

PENGARUH PENGGUNAAN BIOMASA *WOOD PELLETT* PADA PROSES *CO-FIRING* TERHADAP SUHU PEMBAKARAN

*Muhammad Arief Hakim¹, 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: arfhkim@students.undip.ac.id

Abstrak

Kebutuhan listrik di Indonesia terus mengalami peningkatan setiap tahunnya dengan adanya penambahan jumlah penduduk dan dibukanya lapangan pekerjaan baru yang memerlukan suplai listrik dengan jumlah yang banyak. Dengan adanya hal ini, pemerintah Indonesia terus melakukan pembangunan pembangkit listrik baru untuk memenuhi pasokan aliran listrik yang diperlukan. Jenis pembangkit listrik yang umum digunakan di negara Indonesia berjenis PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap), dengan menggunakan bahan bakar berupa batubara. Namun penggunaan batubara sebagai bahan bakar pembangkit listrik ini memiliki dampak buruk untuk lingkungan yang mengakibatkan krisis iklim, sehingga dengan adanya permasalahan ini pemerintah mendorong untuk melakukan upaya untuk mengurangi dampak dari penggunaan batubara. Salah satu upaya yang dilakukan oleh pemerintah berupa menggunakan biomassa untuk digunakan pada proses *co-firing* pada pembakaran bahan bakar PLTU. *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 membaakar berbagai macam bahan bakar dengan sedikit instalasi awal, dan perawatannya yang sederhana. Penelitian ini dilakukan menggunakan biomassa *wood pellet* dicampurkan dengan batubara. Pemilihan biomassa *wood pellet* ini berdasarkan nilai kalor yang tinggi pada *wood pellet* sehingga tidak terlalu adanya gap yang berlebih dengan batubara. Peneliti melakukan penelitian dengan menggunakan *wood pellet* sebanyak 10% atau 3 kg dicampurkan dengan batubara sebanyak 90% atau 27 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 469,5°C. Sedangkan suhu pembakaran tertinggi *co-firing* biomassa *wood pellet* sebanyak 3 kg atau 10% mencapai suhu 519,0°C. Hal ini menunjukkan penggunaan biomassa *wood pellet* mempengaruhi suhu pembakaran.

Kata kunci: *co-firing*; suhu pembakaran; *wood pellet*

Abstract

The need for electricity in Indonesia continues to increase every year with the increase in population and the opening of new jobs that require a large amount of electricity supply. With this, the Indonesian government continues to build new power plants to meet the required electricity supply. The type of power plant commonly used in Indonesia is the type of PLTU (Steam Power Plant), using fuel in the form of coal. However, the use of coal as fuel for power plants has a negative impact on the environment resulting in the climate crisis, so with this problem the government encourages efforts to reduce the impact of coal use. One of the efforts made by the government is in the form of using biomass to be used in the *co-firing* process in burning PLTU fuel. *Co-firing* itself is a combustion method by mixing two types of fuel into one combustion site 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 the stoker boiler type 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 from solid fuels such as coal. With the advantage of using this type of boiler in the form of being able to produce various kinds of fuel with a little initial installation, and simple maintenance. This research was conducted using wood pellet biomass mixed with coal. The selection of wood pellet biomass is based on the high calorific value of wood pellets so that there is not too much gap with coal. Researchers conducted a study using wood pellets as much as

10% or 3 kg mixed with coal as much as 90% or 27 kg and the results will be compared with burning coal 100%. The study was conducted using an experimental method by taking combustion temperature data that occurred for 90 minutes every 5 minutes starting from the 0th minute. The results obtained in this study are at the highest combustion temperature of 100% coal reaching a temperature of 469.5 °C. While the highest combustion temperature of co-firing biomass wood pellets as much as 3 kg or 10% reaches a temperature of 519.0 °C. This shows that the use of wood pellet biomass affects the combustion temperature.

