

ANALISIS EKPERIMENTAL *CO-FIRING* BIOMASSA BONGGOL JAGUNG DENGAN BATUBARA

*Purwadi¹, MSK Tony Suryo Utomo², Muchammad²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: purwadi@students.undip.ac.id

Abstrak

Pemenuhan sumber energi primer berbahan fosil untuk dimanfaatkan sebagai energi final, seringkali mempunyai dampak buruk bagi lingkungan seperti meningkatnya emisi gas buang karbondioksida, menyebabkan hujan asam, mengurangi jumlah ozon dan meningkatkan efek gas rumah kaca. Pada tahun 2000 tercatat pencemaran emisi karbondioksida sebesar 60,1 juta ton dan terus meningkat pada tahun 2016 sebesar 97,9 juta ton emisi karbondioksida. Dalam usaha meningkatkan penyediaan energi primer dengan memanfaatkan penggunaan sumber energi baru dan terbarukan, pemerintah menetapkan Kebijakan Energi Nasional (KEN) melalui peraturan presiden yaitu Perpres No 79/2014 yang menetapkan penggunaan energi baru dan terbarukan untuk mencapai bauran Energi primer sebesar 23% di tahun 2025. *Co-firing* sendiri merupakan metode pembakaran dengan melakukan pencampuran dua jenis bahan bakar ke satu tempat pembakaran untuk meminimalisir kandungan gas buang yang terjadi selama pembakaran batubara pada boiler. Jenis boiler yang akan digunakan pada penelitian ini berjenis *stoker boiler* dengan mengambil bagian tungku pembakarannya untuk melakukan proses *co-firing*. *Stoker boiler* sendiri merupakan jenis boiler tertua yang digunakan untuk melakukan pembakaran langsung dari bahan bakar padat seperti batubara. Dengan keuntungan menggunakan boiler jenis ini berupa dapat membakar berbagai macam bahan bakar dengan sedikit instalasi awal, dan perawatannya yang sederhana. Penelitian ini dilakukan menggunakan biomassa bonggol jagung dicampurkan dengan batubara. Peneliti melakukan penelitian dengan menggunakan bonggol jagung sebanyak 20% atau 6 kg dicampurkan dengan batubara sebanyak 80% atau 24 kg dan akan dibandingkan hasilnya dengan pembakaran batubara 100%. Penelitian yang dilakukan menggunakan metode eksperimen dengan mengambil data suhu pembakaran yang terjadi selama 90 menit setiap 5 menit dimulai dari menit ke-0. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini yaitu pada suhu pembakaran tertinggi batubara 100% mencapai suhu 546,9°C. Sedangkan suhu pembakaran tertinggi *co-firing* biomassa bonggol jagung sebanyak 6 kg atau 20% mencapai suhu 637,1°C. Hal ini menunjukkan penggunaan biomassa bonggol jagung mempengaruhi suhu pembakaran.

Kata kunci: biomassa; *co-firing*; suhu pembakaran

Abstract

Fulfillment of fossil-based primary energy sources to be utilized as final energy, often has a negative impact on the environment such as increasing carbon dioxide exhaust emissions, causing acid rain, reducing the amount of ozone and increasing the effect of greenhouse gases. In 2000, 60.1 million tons of carbon dioxide emissions were recorded and continued to increase in 2016 by 97.9 million tons of carbon dioxide emissions. In an effort to increase the supply of primary energy by utilizing the use of new and renewable energy sources, the government established the National Energy Policy (KEN) through a presidential regulation, namely Presidential Regulation No. 79/2014 which stipulates the use of new and renewable energy to achieve a primary energy mix of 23% in 2025. Co-firing itself is a combustion method by mixing two types of fuel into one combustion chamber to minimize the exhaust gas content that occurs during coal combustion in the boiler. The type of boiler that will be used in this study is a stoker boiler by taking part of the combustion furnace to carry out the co-firing process. Stoker boiler itself is the oldest type of boiler used to carry out direct combustion of solid fuels such as coal. The advantage of using this type of boiler is that it can burn a variety of fuels with little initial installation, and simple maintenance. This research was conducted using corncob biomass mixed with coal. Researchers conducted research using 20% or 6 kg of corncobs mixed with 80% or 24 kg of coal and compared the results with 100% burning of coal. The research was conducted using the experimental method by taking data on the combustion temperature that occurred for 90 minutes every 5 minutes starting from the 0th minute. The results obtained in this study are at the highest burning temperature of 100% coal reaching a temperature of 469.5 °C. Meanwhile, the highest co-firing temperature of 6 kg or 20% of corn cob biomass reached a temperature of 637.1°C. This shows the use of corn cob biomass affects the combustion temperature.

