

**PENGARUH CO-FIRING BAGASSE PADA BATUBARA
TERHADAP EFISIENSI BOILER**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan memperoleh gelar sarjana strata satu
(S-1) Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Malang*



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM MALANG
2025**

ABSTRAK

Maulana Syafa Aditya. **Dosen Pembimbing: Ir.H. Margianto, M.T. dan Nur Robbi, S.T., M.T.** 2025. “Pengaruh *Co-Firing* Bagasse pada Batubara Terhadap Efisiensi Boiler ”. Skripsi. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang.

Penggunaan energi yang bisa diperbarui sebagai pengganti bahan bakar fosil menjadi taktik penting dalam menggapai sasaran campuran energi secara nasional. Salah satu cara yang dipakai ialah *co-firing*, adalah pembakaran bersama antara batu bara dan biomassa. Riset ini memiliki tujuan untuk mengenali pengaruh dari pencampuran bagasse (ampas tebu) sebanyak 25% dengan batu bara bitumen 75% terhadap efisiensi boiler. Cara riset yang dipakai CHONS *Analyzer* melibatkan analisis termodinamika berdasar pada data keseimbangan panas di sistem boiler skala laboratorium. Variabel yang dianalisis mencakup nilai kalor tinggi (HHV), nilai kalor rendah (LHV), ukuran aliran massa bahan bakar, kebutuhan udara teoretis, dan juga efisiensi pembakaran dan efisiensi boiler. Hasil memperlihatkan bahwa pencampuran bagasse memberi sumbangsih dalam meningkatkan efisiensi energi, meskipun nilai kalor bagasse lebih rendah dibandingkan batu bara. Penambahan komponen semacam air heater juga berperan penting dalam meningkatkan efisiensi keseluruhan sistem boiler. Riset ini memberi sumbangsih terhadap pengembangan teknologi *co-firing* di pembangkit listrik tenaga uap sebagai upaya dekarbonisasi energi yang berbasis batu bara.

Kata Kunci: *Co-firing*, Ampas Tebu, Batubara Bitumen, Efisiensi Boiler, Biomassa

ABSTRAC

Maulana Syafa Aditya. Supervisors: Ir. H. Margianto, M.T. and Nur Robbi, S.T., M.T. 2025. "The Effect of Co-Firing Bagasse in Coal on Boiler Efficiency." Thesis. Mechanical Engineering Study Program, Faculty of Engineering, Islamic University of Malang.

The use of renewable energy as a substitute for fossil fuels is an important tactic in achieving the national energy mix target. One method used is co-firing, which is the joint combustion of coal and biomass. This research aims to identify the effect of mixing 25% bagasse with 75% bituminous coal on boiler efficiency. The research method used by the CHONS Analyzer involves thermodynamic analysis based on heat balance data in a laboratory-scale boiler system. The variables analyzed include high calorific value (HHV), low calorific value (LHV), fuel mass flow rate, theoretical air requirement, and combustion and boiler efficiency. The results show that blending bagasse contributes to increased energy efficiency, despite its lower calorific value than coal. The addition of components such as an air heater also plays a significant role in increasing the overall efficiency of the boiler system. This research contributes to the development of co-firing technology in steam power plants as an effort to decarbonize coal-based energy.

Keywords: Co-firing, Bagasse, Bituminous Coal, Boiler Efficiency, Biomass

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut Lembaga Energi Baru Terbarukan Dan Konservasi Energi (EBTK), Indonesia memiliki target bauran EBT sesuai Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) sebesar 23% di tahun 2025 dan 31% di tahun 2050. Hal itu menjadikan Masyarakat Indonesia harus memanfaatkan sumber energi terbarukan. Kementerian ESDM telah melaporkan bahwa Indonesia memiliki potensi biomassa sebesar 443 ribu megawatt (MW), sehingga pemerintah Indonesia menetapkan program pelaksanaan program co-firing biomassa di 52 lokasi Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Batubara milik PT PLN (Persero) dengan total kapasitas 18.154 MW. Maka dari itu pada penelitian ini dilakukan simulasi pembakaran co-firing pada boiler stoker dengan tujuan melihat performa hasil pembakaran antara batu bara dan biomassa batok kelapa dengan fraksi 0-20% dengan menggunakan metode elemen hingga *Computational Fluid Dynamics* (CFD). Menurut (Rangga et al 2023)