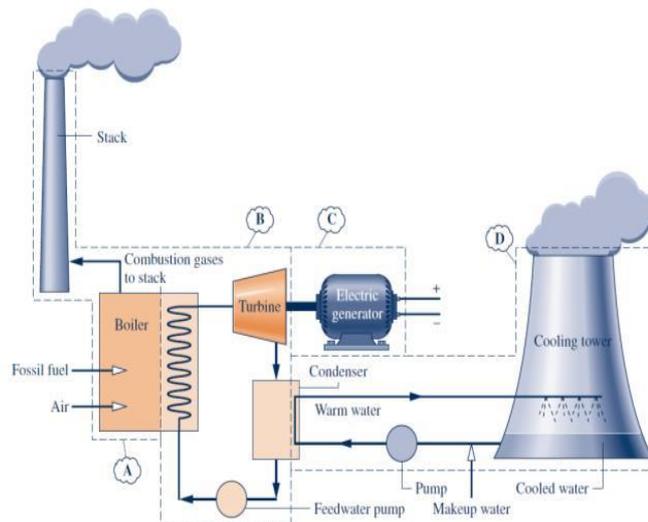
Keywords: co-firing, combustion temperature; wood pellet

1. Dasar Teori

Dasar teori yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini meliputi:

1.1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap

PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap) adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan uap sebagai penggerak turbin untuk memproduksi listrik. Uap tersebut didapatkan dari fluida kerja sejenis air yang dipanaskan di dalam siklusnya. PLTU menggunakan siklus Rankine sebagai dasar termodinamikanya [1]. PLTU terdiri dari komponen-komponen yang membentuk beberapasubsystem dengan perannya masing-masing. Secara umum, PLTU terbagi ke dalam empat subsystem utama. Gambar skematik PLTU berbahan bakar fosil dengan pembagian 4 subsystem utama diperlihatkan Gambar 1 berikut.



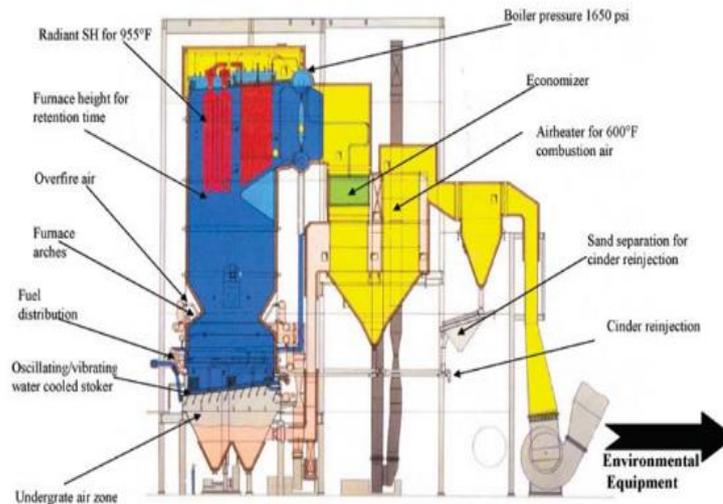
Gambar 1. Skematik PLTU berbahan bakar fosil [1]

1.2 Boiler

Boiler bisa dikenal juga dengan ketel uap adalah salah sejenis bejana tertutup sebagai sarana untuk proses pembakaran dan memindahkan panas ke air hingga menjadi uap, kemudian uap dialirkan dengan tekanan tinggi untuk proses industri atau untuk pembangkit tenaga melalui turbin uap. Uap yang dihasilkan berasal dari air atau *feedwater* yang melewati *boiler* yang mendapat transfer energi panas dari pembakaran bahan bakar, sehingga berubah fasa dari cair menjadi gas [2].

1.3 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]. *Stoker Boiler* ditampilkan Gambar 2.