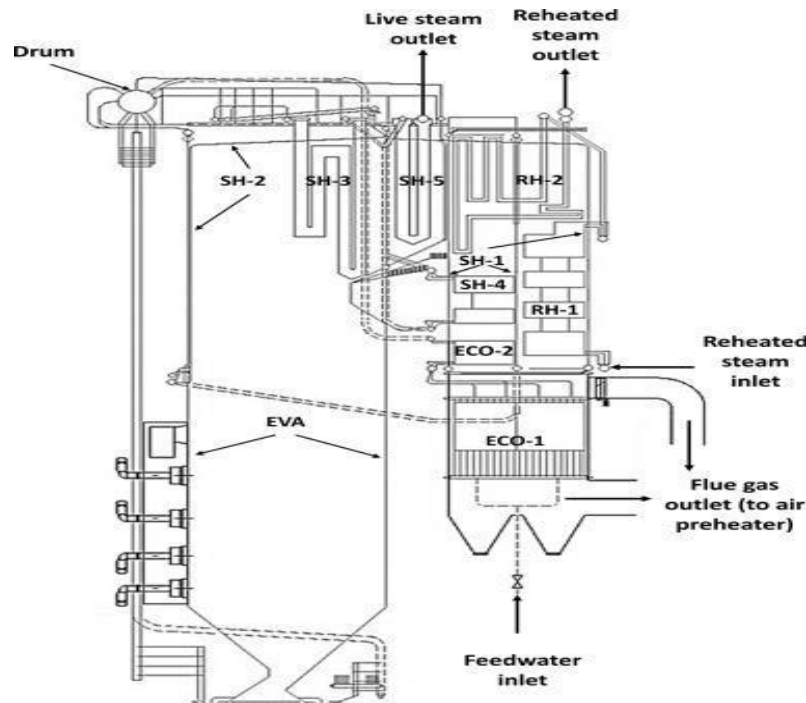
Keywords: biomass; *co-firing*; combustion temperature

1. Dasar Teori

Dasar teori yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini meliputi:

1.1 Boiler

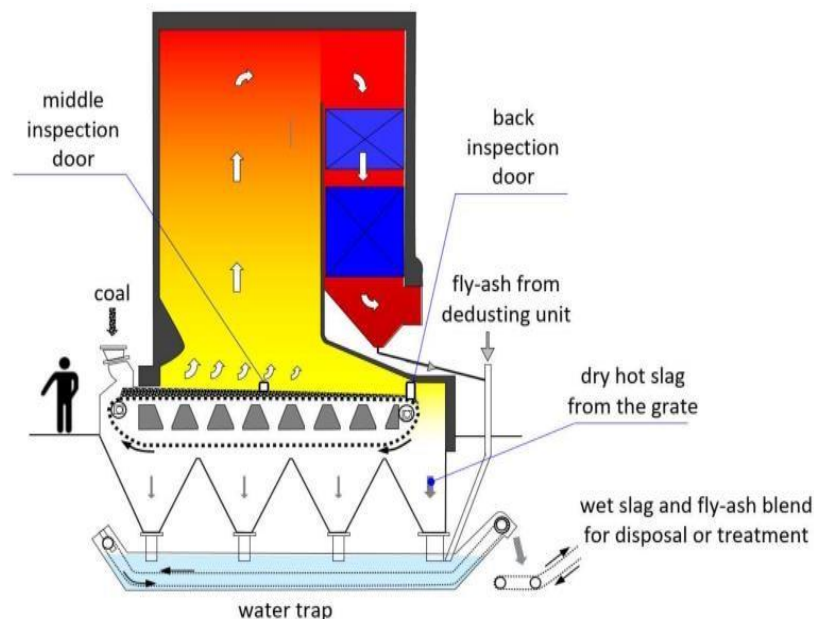
Boiler adalah sejenis bejana tertutup yang menyediakan sarana untuk pembakaran dan mentransfer panas ke air sampai menjadi air panas atau uap, kemudian air panas atau uap dibawah tekanan tinggi kemudian dapat digunakan untuk suatu proses industri atau untuk pembangkit tenaga melalui turbin uap [1]. Bagian-bagian *boiler stoker* dapat ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagian-bagian boiler [2]

