

EFEK PENGGUNAAN BIOMASSA TEMPURUNG KELAPA TERHADAP PROSES CO-FIRING BATU BARA DILIHAT DARI TEMPERATUR YANG TERJADI

*Jalal Wisnu Widiatoro¹, 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: jalalwisnuwidiatoro@students.undip.ac.id

Abstrak

Penggunaan listrik di Indonesia mulai meningkat seiring berjalannya waktu. Hal ini didasari karena kemudahan masyarakat dalam mendirikan sebuah usaha, sehingga konsumsi listrik pada bidang industri meningkat. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) sendiri masih menjadi prioritas pemerintah saat ini karena keefisiennya. Suplai bahan bakar yang memadai dari tambang-tambang yang ada dalam negeri pun juga melimpah sehingga PLTU masih menjadi pilihan utama. Pro kontra dalam pemanfaatan hasil tambang seperti batu bara untuk bahan bakar pembangkit listrik pun pasti ada. Kementerian ESDM melakukan gerakan pemanfaatan biomassa dalam upaya mengurangi penggunaan batu bara. Dalam praktiknya saat ini, biomassa masih belum maksimal dimanfaatkan karena kelemahan tersendiri dibandingkan batu bara. Co-firing antara biomassa dan batu bara menjadi solusi terbaik dalam memanfaatkan penggunaan biomassa. Co-firing merupakan suatu proses pencampuran 2 bahan bakar yang memiliki material berbeda yang kemudian pada proses pembakarannya dilakukan secara bersamaan. Penelitian kali ini bertujuan untuk mencari pengaruh penggunaan biomassa tempurung kelapa terhadap proses co-firing yang ada pada tungku stoker boiler. Stoker boiler dipilih karena memiliki kesederhanaan sistem pembakaran yang menyebabkannya fleksibel dalam pemilihan proses co-firing. Tempurung kelapa juga merupakan salah satu biomassa dengan nilai kalor yang hampir sama dengan batu bara. Selain itu, limbahnya pun berlimpah dan mudah untuk ditemukan. Pada penelitian kali ini, ada 2 variasi penelitian yaitu batu bara 100% dan proses co-firing yang dilakukan adalah 30% dengan total perbandingan massa batu bara dan biomassa adalah 21 : 9 kg. Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan waktu pembakaran 90 menit dan pengamatan temperatur dilakukan dengan selang waktu 5 menit selama waktu penelitian. Hasil yang didapatkan pada variasi batu bara 100% mencapai temperatur tertingginya pada menit ke-60 dengan temperatur tercatat 469,5°C. Sedangkan pada variasi co-firing 30%, tercatat temperatur tertingginya adalah 703,4°C pada menit ke-30. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan biomassa tempurung kelapa dapat memengaruhi temperatur.

Kata kunci: biomassa; co-firing; emisi gas buang; temperatur

Abstract

The use of electricity in Indonesia began to increase over time. This is based on the convenience of the community in setting up a business, so that electricity consumption in the industrial sector increases. The Steam Power Plant (PLTU) itself is still a priority for the current government because of its efficiency. Adequate fuel supply from domestic mines is also abundant, so PLTU is still the main choice. There are pros and cons in the use of mining products such as coal for fuel for power plants. The Ministry of Energy and Mineral Resources is carrying out a movement to utilize biomass in an effort to reduce the use of coal. In current practice, biomass is still not optimally utilized due to its own weaknesses compared to coal. Co-firing between biomass and coal is the best solution for utilizing biomass. Co-firing is a process of mixing 2 fuels that have different materials which are then carried out simultaneously in the combustion process. This research aims to find the effect of using coconut shell biomass on the co-firing process in the stoker boiler furnace. The stoker boiler was chosen because it has the simplicity of the combustion system which causes it to be flexible in choosing the co-firing process. Coconut shell is also one of the biomass with a calorific value that is almost the same as coal. In addition, the waste is abundant and easy to find. In this study, there were 2 research variations, namely 100% coal and 30% co-firing process with a total mass ratio of coal and biomass of 21: 9 kg. The research was carried out experimentally with a burning time of 90 minutes and temperature observations were carried out at intervals of 5 minutes during the study time. The results obtained for the 100% coal variation reached its highest temperature in the 60th minute with a recorded temperature of 469.5°C. Whereas in the 30% co-firing variation, the highest temperature recorded was 703.4°C in

the 30th minute. The results of this study indicate that the use of coconut shell biomass can affect temperature.