Gambar 2. Stoker Boiler [2]

1.4 Co-firing

Co-firing biasa dikenal dengan *co-combustion* yang bermakna suatu proses pembakaran dua jenis bahan bakar yang berbeda dalam satu perangkat pembakaran yang sama, biasanya digunakan pada boiler. Sederhananya, pembakaran *co-firing* dari batubara dengan biomassa dapat dianggap sebagai bagian dari sistem pembakaran boiler berbahan bakar batubara [3]. Penggunaan metode ini lebih menguntungkan dibandingkan menggunakan biomassa seutuhnya, karena efisiensi yang dihasilkan masih relatif rendah dan dibutuhkan biaya yang cukup banyak untuk merancang pembangkit baru. Selain itu pasokan biomassa menjadi salah satu hambatan juga untuk dalam peralihan penggunaan bahan bakar fosil menjadi bahan bakar biomassa [4]. Hingga saat ini, rasio penggunaan biomassa yang digunakan pada pembakaran PLTU berbahan bakar batu bara baru mencapai sekitar 10% [7].

1.5 Batubara

Batubara berasal dari batuan sedimen yang memiliki unsur C (karbon), H (hidrogen), dan O (oksigen) dalam kombinasi kimia dengan kandungan N (nitrogen) dan S (sulfur), yang berasal dari tumbuhan yang telah terdekomposisi dalam jangka waktu yang tidak sebentar pada lapisan dalam kulit bumi dan termasuk ke dalam jenis bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbaharui. Sifat batubara yang mudah terbakar membuat batu bara banyak digunakan pada pembangkit listrik untuk memanaskan boiler. Krisis iklim yang diakibatkan oleh penggunaan batu bara mendorong transisi menuju energi terbarukan. Di sisi lain, penggunaan batu bara pada pembangkit listrik di Indonesia masih terbilang tinggi dengan persentase 63,92% [5].

1.6 Biomassa

Biomassa merupakan bahan bakar organik yang dapat dikonversikan menjadi energi, dan merupakan sumber energi tertua dalam sejarah manusia [6]. Biomassa juga dikenal sebagai zero CO₂ emisi, dengan kata lain tidak menyebabkan akumulasi CO₂ di atmosfer, dan mengandung sedikit unsur sulfur dibandingkan dengan batubara. Oleh karena itu, *co-firing* batubara dan biomassa menyebabkan penurunan emisi CO₂ dan jumlah kadar NO_x dan SO_x dari bahan bakar fosil [7]. Menurut Tursi [8] dapat dikelompokkan secara berbeda, dikarenakan adanya perbedaan substansial dalam hal varietas dan jumlah biomassa, serta karakteristik komposisi yang berbeda, biomassa dapat dikelompokkan tergantung pada tujuan dan ruang lingkungnya.

1.7 Pembakaran

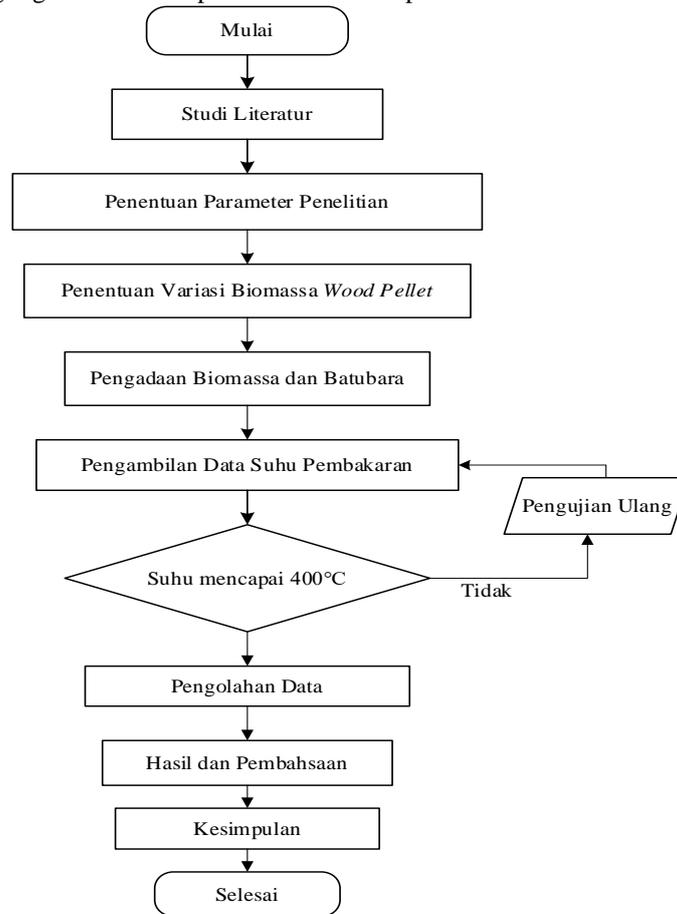
Pembakaran merupakan rangkaian reaksi kimia yang terjadi pada bahan bakar untuk memproduksi panas. Agar terjadi reaksi, bahan bakar harus berada di atas suhu penyalaannya. Pada tahap awal, proses yang terjadi adalah pemanasan partikel dan penguapan kadar air pada bahan bakar. Kemudian dilanjutkan pemanasan dan pelepasan bahan yang mudah terbakar (*volatile matter*), dan akhirnya pembakaran arang sisa [12].

