 114
4.5.3.1 Analisis Surplus Emisi terhadap Batas Atas Emisi (PTBAE) dan Potensi Perdagangan Karbon 117
4.5.3.2 Implementasi Perdagangan Karbon 118
4.6. Analisis perbandingan antar fase 119
4.6.1. Analisis kinerja teknis 123
4.6.2. Analisis Kinerja Ekonomi 124
4.6.3. Analisis Kinerja Lingkungan 127
4.7. Evaluasi Alternatif Strategi Dekarbonisasi Menggunakan Pendekatan MCA 129
4.8. Proyeksi potensi *cofiring* (2025-2030) 132
4.8.1. Tahapan sebelum pengujian 133
4.8.1.1 Simulasi coal flow, nilai kalori dan pola loading 133
4.8.1.2 Simulasi perbandingan pembakaran 137
4.8.2. Proses pengujian *cofiring* 139
4.8.3. Hasil Pengujian 140
4.8.4. Evaluasi kelayakan implementasi ekspansi *cofiring* 30% 144
4.8.4.1 Analisis kelayakan investasi berdasarkan *Life Cycle Cost* (LCC). 147
4.8.5. Rekomendasi strategi menuju *Net Zero Emission* 2060 149
BAB 5 KESIMPULAN 151
DAFTAR PUSTAKA 153