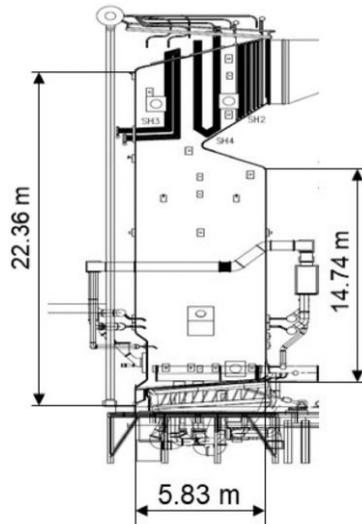
Keywords: biomass; co-firing; exhaust emissions; temperature

1. Dasar Teori

Dasar teori yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini meliputi:

1.1 Boiler

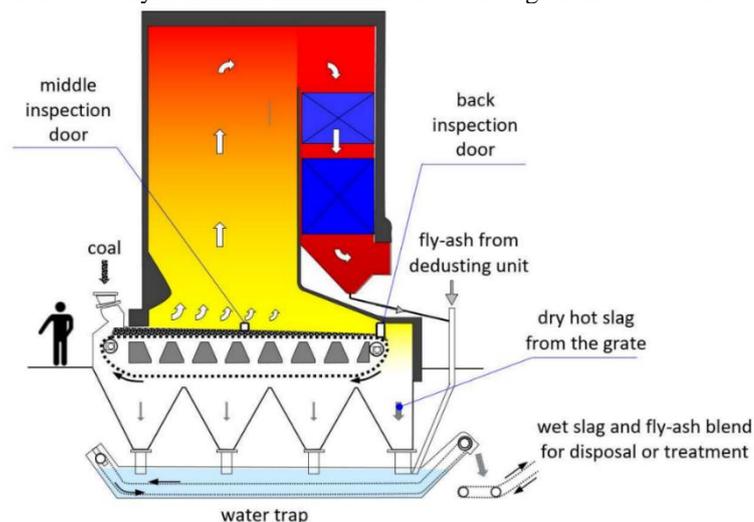
Boiler merupakan sebuah bejana tertutup yang digunakan sebagai sarana menyalurkan panas kepada air yang nantinya air tersebut akan menjadi uap yang memiliki tekanan sehingga dapat dimanfaatkan dalam proses industri atau dalam pembangkit listrik dengan cara menyalurkannya melalui turbin uap [1]. Cara kerjanya yaitu dengan meningkatkan volume air melalui proses pemanasan sehingga nantinya akan memasuki fase steam dan menjadi uap panas yang kemudian dialirkan melalui pipa tekanan menuju turbin uap yang akan menggerakkan generator pembangkit listrik. Skema penampang boiler dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema penampang boiler [2]

1.2 Stoker Boiler

Stoker boiler merupakan boiler yang paling sederhana dalam konstruksi dan penanganannya, akan tetapi memiliki efisiensi thermal yang kurang dibandingkan dengan boiler lainnya [3]. Cara kerja stoker boiler sendiri adalah dengan melakukan pembakaran pada konveyor atau chain grate. Selama proses pembakaran akan ada peniup angin dari bagian bawah agar bahan bakar terbakar seutuhnya. Gambar 2 memperlihatkan tentang skema dari stoker boiler.



Gambar 2. Tata letak skematik dari stoker boiler [4]

1.3 Batu Bara

Batubara 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 [5].

1.4 Biomassa Tempurung Kelapa

Penggunaan biomassa merupakan suatu langkah untuk menjembatani pergantian ke penggunaan energi terbarukan. Karena energi terbarukan sendiri belum dapat menyuplai keseluruhan permintaan energi yang ada. Salah satu keuntungan utama dari sistem berbahan bakar biomassa untuk pembangkit mikro dan terdistribusi adalah fleksibilitas penggunaan. Tempurung kelapa diproduksi dalam jumlah besar di negara-negara tropis sehingga perlu dimanfaatkan dengan baik. Persentase beberapa faktor relatif dalam biomassa seperti densitas rendah, nilai kalori rendah, abu tinggi, SOX, NOX, kadar air, struktur mikro, dan elemen kompleks adalah kelemahan utamanya. Metode termokimia adalah jalur utama untuk mengubah biomassa tempurung kelapa menjadi arang agar memiliki nilai kualitas lebih sebagai bahan bakar biomassa [6].

1.5 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 [7]. 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% [8]. Dengan demikian maka ketersediaan dari bahan bakar co-firing sangat melimpah dibandingkan dengan ketersediaan dari batubara.

