

PENGARUH *CO-FIRING* TONGKOL JAGUNG 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*

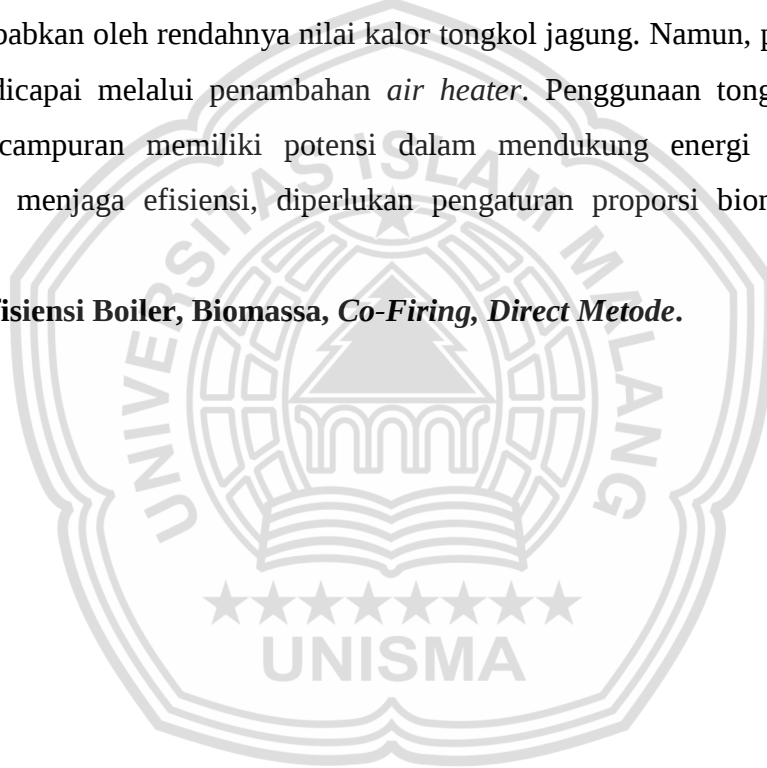


**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM MALANG
2025**

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengatasi permasalahan efisiensi pembakaran pada boiler akibat penggunaan bahan bakar fosil secara berkelanjutan. Salah satu solusi yang dikaji adalah metode *co-firing*, yaitu pencampuran batubara bitumen dengan biomassa tongkol jagung. Penelitian dilakukan secara eksperimental menggunakan metode langsung (*direct method*) untuk mengevaluasi efisiensi termal boiler berdasarkan variasi campuran bahan bakar: batubara murni, batubara dengan 35% tongkol jagung, dan batubara dengan 45% tongkol jagung. Hasil pembakaran menunjukkan bahwa efisiensi tertinggi diperoleh pada batubara murni (93%), sementara campuran 35% dan 45% tongkol jagung menurunkan efisiensi menjadi masing-masing 78% dan 70%. Penurunan efisiensi ini disebabkan oleh rendahnya nilai kalor tongkol jagung. Namun, peningkatan efisiensi dapat dicapai melalui penambahan *air heater*. Penggunaan tongkol jagung sebagai bahan campuran memiliki potensi dalam mendukung energi terbarukan, meskipun untuk menjaga efisiensi, diperlukan pengaturan proporsi biomassa yang optimal.