1.2 Stoker Boiler

Stoker Boiler pada umumnya berbahan bakar batubara dan limbah padat. Keuntungan dari *Stoker Boiler* adalah konstruksi dan sistem penggunaan yang sederhana serta memiliki fleksibilitas yang sangat baik. Sedangkan kelemahan pada *Stoker boiler* adalah efisiensi termal yang rendah daripada jenis boiler yang lainnya [3]. Gambar 2 menunjukkan gambar stoker boiler.



Gambar 2. Stoker Boiler [4]

1.3 *Co-firing*

Co-Firing merupakan suatu proses pembakaran dua material yang berbeda secara bersamaan. *Co-firing* pada boiler pada umumnya memanfaatkan bahan bakar biomassa sebagai salah satu material bahan bakarnya. *Co-firing* biomassa merupakan metode dengan biaya yang rendah untuk menciptakan energi yang ramah lingkungan [5]. Bahan bakar *co-firing* biomassa dapat berasal dari potongan kayu, reruntuhan pohon, jenis tanaman energi, beberapa jenis limbah tertentu, ataupun sampah yang sudah diolah dengan prosentase campuran sebesar 1% sampai dengan 5% [6]

1.4 Batubara

Batu bara adalah padatan yang mudah terbakar dan mengandung karbon yang diperoleh dari dekomposisi tumbuhan karena tekanan, suhu, dan gaya. Kita dapat membedakan jenis batubara dari peringkat tinggi ke peringkat rendah sesuai dengan warnanya masing-masing yaitu dari coklat ke hitam. Sumber vegetasi terdiri dari bentuk tumbuhan rendah yaitu lumut sampai tumbuhan berkayu prekursor. Meskipun nilai kalor ditentukan oleh kandungan karbon batubara, namun faktor lain seperti kandungan air, kandungan abu dan kandungan belerang memainkan peran penting untuk menentukan peringkat untuk sumber batubara tertentu. Batubara peringkat teratas adalah antrasit dengan kandungan karbon tertinggi misalnya 86-98% dan memiliki nilai kalori berkisar antara 22-28 juta BTU/ton [7].

1.5 Biomassa

Biomassa adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintesis, baik berupa produk maupun buangan. Contoh biomassa antara lain adalah tanaman, pepohonan, rumput, ubi, limbah pertanian, limbah hutan, tinja, dan kotoran ternak. Selain digunakan untuk bahan pangan, pakan ternak, minyak nabati, bahan bangunan dan sebagainya, biomassa juga digunakan sebagai sumber energi (bahan bakar). Biomassa yang umum digunakan sebagai bahan bakar adalah yang memiliki nilai ekonomis rendah atau merupakan limbah setelah diambil produk primernya [8].