1.6 Pembakaran

Pembakaran adalah serangkaian reaksi kimia yang terjadi pada bahan bakar, menghasilkan panas. Agar reaksi pembakaran terjadi, bahan bakar harus berada di atas temperatur penyalanya. Proses yang terjadi pada tahap awal adalah pemanasan partikel dan penguapan kandungan air bahan bakar. Kemudian lanjutkan memanaskan dan melepaskan bahan bakar (zat yang mudah menguap) dan akhirnya membakar karbon yang tersisa [9]. Pembakaran disebut juga dengan proses oksidasi, dimana terjadi reaksi yang sangat cepat antara bahan bakar (fuel) dengan oksidan, sehingga terjadi nyala api dan panas.

1.7 Perpindahan Panas

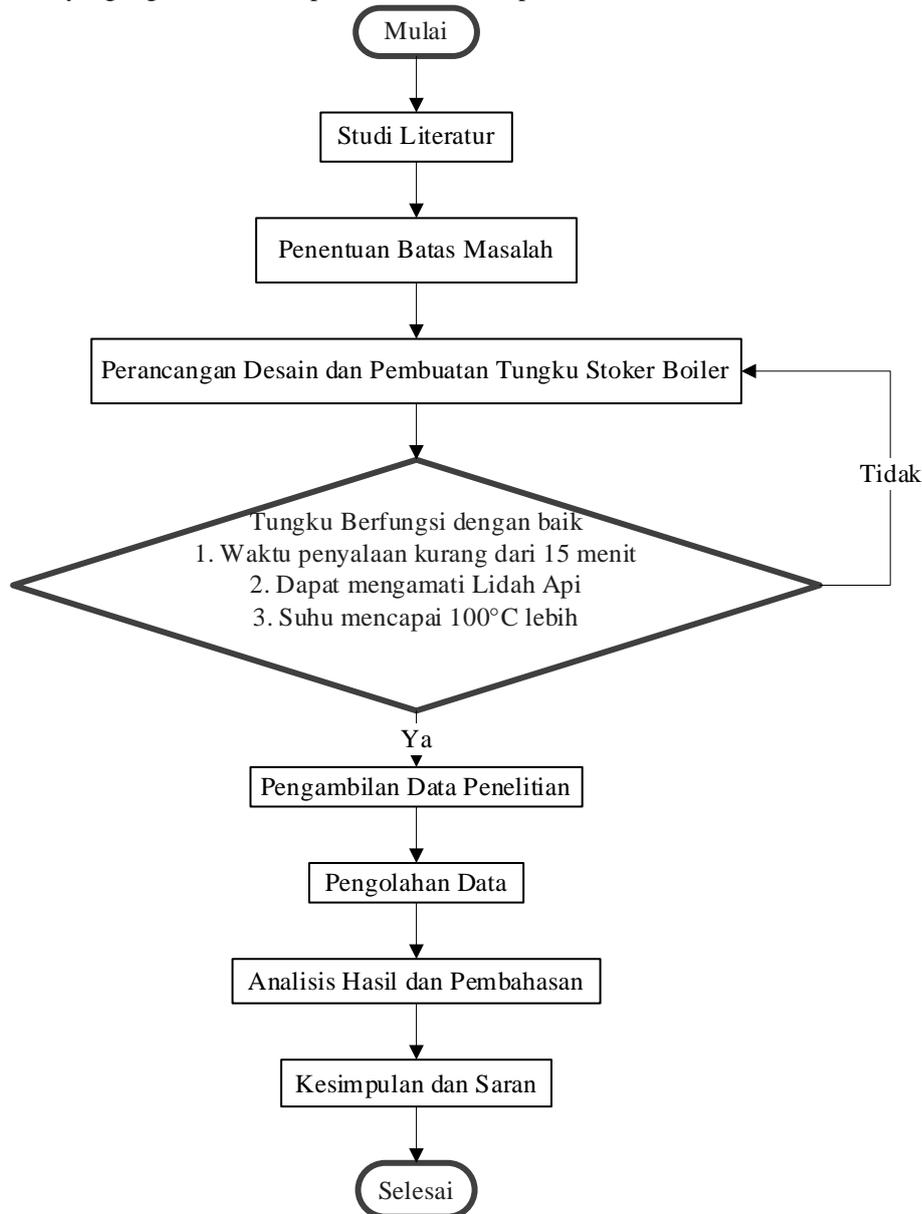
Panas dapat dibandingkan dengan fluida yang dapat bergerak sesuai dengan arah responnya. Fluida bergerak karena dipengaruhi oleh gaya, seperti gaya gravitasi atau dorongan dari alat fluida, sedangkan panas bergerak karena dipengaruhi oleh suhu sekitar dan akan berpindah ke suhu yang lebih rendah. Agar lebih mudah memahami fenomena perpindahan panas, digunakanlah perumpamaan antara rangkaian termal dan rangkaian listrik. Diasumsikan bahwa perpindahan panas terjadi dalam keadaan konstan dalam satu dimensi, dengan jenis perpindahan panas yang melibatkan konduksi dan konveksi [10].