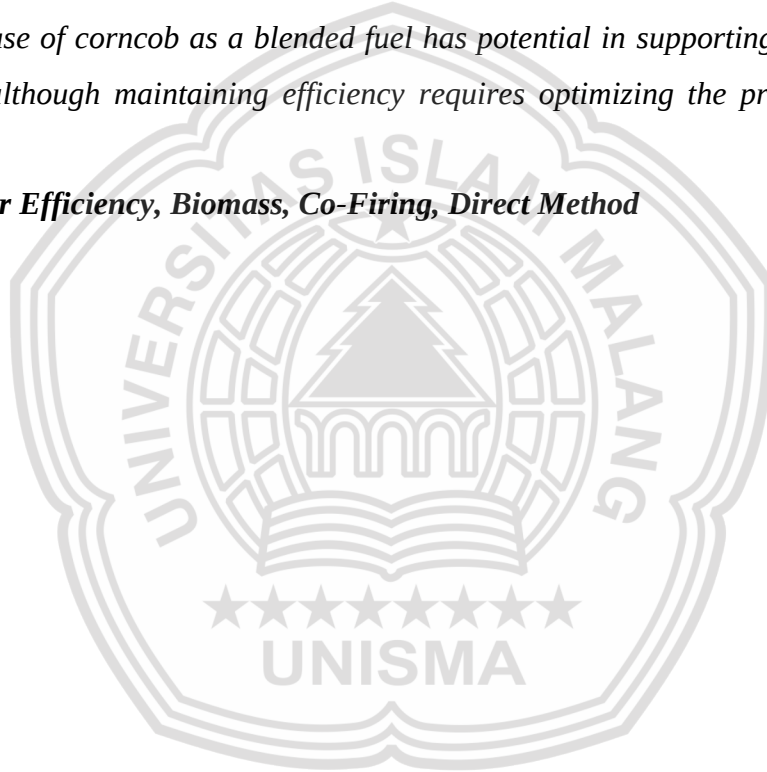
Kata Kunci : Efisiensi Boiler, Biomassa, *Co-Firing*, *Direct Metode*.



ABSTRACT

This study was conducted to address the issue of combustion efficiency in boilers due to the continuous use of fossil fuels. One of the solutions explored is the co-firing method, which involves mixing bituminous coal with corncob biomass. The research was carried out experimentally using the direct method to evaluate the boiler's thermal efficiency based on different fuel mixtures: pure coal, coal with 35% corncob, and coal with 45% corncob. The combustion results showed that the highest efficiency was achieved with pure coal (93%), while the 35% and 45% corncob mixtures reduced efficiency to 78% and 70%, respectively. This efficiency drop was caused by the lower calorific value of corncob. However, efficiency improvements can be achieved through the addition of an air heater. The use of corncob as a blended fuel has potential in supporting renewable energy efforts, although maintaining efficiency requires optimizing the proportion of biomass used.

Keywords: Boiler Efficiency, Biomass, Co-Firing, Direct Method



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Listrik merupakan kebutuhan mendasar dalam kehidupan sehari-hari. Hampir seluruh aktivitas manusia, baik di rumah tangga, sektor industri, dunia usaha, maupun fasilitas publik, sangat bergantung pada energi listrik. Seiring dengan meningkatnya konsumsi listrik, penggunaan sumber energi alternatif seperti biomassa tongkol jagung menjadi penting. Biomassa ini, sebagai sumber energi organik, dapat dimanfaatkan untuk pembangkitan listrik berbasis uap. Namun, kebutuhan listrik yang terus meningkat memicu kekhawatiran karena sebagian besar masih dipenuhi dari pembakaran energi fosil. Menurut (Erny et al., 2016) penggunaan pembangkit listrik tenaga uap yang berdasarkan energi fosil dapat dikombinasikan dengan biomassa atau yang disebut *co-firing*. Dengan pemanfaatan energi listrik menggunakan *co-firing*, berdampak yang baik bagi lingkungan.

Provinsi Jawa Timur, dengan jumlah penduduk mencapai 37.478.980 jiwa dan luas wilayah sekitar 47.922 km², menunjukkan tren peningkatan konsumsi listrik setiap tahunnya. Berdasarkan data dari PT PLN Distribusi Jawa Timur, penjualan daya listrik pada triwulan pertama tercatat sebesar 7.478.066 MWh. Sektor perumahan atau rumah tangga menjadi penyumbang terbesar dalam jumlah pelanggan di wilayah ini. Dalam rangka mencapai target bauran energi nasional pada tahun 2025, diperlukan percepatan dalam pengembangan kapasitas energi baru terbarukan. Salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan di Indonesia adalah biomassa, khususnya sebagai bahan bakar melalui metode *co-firing*. *Co-firing* sendiri merupakan teknik pencampuran bahan bakar biomassa ke dalam tungku pembakaran (furnace) pada boiler PLTU. Dengan mengombinasikan biomassa dan batubara, metode ini menjadi solusi alternatif yang efektif dalam menurunkan emisi gas rumah kaca tanpa menurunkan efisiensi pembangkit (Wander et al., 2020). *Co-firing* dilakukan dengan membakar dua atau lebih jenis bahan bakar secara bersamaan, di mana biomassa sebagai bahan bakar terbarukan yang lebih ekonomis digunakan dalam rasio tertentu, sehingga mampu mengurangi konsumsi batubara dan menekan biaya pokok produksi listrik (Xu et al., 2020).