Eksplorasi energi yang terbarukan seperti sekam yang memiliki nilai kalor yang lebih tinggi dari pada batu bara. Penggunaan tersebut untuk menghindarkannya dari eksploitasi berlebihan yang tidak dapat mengimbangi permintaan terhadap kebutuhan energi para ahli. Namun penggunaan biomassa dapat mengimbangi permintaan kebutuhan energi terutama berbasis tenaga listrik. Pengertian dari biomassa tersebut adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintesis baik berupa produk maupun buangan. Menurut Triani (2013) contoh biomassa antara lain tanaman, pepohonan, rumput, ubi, limbah pertanian, limbah hutan, tinja dan kotoran. Pembakaran biomassa tersebut dapat mengurangi penggunaan batu bara yang digunakan untuk pembangkit listrik tenaga uap sebagai co-firing.

Penggunaan batu bara tersebut dipadukan dengan *co-firing*. Bahan bakar yang dibantu oleh biomassa yaitu ampas tebu. Pada pembakaran yang berbasis *co-firing* tentunya akan menghasilkan eksergi dan nilai kesetimbangan panas atau *heat balance*. Menggabungkan bahan bakar batu

bara dengan biomassa merupakan cara efisiensi dalam keberlanjutannya pembangkit listrik di Indonesia menurut Triani (2013).

Penggunaan batubara tersebut dipadukan dengan *co-firing*. Bahan bakar yang dibantu oleh biomassa yaitu *Bagasse* (ampas tebu). Pada pembakaran yang berbasis *co-firing* tentunya akan menghasilkan *eksergi* dan nilai kesetimbangan panas atau *heat balance*. Menggabungkan bahan bakar batu bara dengan biomassa merupakan cara efisiensi dalam keberlanjutannya pembangkit listrik di Indonesia menurut Triani (2013). Dengan demikian dilakukan penelitian simulasi dengan memodalkan pembakaran *co-firing* pada boiler.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang diatas, permasalahan yang dibahas dalam penyusunan skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh batubara Bitumen terhadap efisiensi boiler?
2. Bagaimana pengaruh campuran bahan bakar *Bagasse* (ampas tebu) 25% dan batubara Bitumen 75% terhadap efisiensi boiler?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan penjelasan latar belakang diatas, tujuan penelitian skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pengaruh batubara Bitumen terhadap efisiensi boiler.
2. Untuk mengetahui pengaruh campuran bahan bakar *Bagasse* (ampas tebu) 25% dan batubara Bitumen 75% terhadap efisiensi boiler.

1.4 Batasan Masalah

Agar pembahasan tidak terlalu luas dan tidak menyimpang, maka perlu adanya batasan masalah dalam menyelesaikan analisis ini. Maka batasan masalah ini adalah:

1. Analisis berdasarkan data kesetimbangan panas Boiler pada PLTU ABC .
2. Kondisi operasi dengan *supercritical* skala *rankine*.
3. Efek perubahan energi kinetik dan potensial diabaikan.
4. Efisiensi pembakaran berdasarkan nilai kalor bahan bakar, *lhv*, dan residu pembakaran.