2. Metode Penelitian

Penelitian kali ini merupakan uji ekperimental terhadap proses pembakaran variasi batu bara konsentrasi 100% dan variasi co-firing biomassa konsentrasi 30%. Setelah dilakukan uji pembakaran dan pengamatan maka data yang didapat diolah dengan membandingkan fenomena yang terjadi diantara 2 variasi yang ada.

2.1 Diagram Alir

Diagram alir yang digunakan untuk penelitian ini ditampilkan Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

2.2 Alat dan Bahan

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

1. Prototype tungku pembakaran *stoker boiler*
Alat yang digunakan dalam proses pembakaran bahan bakar merupakan sebuah prototype tungku stoker boiler.
2. Batu bara
Bahan bakar utama yang digunakan dalam proses pembakaran 2 variasi yang ada.
3. Biomassa tempurung kelapa.
Bahan bakar yang digunakan untuk proses co-firing yang ada dan sebagai variasi pembanding terhadap variasi batu bara 100%

2.3 Data Penelitian

Data penelitian kali ini merupakan data yang akan digunakan pada kedua variasi yang ada yaitu variasi batu bara 100% dan variasi co-firing biomassa konsentrasi 30%. Data yang digunakan antara lain nilai kalor yang terkandung dalam batu bara dan biomassa tempurung kelapa yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai kalor bahan bakar

No	Bahan bakar	Nilai Kalor (cal/g)
1	Batubara	5164,6
2	Tempurung Kelapa	4275,63

2.4 Pengujian

Penelitian kali ini berjalan selama 2 hari yaitu pada tanggal 2 Juni 2023 s/d 3 Juni 2023 berlokasi pada Halaman Belakang Laboratorium Thermofluida Teknik Mesin Universitas Diponegoro. Penelitian kali ini dimulai dari pengambilan data variasi co-firing biomassa konsentrasi 30% kemudian dilanjutkan dengan pengambilan data variasi batu bara konsentrasi 100%. Sebelum dilakukan pengambilan alat prototype tungku harus dipastikan berfungsi dengan baik selanjutnya prosedur dalam pengujian kali ini antara lain :

1. Menimbang bahan bakar yang akan digunakan untuk pembakaran dengan total keseluruhan sebanyak 30 kg.
2. Memasukan bahan bakar kedalam alas pembakaran pada tungku kemudian bahan bakar diratakan agar pembakaran lebih baik.
3. Membasahi potongan kain kecil dengan solar sebanyak 250 cc kemudian membaginya pada 3 titik yang telah ditentukan sebagai titik awal pembakaran.
4. Menyalakan api dan blower sebagai supply udara kedalam tungku pembakaran.
5. Menutup tungku pembakaran.
6. Melakukan pengamatan pada pembakaran selama 90 menit, pengamatan dilakukan dalam selang waktu per 5 menit dengan pencatatan temperatur yang terjadi selama 1 menit agar didapatkan rata-rata temperature yang terjadi.
7. Setelah pengamatan selesai maka blower udara dapat dimatikan agar pembakaran dalam tungku juga terhenti.
8. Jika temperatur dalam tungku sudah mendekati temperatur udara sekitar maka cover penutup tungku dapat dibuka.
9. Melakukan pembersihan terhadap sisa bahan bakar yang ada biasanya sudah dalam bentuk abu, lalu alat siap digunakan kembali untuk melakukan uji variasi lainnya.
10. Melakukan kembali Langkah 1-9 untuk setiap uji variasi yang ada.

3. Hasil dan Pembahasan

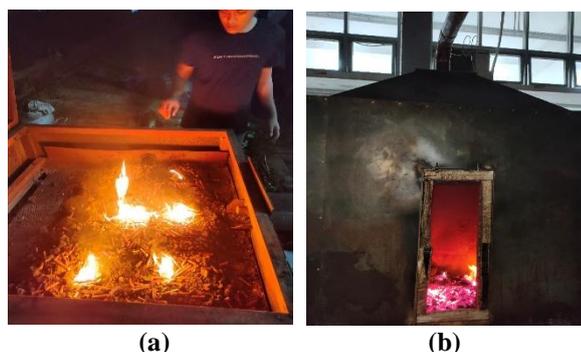
Hasil dari pengujian pembakaran ini adalah temperatur yang tercatat pada setiap variasi yang ada yaitu variasi batu bara konsentrasi 100% dan variasi co-firing biomassa konsentrasi 30%..