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 3.



Gambar 3. 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 pembanding penelitian dan campuran pada *co-firing*.
3. *Wood pellet*.
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 *wood pellet* 10 %. Data-data yang digunakan untuk menunjang eksperimen *co-firing* ini antara lain seperti data nilai kalor dari batubara dan *wood pellet* yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai kalor bahan bakar

No	Nama Sample	Nilai Kalor (cal/g)
1	Batubara 1	4258,24
2	<i>Wood pellet</i>	4463

2.4 Pengujian

Penelitian ini dilakukan pada halaman belakang Laboratorium Thermofluida Teknik Mesin Universitas Diponegoro yang dilakukan mulai tanggal 28 Mei 2023 s/d 29 Mei 2023, yaitu dengan dimulainya pengambilan data pembakaran batubara 100% hingga *co-firing* biomassa *wood pellet* 10% atau 3 kg. Untuk prosedur pengambilan data pembakaran batubara dan *co-firing* biomassa *wood pellet* dengan batubara dilakukan setelah memastikan alat dan bahan telah siap dan sudah dipastikan bekerja dengan baik. Untuk lengkapnya dijelaskan sebagai berikut:

1. Melakukan penimbangan terhadap bahan bakar yang akan digunakan untuk pengujian menggunakan timbangan gantung digital dengan berat total mencapai 30 kg.
2. Memasukkan bahan bakar pembakaran ke tungku pembakaran lalu meratakannya ke grate pembakaran.
3. Menuangkan dexlite sebanyak 250 ml ke kain lalu tempatkan pada 3 titik memanjang untuk membantu penyalaan awal pembakaran.
4. Nyalakan api dan tunggu sekitar 1 menit lalu nyalakan blower.
5. Tutup tempat pembakaran menggunakan cover tungku.
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. Setelah pengambilan data selesai dilakukan, matikan blower agar supply udara berhenti dan proses pembakaran lambat laun akan berhenti.
8. Setelah mencapai suhu lingkungan sekitar, buka cover tungku untuk melihat hasil pembakaran.
9. Membersihkan tempat pembuangan abu dan grate pembakaran dari sisa hasil pembakaran, serta merapikan kembali untuk pengujian selanjutnya.
10. Lakukan Langkah 1-9 untuk setiap penelitian yang akan dilakukan sesuai dengan variasi yang akan diteliti.

3. Hasil dan Pembahasan

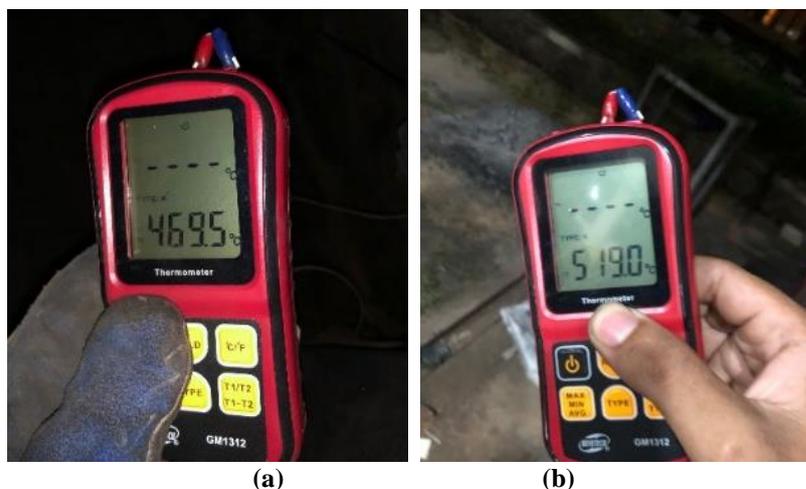
Hasil pengujian berupa pembakaran batubara 100% dan *co-firing* biomassa *wood pellet* 10% dengan batubara 90% didapatkan hasil berupa suhu pembakaran.