Dalam proses penyediaan energi listrik, seringkali muncul berbagai permasalahan yang perlu diatasi. dilapangan dan adanya tuntutan pemerintah melalui regulasi terhadap penyediaan tenaga listrik yang dibangkitkan, khususnya besaran nilai emisi suatu pembangkit PLTU. Sebagai upaya untuk menekan tingkat emisi yang dihasilkan, dibutuhkan inovasi teknologi guna mendukung proses pembangkitan energi yang lebih ramah lingkungan. (Agus et al., 2023).

Bahan bakar yang dibantu oleh biomassa yaitu tongkol jagung. Pada pembakaran yang berbasikan *co-firing* tentunya akan menghasilkan *eksergi* dan nilai kesetimbangan panas atau *heat balance*. Menggabungkan bahan bakar batu bara dengan biomassa merupakan cara efisiensi dalam keberlanjutanya 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 *co-firing* tongkol jagung pada batubara Bitumen 35% dan 45% terhadap efisiensi boiler?

1.3 Batasan Masalah

Guna menjaga ruang lingkup pembahasan tetap terarah dan tidak meluas ke luar konteks, diperlukan adanya batasan masalah dalam proses analisis ini. Batasan masalah yang ditetapkan adalah sebagai berikut:

1. Analisis berdasarkan data kesetimbangan panas Boiler pada PLTU XYZ.
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.

1.4 Tujuan Penelitian

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

1. Mengetahui pengaruh batubara Bitumen terhadap efisiensi boiler.
2. Mengetahui pengaruh *co-firing* tongkol jagung pada batubara Bitumen 35% dan 45% terhadap efisiensi boiler.

1.5 Manfaat Penelitian

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

1. Pemilihan *co-firing* dengan *heat value* tongkol jagung pada batubara Bitumenn sebagai rujukan pemilihan *co-firing* sebagai bahan bakar pembangkit listrik tenaga uap.
2. Pemilihan biomassa sebagai bahan *co-firing* alternatif pembangkit listrik tenaga uap untuk menekan emisi gas buang.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dalam penelitian tentang pengaruh *co-firing* tongkol jagung 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 batubara dengan tongkol jagung.
2. Efisiensi tertinggi dicapai pada pembakaran batubara bitumen murni dengan nilai efisiensi sebesar 93% setelah penambahan *air heater*, mengalami kenaikan dari kondisi awal sebesar 91%.
3. Pada campuran batubara bitumen dengan 35% tongkol jagung, efisiensi meningkat dari 76% menjadi 79% setelah penambahan *air heater*. Ini menunjukkan bahwa *co-firing* dengan persentase 35% masih cukup optimal meningkatkan efisiensi sistem.
4. Pada campuran batubara bitumen dengan 45% tongkol jagung, efisiensi juga meningkat dari 74% menjadi 76%. Namun, nilai efisiensi ini lebih rendah dibandingkan campuran 35%, mengindikasikan bahwa semakin besar proporsi biomassa dapat menurunkan efisiensi pembakaran secara keseluruhan.
5. Secara umum, penggunaan tongkol jagung 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 35% 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 tongkol jagung, 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.
5. Diperlukan penelitian secara lapangan dan langsung meneliti di boiler dalam ukuran laboratorium.



