

# ESTIMASI PENGHEMATAN KALOR BATUBARA DAN STRATEGI PENGEMBANGAN METODE *CO-FIRING* SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF (Studi Kasus PLTU XY)

NAJLA HILMI HARAHAP



DEPARTEMEN EKONOMI SUMBERDAYA DAN LINGKUNGAN  
FAKULTAS EKONOMI DAN MANAJEMEN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2024



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University  
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

## PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Estimasi Penghematan Kalor Batubara Dan Strategi Pengembangan Metode *Co-Firing* Sebagai Energi Alternatif (Studi Kasus PLTU XY)” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2024

Najla Hilmi Harahap  
H4401201052



## ABSTRAK

NAJLA HILMI HARAHAHAP. Estimasi Penghematan Kalor Batubara Dan Strategi Pengembangan Metode *Co-Firing* Sebagai Energi Alternatif (Studi Kasus PLTU XY). Dibimbing oleh RIZAL BAHTIAR dan OSMALELI.

Metode *co-firing* di PLTU XY telah dilakukan sejak tahun 2021. PLTU XY masih menghadapi masalah dalam memenuhi target Energi Baru Terbarukan (EBT) karena bauran biomassa yang terbatas dan kurangnya diversifikasi sumber energi. Penelitian bertujuan untuk (1) mengestimasi besar penghematan kalor batubara dan besaran biaya produksi dari pemanfaatan limbah *sawdust* dalam metode *co-firing* di PLTU XY, serta (2) merumuskan strategi pengembangan untuk mendukung transisi energi bauran EBT. Metode analisis data dalam penelitian mencakup analisis substitusi net kalor, biaya produksi, dan perbandingan antara metode *co-firing* dan *coal firing*, serta evaluasi menggunakan metode *Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats* (SWOT) dan *Interpretive Structural Modelling* (ISM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa (1) rata-rata total kalor terpakai sebesar 494.855.853.354,08 *kcal* saat metode *co-firing*. Konsumsi batubara pada metode *coal firing* rata-rata sebesar 402.679.610.537,75 *kcal*. Penghematan kalori terjadi karena nilai kalor *sawdust* yang lebih rendah, sehingga membutuhkan lebih banyak batubara. Meskipun total konsumsi bahan bakar lebih tinggi, *Specific Fuel Consumption* (SFC) lebih rendah karena produksi listrik jauh lebih besar. Biaya produksi listrik *co-firing* tercatat Rp 21,89% lebih murah dibandingkan dengan *coal firing*. SFC pada metode *co-firing* adalah 0,617 kg/kWh, lebih rendah dibandingkan dengan *coal-firing* yang 0,907 kg/kWh. (2) strategi pengembangan meliputi pemenuhan infrastruktur penyimpanan biomassa dan diversifikasi sumber biomassa.

Kata kunci: energi baru terbarukan, *interpretive structural modelling*, net kalor, serbuk kayu

## ABSTRACT

NAJLA HILMI HARAHAHAP. "Estimation of Coal Calorific Savings and Development Strategy for Co-Firing Method as an Alternative Energy Source (Case Study of PLTU XY)". Supervised by RIZAL BAHTIAR and OSMALELI.

The co-firing method at PLTU XY has been implemented since 2021. However, PLTU XY continues to face challenges in meeting its Renewable Energy (RE) targets due to limited biomass blend and insufficient energy source of diversification. This study aims to (1) estimate the calorific savings from coal and the production costs associated with using sawdust in the co-firing method at PLTU XY, and (2) to formulate development strategies to support the transition to a renewable energy mix. The data analysis methods in this research include net calorific substitution analysis, production cost analysis, and comparison between co-firing and coal firing methods, as well as evaluations using Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats (SWOT) and Interpretive Structural Modelling (ISM) methods. The study results show that (1) the average total calorific value used during co-firing is 494,855,853,354.08 kcal. In comparison, the average calorific consumption for coal firing is 402,679,610,537.75 kcal. Calorific savings occur because sawdust has a lower calorific value, necessitating more coal to achieve the same energy output. Although the total fuel consumption is higher, Specific Fuel Consumption (SFC) is lower due to significantly increased electricity production. The production cost of co-firing electricity is recorded as 21.89% cheaper than that of coal firing. The SFC for the co-firing method is 0.617 kg/kWh, which is lower than the 0.907 kg/kWh for coal firing. (2) development strategies include fulfilling biomass storage infrastructure and diversifying biomass sources.