1.6 Pembakaran

Pembakaran adalah oksidasi bahan bakar secara cepat yang disertai dengan produksi panas atau panas dan cahaya. Pelepasan panas dan cahaya ini ditandai dengan terbentuknya api. Pembakaran yang sempurna terjadi hanya jika terdapat pasokan oksigen yang cukup dan biasanya pembakaran dilakukan dengan udara berlebih untuk menjamin pembakaran yang sempurna [9]. Pada prinsipnya, proses pembakaran akan berlangsung jika 3 (tiga) syarat terjadinya proses pembakaran terpenuhi yakni adanya oksigen dari udara, bahan bakar, dan terdapat nyala api. Hal ini dapat di tunjukan pada Gambar 3.



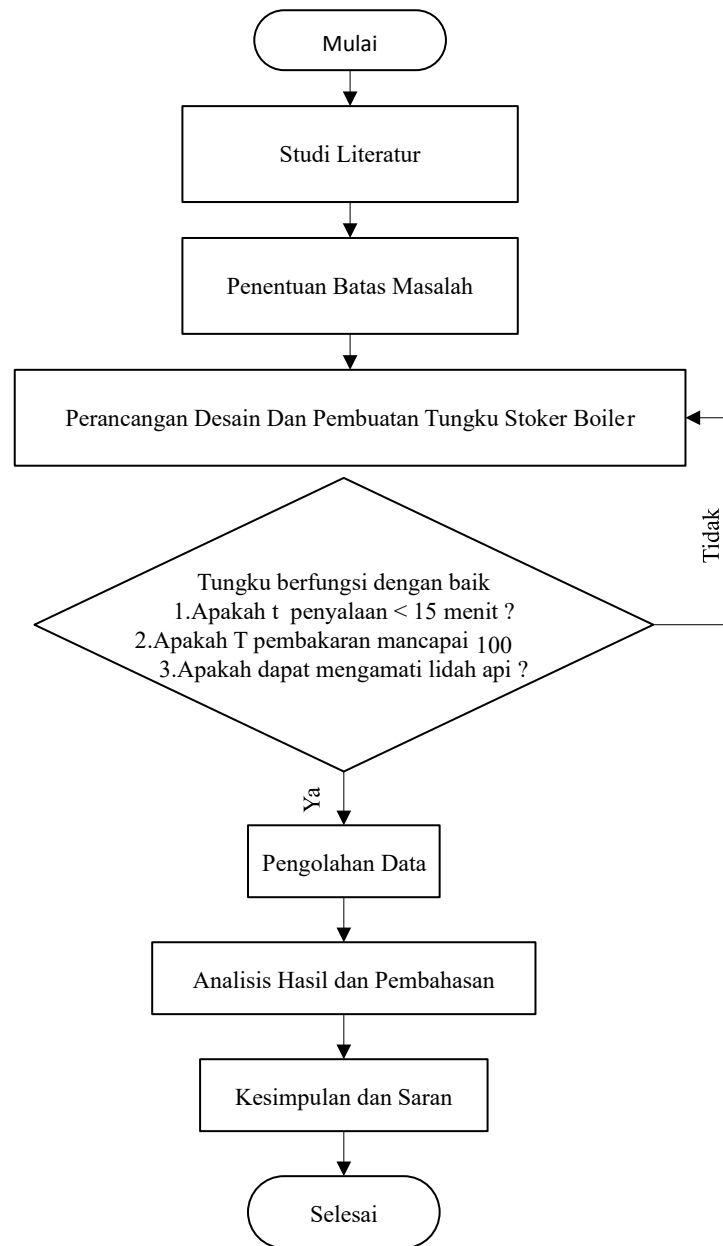
Gambar 3. siklus pembakaran [10]

2. Metode Penelitian

Untuk mencapai tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini, peneliti akan menggunakan metode penelitian eksperimental yaitu metode yang digunakan untuk menguji pengaruh dari suatu perlakuan atau kondisi dengan cara membandingkan satu atau lebih kelompok dengan perlakuan baru dengan satu atau lebih kelompok lain tanpa perlakuan sebagai pembanding.