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 4.

Tabel 2. Tabel pengamatan suhu pembakaran tertinggi setiap pengujian

No	Pengujian	Menit-ke	Suhu (°C)
1	Batubara 1	60	469,5
2	<i>Co-firing</i> biomassa <i>wood pellet</i> 10%	60	519,0



Gambar 4. Suhu tertinggi pengujian (a) Batubara 1 100%, (b) *co-firing* biomassa *wood pellet* 10%

Dari Tabel 2 dan Gambar 4, diperoleh bahwa suhu pembakaran menggunakan biomassa sebanyak 10% atau 3 kg memiliki suhu pembakaran yang lebih tinggi dibandingkan dengan pembakaran batubara 100%. Dengan suhu pembakaran pada batubara 100% mencapai suhu 469,5°C, sedangkan pada *co-firing* biomassa *wood pellet* 10% mencapai suhu 519,0 °C.

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan bahwa suhu pengujian tertinggi didapat pada *co-firing* biomassa *wood pellet* 10% dengan suhu tertinggi mencapai 519°C pada menit ke-60 pembakaran.
2. Penggunaan biomassa *wood pellet* mempengaruhi suhu pembakaran, yaitu mengalami kenaikan dibandingkan dengan suhu pembakaran menggunakan batubara 100%.

5. Daftar Pustaka

- [1] Moran MJ, Shapiro HN, Boettner DD, Bailey MB. *Fundamentals Of Engineering Thermodynamics Eighth Edition*. 2014
- [2] Yin, C., L.A. Rosendahl, and S.K. Kær. Grate-firing of biomass for heat and power production. *Progress in Energy and Combustion Science*, vol 34(6): p. 725-754. 2008
- [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] Abrams RF. *Efficient and Low Emission Stoker Fired Biomass Boiler Technology in Today's Marketplace*. Las Vegas Nevada; 2007.
- [5] Wijayapala WDAS, Mudunkotuwa SRH. *Co-firing of Biomass with Coal in Pulverized Coal Fired Boilers at Lakvijaya Power Plant: A Case Study*. 2016.
- [6] Gil M v., Rubiera F. *Coal and biomass cofiring*. *New Trends in Coal Conversion: Combustion, Gasification, Emissions, and Coking*. Elsevier; 2018. hlm. 117–40.
- [7] Basu, P. *Biomass Gasification, Pyrolysis and Torrefaction*. 3rd ed. Cambridge: Academic Press. 2018
- [8] Hidayanto N, Sansuadi, Nugroho RC. *STATISTIK KETENAGALISTRIKAN TAHUN 2021*. 35 ed. Fajar Rahmadhy, Frico Dian Putra, Syifa'ul Barir, editor. Sekretariat Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan; 2022.
- [9] Altawell N. *The Selection Process of Biomass Materials for the Production of Bio-Fuels and Co-firing*. The Selection Process of Biomass Materials for the Production of Bio-Fuels and Co-firing. 2014.
- [10] Nyoman I, Winaya S, Agung IB, Susila D. *Co-Firing Sistem Fluidized Bed Berbahan Bakar Batubara dan Ampas Tebu*. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*. 2010.
- [11] Tursi A. A review on biomass: Importance, chemistry, classification, and conversion. *Biofuel Research Journal*. 2019;6:962–79.
- [12] Malmgren, A. dan Riley, G. *Biomass Power Generation*. *Comprehensive Renewable Energy*, 5(2012), pp.27–53. 2018