3.1 Temperatur Pembakaran

Pembakaran yang berjalan selama 90 menit dilakukan pencatatan suhu yang terjadi setiap 5 menit sekali dengan jangka waktu pencatatan selama 1 menit sehingga didapatkan rata-rata temperatur yang terjadi pada menit tersebut. Hasil pengamatan dan pencatatan temperatur tertinggi yang terjadi setiap variasi dapat dilihat pada Tabel 2 dan proses pembakaran dapat dilihat pada Gambar 4.

Tabel 2. Tabel pengamatan suhu pembakaran tertinggi setiap pengujian

No	Pengujian	Menit-ke	Suhu (°C)
1	Batubara 100%	60	546,9
2	Co-firing biomassa konsentrasi 30%	30	703,4



Gambar 4. Proses pembakaran (a) proses penyalaan awal (b) pengamatan proses pembakaran

Menurut temperatur yang tercatat pada Tabel 2 dapat disimpulkan hasil penelitian ini yaitu pada variasi batu bara konsentrasi 100% didapatkan temperatur tertingginya pada menit ke 60 dengan temperatur tercatat 546,9°C. Sedangkan pada variasi co-firing biomassa konsentrasi 30% didapatkan waktu untuk mencapai temperatur tertingginya lebih cepat yaitu pada menit ke 30 dengan temperatur tercatat sebesar 703,4°C.

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menurut hasil pengamatan yang terjadi pada variasi batu bara konsentrasi 100% tercatat temperatur tertingginya pada menit ke 60 dengan temperatur tercatatnya adalah 546,9°C.
2. Pada variasi co-firing biomassa konsentrasi 30% teramati bahwa penambahan biomassa tempurung kelapa sebanyak 30% pada proses pembakaran dapat meningkatkan temperatur tertinggi dan waktu untuk mencapai temperatur tertinggi tersebut.

5. Daftar Pustaka

- [1] S. S. H. M., "Industrial Boiler Operation," *J. Res. Technol. Eng.*, vol. 1, no. 3, pp. 89–98, 2020, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/342637909_Industrial_Boiler_Operation.
- [2] R. Kobyłecki, R. Zarzycki, Z. Bis, M. Panowski, and M. Wiński, "Numerical analysis of the combustion of straw and wood in a stoker boiler with vibrating grate," *Energy*, vol. 222, 2021, doi: 10.1016/j.energy.2021.119948.
- [3] H. Rusinowski, M. Szega, A. Szlk, and R. Wilk, "Methods of choosing the optimal parameters for solid fuel combustion in stoker-fired boilers," *Energy Convers. Manag.*, vol. 43, no. 9–12, pp. 1363–1375, 2002, doi: 10.1016/S0196-8904(02)00021-3.
- [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] M. S. Ullah, U. Zahid, and T. Masood, "Ultimate and Proximate Analysis of Coal Samples from Different Regions in Pakistan for their Future Utilization," *J. Heterocycl.*, vol. 1, no. 1, pp. 39–41, 2019, doi: 10.33805/2639-6734.107.
- [6] R. Kabir Ahmad, S. Anwar Sulaiman, S. Yusup, S. Sham Dol, M. Inayat, and H. Aminu Umar, "Exploring the potential of coconut shell biomass for charcoal production," *Ain Shams Eng. J.*, vol. 13, no. 1, p. 101499, 2022, doi: 10.1016/j.asej.2021.05.013.
- [7] A. Milićević *et al.*, "Numerical study of co-firing lignite and agricultural biomass in utility boiler under variable operation conditions," *Int. J. Heat Mass Transf.*, vol. 181, 2021, doi: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2021.121728.
- [8] F. Tanbar *et al.*, "Analisa Karakteristik Pengujian Co-Firing Biomassa Sawdust Pada Pltu Type Pulverized Coal Boiler Sebagai Upaya Bauran Renewable Energy," *J. Offshore*, vol. 5, no. 2, pp. 2549–8681, 2021.
- [9] A. Malmgren and G. Riley, "Biomass Power Generation," *Compr. Renew. Energy*, vol. 5, pp. 27–53, 2018.
- [10] H. Naik and S. Tiwari, "Heat Transfer and Fluid Flow Characteristics from Finite Height Circular Cylinder Mounted on Horizontal Plate," *Procedia Eng.*, vol. 127, pp. 71–78, 2015, doi: 10.1016/j.proeng.2015.11.428.