5. Tidak membahas gas buang pada pembakaran.
6. Temperatur yang digunakan pada boiler sebesar 500°C tekanan 205,30

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menjadi alternatif bahan bakar pendamping batubara yang ramah lingkungan dan dapat diperoleh dari limbah *industry*.
2. Memberikan kontribusi terhadap target bauran energi nasional (RUEN) dengan penerapan co-firing di PLTU.
3. Memberi solusi dalam mengurangi konsumsi batubara secara bertahap tanpa mengorbankan performa pembangkit listrik.
4. Hasil penelitian dapat dijadikan dasar dalam perencanaan penggunaan bagasse sebagai bahan co-firing di PLTU.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dalam penelitian tentang pengaruh *co-firing Baggase* pada batubara terhadap efisiensi boiler, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan *air heater* pada sistem pembakaran berhasil meningkatkan efisiensi boiler untuk semua variasi bahan bakar yang digunakan, baik batubara murni maupun campuran.
2. Efisiensi tertinggi dicapai pada pembakaran batubara bitumen murni dengan nilai efisiensi sebesar 97% setelah penambahan *air heater*, mengalami kenaikan dari kondisi awal sebesar 95%.
3. Pada campuran batubara bitumen 75% dengan 25% *Baggase*, efisiensi meningkat dari 90% menjadi 92% setelah penambahan *air heater*. Ini menunjukkan bahwa *co-firing* dengan persentase 25% masih cukup optimal meningkatkan efisiensi sistem.
4. Secara umum, penggunaan *Baggase* sebagai bahan bakar alternatif dalam proses *co-firing* dapat menekan ketergantungan terhadap batubara fosil, mendukung program energi baru terbarukan, dan tetap menjaga efisiensi boiler pada tingkat yang dapat diterima.

5.2 Saran

Adapun beberapa saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian ini adalah

1. Untuk aplikasi *co-firing* skala industri, disarankan menggunakan campuran biomassa dalam rasio tidak lebih dari 25% untuk menjaga kestabilan dan efisiensi boiler tetap optimal.
2. Pengembangan teknologi pendukung seperti optimalisasi *air heater* dan sistem kontrol pembakaran sangat diperlukan agar dapat meminimalkan rugi-rugi panas yang terjadi pada saat *co-firing* biomassa.
3. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan melakukan variasi jenis biomassa lain selain *Baggase*, serta mengkaji pengaruh kelembaban bahan bakar terhadap performa efisiensi boiler.

4. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait dampak *co-firing* terhadap emisi gas buang agar implementasi biomassa sebagai energi alternatif tidak hanya meningkatkan efisiensi, tetapi juga ramah lingkungan.



DAFTAR PUSTAKA

- Amri Rosyid Susetyo, Chairul Nas, & Suliestyah. (2020). *Analisis Kebutuhan Udara Untuk Pembakaran Batu Bara Pada Boiler Unit 3 Di Pltu Suralaya*. 3(2).
- Asmudi. (2009). *Efisiensi Boiler Dan Perhitungan Kehilangan Energi Pada Sistem Boiler*.
- Belin, E. (2002). *Superheater Design And Operation In Steam Boilers*.
- Billah, M. (2010). *Peningkatan Nilai Kalori Batubara Peringkat Rendah Dengan Menggunakan Minyak Tanah Dan Minyak Residu*. Universitas Pembangunan Nasional (Upn) "Veteran."
- Borman, G. L., & Ragland, K. W. (1998). *Combustion Engineering*. Mcgraw-Hill.
- Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (2015). *Thermodynamics: An Engineering Approach* (8th Ed.). Mcgraw-Hill Education.
- Culp, A. (1991). *Principles Of Energy Conversion* (2nd Ed.). Mcgraw-Hill.
- D. Djokostardjo. (1999). *Penggunaan Dan Sistem Kerja Boiler Dalam Industri*.
- Dedy Eka Priyanto. (2015). *Fly Ash Transformation And Fouling Tendency During Co-Firing Biomass With Coal*. Ihi Corporation.
- Erbas, O. (2021). Investigation Of Factors Affecting Thermal Performance In A Coal - Fired Boiler And Determination Of Thermal Losses By Energy Balance Method. *Case Studies In Thermal Engineering*, 26, 101047. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.101047>
- Erny, K., Manik, L., Santi, S., Rahayu, P., Si, M., & Setiawan, I. (N.D.). *Final Project-Ss 141501 Modelling Of Electric Energy Needs In East Java With Simultaneous Equations Approach Undergraduate Programme Department Of Statistics Faculty Of Mathematics And Natural Sciences Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2016*.