**Keywords:** interpretive structural modelling, net calorific value, renewable energy, sawdust



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2024  
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

*Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.*

*Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.*

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

# **ESTIMASI PENGHEMATAN KALOR BATUBARA DAN STRATEGI PENGEMBANGAN METODE *CO-FIRING* SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF (Studi Kasus PLTU XY)**

**NAJLA HILMI HARAHAP**

Skripsi  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana pada  
Program Studi Ekonomi Sumberdaya dan Lingkungan

**DEPARTEMEN EKONOMI SUMBERDAYA DAN LINGKUNGAN  
FAKULTAS EKONOMI DAN MANAJEMEN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2024**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University  
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1. Dr. A. Faroby Falatehan, S.P, M.E  
2. Fitria Dewi Raswatie, S.P , M.Si

Judul Skripsi : Estimasi Penghematan Kalor Batubara Dan Strategi  
Pengembangan Metode *Co-Firing* Sebagai Energi Alternatif  
(Studi Kasus PLTU XY)

Nama : Najla Hilmi Harahap  
NIM : H4401201052

Disetujui oleh

Pembimbing 1:  
Rizal Bahtiar, S.Pi, M.Si  
NIP. 19806032009121006



Pembimbing 2:  
Osmaleli, SE, M.Si



Diketahui oleh

Ketua Departemen Ekonomi Sumberdaya Lingkungan:  
Dr. Adi Hadiano, S.P., M.Si  
NIP. 197906152005011004



Tanggal Ujian:  
(29 Juli 2024)

Tanggal Lulus:



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University  
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Februari 2024 sampai bulan April 2024 ini adalah ekonomi energi, dengan judul “Estimasi Penghematan Kalor Batubara Dan Strategi Pengembangan Metode *Co-Firing* Sebagai Energi Alternatif (Studi Kasus PLTU XY)”

Terima kasih penulis ucapkan kepada para dosen, Bapak Rizal Bahtiar, S.Pi, M.Si dan Ibu Osmaleli, SE, M.Si sebagai dosen pembimbing yang telah banyak memberi saran dan ilmu. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Bapak Dr. A. Faroby Falatehan, S.P, M.E selalu penguji utama dan Ibu Fitria Dewi Raswatie, S.P, M.Si sebagai penguji perwakilan departemen. Di samping itu, terima kasih penulis sampaikan kepada Pak Daniel, Pak Danang, Pak Drajat, Pak Habibullah, dan Pak Ridha yang telah membantu selama pengumpulan data di PLTU.

Ungkapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada kedua orang tua dan keluarga tercinta yaitu ayahanda Burhanuddin Harahap dan Ibu Cicik Mariani Saragih, serta Kak Hani, Kak Baiduri, Bang Akbar dan Bang Agung dan keluarga besar yang telah memberikan dukungan, doa, dan sabar mendengar cerita penulis selama menempuh pendidikan di IPB dan menyelesaikan tugas akhir. Terima kasih juga kepada Kak Freshtriana dan Kak Roro yang sudah memberikan banyak saran dalam penulisan skripsi. Ungkapan terima kasih penulis kepada sahabat-sahabat penulis yaitu Audy, Aisyah, Hamum, Marsya, dan Nazia yang telah memberikan dukungan penulis. Kepada Alfaril penulis mengucapkan terima kasih atas dukungan dan peran Anda yang sangat berarti dalam menyelesaikan skripsi. Terima kasih telah menjadi bagian yang menyenangkan dan memberikan bantuan yang sangat berharga sepanjang proses penulisan. Serta rekan-rekan GTC yaitu Erland, Fajrina, Faris, Fauzah, Ferdy, Rendi, Thalita, dan Virginia yang telah menjadi rekan perjuangan dalam mengerjakan tugas akhir.