2.1 Diagram Alir

Diagram alir yang digunakan untuk penelitian ini ditampilkan Gambar 4.



Gambar 4. Diagram alir penelitian

2.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan untuk menunjang penelitian ini, diantaranya yaitu:

1. Tungku pembakaran *stoker boiler*
Merupakan alat yang digunakan sebagai tempat pembakaran dan proses *co-firing*.
2. Batubara
Batubara digunakan sebagai bahan bakar pembandingan penelitian dan campuran pada *co-firing*.
3. Bonggol Jagung
Digunakan sebagai variasi bahan bakar untuk proses *co-firing* yang akan dibandingkan dengan pembakaran batubara 100%.

2.3 Data Penelitian

Data-data yang digunakan pada penelitian ini didapatkan dari data eksperimen yang dilakukan dari mulai pembakaran 100% batubara hingga campuran dengan bonggol jagung 20 %. Data-data yang digunakan untuk menunjang eksperimen *co-firing* ini antara lain seperti data nilai kalor dari batubara dan bonggol jagung yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai kalor bahan bakar

No	Nama Sample	Nilai Kalor (cal/g)
1	Batubara	5164,6
2	Bonggol Jagung	3960,96

2.4 Pengujian

Penelitian ini dilakukan pada halaman belakang Laboratorium Thermofluida Teknik Mesin Universitas Diponegoro yang dilakukan mulai tanggal 1 Juni 2023 s/d 3 Juni 2023, yaitu dengan dimulainya pengambilan data pembakaran batubara 100% hingga *co-firing* biomassa bonggol jagung 20% atau 6 kg. Untuk prosedur pengambilan data pembakaran batubara dan *co-firing* biomassa bonggol jagung dengan batubara dilakukan setelah memastikan alat dan bahan telah siap dan sudah dipastikan bekerja dengan baik. Untuk lengkapnya dijelaskan sebagai berikut:

1. Membersihkan tempat pembuangan abu dan grate pembakaran dari sisa hasil pembakaran sebelumnya.
2. Melakukan penimbangan terhadap bahan bakar yang akan digunakan untuk pengujian menggunakan timbangan gantung digital dengan berat total mencapai 30 kg.
3. Memasukkan bahan bakar pembakaran ke tungku pembakaran lalu meratakannya ke grate pembakaran
4. Menuangkan dexlite sebanyak 250 ml ke kain lalu tempatkan pada 3 titik memanjang untuk membantu penyalan awal pembakaran
5. Nyalakan api dan tunggu sekitar 1 menit lalu nyalakan blower primer. Setelah api menyala dengan baik tutup tempat pembakaran menggunakan cover tungku dan nyalakan blower sekunder.
6. Mencatat perubahan suhu setiap 5 menit selama 90 menit dimulai dari menit ke-0 dengan pencatatan selama 1 menit untuk mendapatkan suhu pembakaran rata-rata dalam menit tersebut
7. Lakukan Langkah 1-6 untuk setiap penelitian yang akan dilakukan sesuai dengan variasi yang akan diteliti
8. Setelah pengambilan data selesai dilakukan, matikan blower sekunder dan blower primer agar supply udara berhenti, dengan tujuan agar proses pembakaran lambat laun berhenti.
9. Setelah mencapai suhu sudah tidak terlalu panas maka Langkah selanjutnya adalah membuka cover tungku bermaksud untuk mempercepat penurunan suhu pada alat agar dapat digunakan lagi pada pengujian berikutnya.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian berupa pembakaran batubara 100% dan *co-firing* biomassa bonggol jagung 20% dengan batubara 80% didapatkan hasil berupa suhu pembakaran.

3.1 Suhu Pembakaran

Pengambilan data suhu pembakaran dilakukan dengan melakukan pengamatan dan pencatatan setiap 5 menit selama 90 menit, dimulai dari menit ke-0 hingga menit ke-90. Setelah itu didapatkan suhu tertinggi dari setiap variasi pembakaran yang disajikan Tabel 2 dan ditampilkan pada Gambar 5.