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*.
- Ge Steam Power. (2019). *Boiler Technology Overview*. Ge Vernova.
- Gheorghe, D. (2011). *Fundamentals Of Steam Drum Operation In Boiler Systems*.
- Haluti, S. (2006). *Potensi Energi Limbah Jagung Sebagai Sumber Energi Alternatif*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Hendri, A. (2017). *Analisis Efisiensi Boiler Pada Industri Energi*. Andi.
- Hendy Fernanda. (2017). *Simulasi Pengaruh Rasio Tekanan Hph Terhadap Performa Pltu Paiton Unit 9 Menggunakan Software Cycle-Tempo*.
- Kimutai, I. K., & Maina, P. (2022). Experimental Investigation Of Energy Efficiency And Saving Opportunities For An Industrial Boiler In Process Industry: A Case Study Of A Textile Manufacturing Industry In Kenya. *Journal Of Industrial Engineering And Management*, 7(2), 23–30.
- Kirk-Othmer. (1992). *Encyclopedia Of Chemical Technology* (4th Ed., Vol. 6). John Wiley &

Sons.

- Koopmans, A., & Koppejan, J. (1997). *Agricultural And Forest Residues - Generation, Utilization And Availability*. Fao Regional Wood Energy Development Programme In Asia.
- Kurniawati, C. T., Sutrisno, J., Walujo, D. A., & Sembodo, B. P. (2022). Pemanfaatan Limbah Tongkol Jagung Manis (*Zea Mays L. Saccharata*) Sebagai Bahan Bioplastik Dengan Penambahan Zno Dan Gliserol. *Jurnal Teknik Waktu*, 20(1), 56–63.
- Lachke, A. H. (2002). *Biofuel From Biomass: A Growth Opportunity For Indian Industry And Agriculture*. Tata Energy Research Institute.
- Mahreni, M. (2019). *Batubara: Energi Untuk Masa Depan*. Pt Rajagrafindo Persada.
- Munir, A., Tahir, A. R., Sabir, M. S., & K. Ejaz. (2004). Efficiency Calculations Of Bagasse Fired Boiler On The Basis Of Flue Gases Temperature And Total Heat Values Of Steam. *Pakistan Journal Of Life And Social Sciences*, 2(1).
- Nagar, V., Kumar Soni, V., & Kumar Khare, V. (2013). Boiler Efficiency Improvement Through Analysis Of Losses. *International Journal For Scientific Research & Development*, 1(3).
- Patro, B. (2016). Efficiency Studies Of Combination Tube Boilers. *Alexandria Engineering Journal*, 55(1), 193–202. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2015.12.007>
- P.K. Nag. (2001). *Power Plant Engineering*. Tata Mcgraw-Hill.
- Putri, A. D. (2017). *Analisis Unjuk Kerja Pemanas Air Pengisi (High Pressure Heater) Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (Pltu) Paiton Unit 1*. Universitas Negeri Malang.
- Raja, A. K. , S. A. P. , & Dwivedi, M. (2006). *Power Plant Engineering*. New Age International Publishers.
- Sakdillah, A., Pratama, I. M., & Hidayat, N. (2021). Analisis Nilai Afr Berdasarkan Basis Analisis Pada Pembakaran Biomassa. *Jurnal Teknologi Energi*, 15(2), 123–134.
- Sirajduddin Haluti. (2014). *Pemetaan Potensi Limbah Tongkol Jagung Sebagai Energi Alternatif Diwilayah Provinsi Gorontalo*. Insitut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sudrajat, A. (2004). *Teknologi Pemanfaatan Limbah Pertanian Untuk Energi*. Penebar Swadaya.
- Wulandari, D., Santoso, H., & Nugroho, Y. (2021). Nilai Air Fuel Ratio (Afr) Pada Pembakaran Batubara Lignit: Studi Kasus Pada Boiler Industri. *Jurnal Teknologi Energi Indonesia*, 10(2), 45–53.
- Xiao, P., Zhang, Y., Wang, Y., & Wang, J. (2019). Analysis Of An Improved Economizer System For Active Control Of The Coal-Fired Boiler Flue Gas Temperature. *Energy*, 170,

185–198. <https://doi.org/10.1016/J.Energy.2018.12.147>