Semoga skripsi bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan. Khususnya dapat digunakan sebagai penelitian lanjutan dalam pengembangan metode *co-firing*.

Bogor, Agustus 2024

*Najla Hilmi Harahap*



## DAFTAR ISI

|                                                                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| DAFTAR TABEL                                                                                                                              | xi  |
| DAFTAR GAMBAR                                                                                                                             | xi  |
| DAFTAR LAMPIRAN                                                                                                                           | xii |
| PENDAHULUAN                                                                                                                               | 1   |
| 1.1 Latar Belakang                                                                                                                        | 1   |
| 1.2 Rumusan Masalah                                                                                                                       | 3   |
| 1.3 Tujuan Penelitian                                                                                                                     | 5   |
| 1.4 Manfaat Penelitian                                                                                                                    | 5   |
| 1.5 Ruang Lingkup Penelitian                                                                                                              | 5   |
| TINJAUAN PUSTAKA                                                                                                                          | 7   |
| 2.1 Energi Fosil Batubara                                                                                                                 | 7   |
| 2.2 Energi Baru Terbarukan (EBT)                                                                                                          | 7   |
| 2.3 <i>Co-firing</i> Biomassa                                                                                                             | 7   |
| 2.4 <i>Sawdust</i> Sebagai Energi Alternatif                                                                                              | 8   |
| 2.5 Estimasi Penghematan                                                                                                                  | 9   |
| 2.6 Strategi Pengembangan                                                                                                                 | 9   |
| 2.7 Penelitian Terdahulu                                                                                                                  | 10  |
| KERANGKA PEMIKIRAN PENELITIAN                                                                                                             | 13  |
| 3.1 Kerangka Pemikiran Operasional                                                                                                        | 13  |
| METODE PENELITIAN                                                                                                                         | 15  |
| 4.1 Lokasi dan Waktu Penelitian                                                                                                           | 15  |
| 4.2 Jenis dan Sumber Data                                                                                                                 | 15  |
| 4.3 Metode Pengambilan Data                                                                                                               | 15  |
| 4.4 Metode Analisis Data                                                                                                                  | 16  |
| GAMBARAN UMUM LOKASI PENELITIAN                                                                                                           | 27  |
| 5.1 Tinjauan Umum Pembangkit Listrik Tenaga Uap                                                                                           | 27  |
| 5.2 Karakteristik Biomassa <i>Sawdust</i> yang Dipakai                                                                                    | 27  |
| 5.3 Proses Penerimaan Biomassa Limbah <i>Sawdust</i>                                                                                      | 28  |
| 5.4 Proses Produksi Metode <i>Co-firing</i> Secara Direct                                                                                 | 29  |
| 5.5 Karakteristik Narasumber Penelitian                                                                                                   | 30  |
| HASIL DAN PEMBAHASAN                                                                                                                      | 31  |
| 6.1 Penghematan kalor batubara dan besaran biaya produksi dari pemanfaatan limbah <i>sawdust</i> dalam metode <i>co-firing</i> di PLTU XY | 31  |
| 6.2 Perumusan Strategi Pengembangan untuk Mendukung Pencapaian Target Pemerintah Mengenai Transisi Energi                                 | 37  |
| SIMPULAN DAN SARAN                                                                                                                        | 51  |
| 7.1 Simpulan                                                                                                                              | 51  |
| 7.2 Saran                                                                                                                                 | 51  |
| DAFTAR PUSTAKA                                                                                                                            | 53  |
| LAMPIRAN                                                                                                                                  | 57  |