Tabel 2. Tabel pengamatan suhu pembakaran tertinggi setiap pengujian

No	Pengujian	Menit-ke	Suhu (°C)
1	Batubara 1	60	546,9
2	<i>Co-firing</i> biomassa bonggol jagung 20%	25	637,1



(a)



(b)

Gambar 5. Proses pembakaran (a) proses penyalaan awal, (b) pengamatan proses pembakaran

Dari Tabel 2 dan Gambar 4, diperoleh bahwa suhu pembakaran menggunakan biomassa sebanyak 20% atau 6 kg memiliki suhu pembakaran yang lebih tinggi dibandingkan dengan pembakaran batubara 100%. Dengan suhu pembakaran pada batubara 100% mencapai suhu 546,9°C, sedangkan pada *co-firing* biomassa bonggol jagung 20% mencapai suhu 637,1 °C.

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan bahwa suhu pengujian tertinggi didapat pada *co-firing* biomassa bonggol jagung 20% dengan suhu tertinggi mencapai 546,9°C pada menit ke-25 pembakaran.
2. Penggunaan biomassa bonggol jagung mempengaruhi suhu pembakaran, yaitu mengalami kenaikan dibandingkan dengan suhu pembakaran menggunakan batubara 100%.

5. Daftar Pustaka

- [1] Sajath, S. H. M. Industrial Boiler Operation.
- [2] Madejski, Paweł, and Piotr Żymełka. "Calculation methods of steam boiler operation factors under varying operating conditions with the use of computational thermodynamic modeling." *Energy* 197 (2020): 117221
- [3] Rusinowski, H., Szega, M., & Szle, A. *Methods of choosing the optimal parameters for solid fuel combustion in stoker-fired boilers*. 43, 1363–1375. 2002
- [4] M. Tanczuk, M. Masiukiewicz, S. Anweiler, and R. Junga, "Technical aspects and energy effects of waste heat recovery from district heating boiler slag," *Energies*, vol. 11, no. 4, 2018, doi: 10.3390/en11040796..
- [5] Milićević, A., Belošević, S., Crnomarković, N., Tomanović, I., Stojanović, A., Tucaković, D., ... & Che, D. (2021). Numerical study of co-firing lignite and agricultural biomass in utility boiler under variable operation conditions. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 181, 121728.
- [6] Tanbar, F., Purba, S., Samsudin, A. S., Supriyanto, E., Aditya, I. A., Pln, P. T., Penelitian, P., & Ketenagalistikan, P. (2021). Analisa Karakteristik Pengujian Co-Firing Biomassa Sawdust Pada Pltu Type Pulverized Coal Boiler Sebagai Upaya Bauran Renewable Energy. *Jurnal Offshore*, 5(2), 2549–8681.
- [7] Ullah, M. S., Zahid, U., & Masood, T. (2019). Ultimate and Proximate Analysis of Coal Samples from Different Regions in Pakistan for their Future Utilization. February 2020. <https://doi.org/10.33805/2639-6734.107>
- [8] Parinduri, L., & Parinduri, T. (2020). Konversi biomassa sebagai sumber energi terbarukan. *JET (Journal of Electrical Technology)*, 5(2), 88-92.
- [9] Triwibowo, B. (2014). Teori Dasar Simulasi Proses Pembakaran Limbah Vinasse dari Industri Alkohol Berbasis CFD. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 2(2).
- [10] Syarief, A., Setiambodo, Y. B., & Ramadhan, M. N. (2020). Analisis Kebutuhan Udara Pembakaran Untuk Mengoptimalkan Proses Pembakaran Boiler Pt. Pln (Persero) Sektor Pembangkitan Asam Asam Unit 3 & Unit 4. *INFO-TEKNIK*, 21(1), 85-102.