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## DAFTAR TABEL

|    |                                                                                                          |    |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1  | Matriks metode analisis data                                                                             | 16 |
| 2  | Analisis faktor pada kerangka kerja McKinsey 7s                                                          | 19 |
| 3  | Analisis PEST pada pengembangan strategi transisi energi metode <i>co-firing</i> biomassa <i>sawdust</i> | 19 |
| 4  | Model matriks IFE                                                                                        | 20 |
| 5  | Model matriks EFE                                                                                        | 21 |
| 6  | Matriks IE                                                                                               | 22 |
| 7  | Matriks SWOT                                                                                             | 24 |
| 8  | Spesifikasi biomassa <i>sawdust</i>                                                                      | 27 |
| 9  | Karakteristik narasumber pada pengelolaan metode <i>co-firing</i> biomassa <i>sawdust</i> di PLTU XY     | 30 |
| 10 | Rata-rata pemakaian kalor batubara saat metode <i>co-firing</i>                                          | 31 |
| 11 | Rata-rata pemakaian kalor batubara saat metode <i>coal firing</i>                                        | 32 |
| 12 | Perhitungan <i>Specific Fuel Consumption</i> (SFC) <i>Co-Firing</i>                                      | 33 |
| 13 | Perhitungan biaya produksi <i>co-firing</i>                                                              | 34 |
| 14 | Perhitungan <i>Specific Fuel Consumption</i> (SFC) saat <i>coal firing</i>                               | 35 |
| 15 | Perhitungan biaya produksi batubara tanpa substitusi <i>sawdust</i>                                      | 35 |
| 16 | Rangkuman hasil biaya produksi dan SFC                                                                   | 36 |
| 17 | Faktor strategi kekuatan dan kelemahan                                                                   | 41 |
| 18 | Faktor strategi peluang dan ancaman                                                                      | 42 |
| 19 | Matriks IE PLTU XY                                                                                       | 43 |
| 20 | Analisis matriks SWOT                                                                                    | 44 |
| 21 | Kompilasi strategi dari analisis matriks SWOT                                                            | 47 |
| 22 | <i>Structural self-Interaction Matrix</i> (SSIM)                                                         | 48 |
| 23 | <i>Reachability Matriks</i> (RM)                                                                         | 48 |

## DAFTAR GAMBAR

|   |                                                                        |    |
|---|------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 | Pemakaian batubara di domestik (Ton)                                   | 1  |
| 2 | Persentase pemakaian batubara dilihat dari produksi listrik tahun 2018 | 2  |
| 3 | Kerangka pemikiran penelitian                                          | 14 |
| 4 | <i>Structural Self Interaction Matrix</i> /SSIM                        | 26 |
| 5 | <i>Reachability Matrix</i> (RM)                                        | 26 |
| 6 | Skema proses penerimaan limbah <i>sawdust</i>                          | 28 |
| 7 | Proses produksi <i>cofiring sawdust</i>                                | 29 |
| 8 | Matriks <i>driver power-dependence</i> untuk elemen prioritas strategi | 49 |
| 9 | Struktur prioritas strategi pengembangan metode <i>co-firing</i>       | 49 |



## DAFTAR LAMPIRAN

|   |                                                                 |    |
|---|-----------------------------------------------------------------|----|
| 1 | Konsumsi batubara dan <i>sawdust</i>                            | 58 |
| 2 | Kalor batubara dan <i>sawdust</i>                               | 58 |
| 3 | Produksi energi listrik <i>co-firing</i> dan <i>coal firing</i> | 59 |
| 4 | Konsumsi batubara dan kalor batubara saat <i>coal firing</i>    | 59 |
| 5 | Produksi energi listrik <i>co-firing</i>                        | 60 |
| 6 | Kuesioner analisis strategi SWOT dan ISM <i>co-firing</i>       | 61 |
| 7 | Dokumentasi penelitian                                          | 71 |

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.