

# Pengaruh variasi ukuran partikel terhadap profil suhu pada pembakaran batu bara *sub bituminous* dengan menggunakan *pulverized burner*

Amrul<sup>1</sup>, Herry Wardono<sup>1</sup>, Nikolaus Derry Chandra<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung  
Jl. Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145  
Email korespondensi: amrul@eng.unila.ac.id

## Abstrak

Salah satu teknologi pembakaran konvensional yang masih banyak digunakan dalam proses produksi listrik di Indonesia adalah *pulverized combustion*. Batu bara kualitas medium merupakan jenis batu bara yang sering digunakan dalam proses produksi listrik di Indonesia. Ketersediaan batu bara yang terbatas dapat diatasi dengan melakukan pembakaran bersama antara batu bara dengan biomassa. Penggunaan bahan bakar biomassa diharapkan dapat mengatasi ketergantungan penggunaan bahan bakar fosil. Namun karakteristik pembakaran batu bara serbuk perlu diketahui sebelum melakukan pembakaran bersama antara batu bara dengan biomassa. Kajian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh variasi ukuran batu bara serbuk terhadap profil suhu pembakaran yang dihasilkan. Kajian dilakukan menggunakan mesin coal combustion skala lab type *pulverized burner* dengan suhu uji yaitu 750°C, 850°C dan 950°C untuk melihat pengaruh partikel batu bara serbuk yang tanpa diayak dan yang diayak menggunakan ayakan berukuran mesh 100 dan mesh 200 terhadap profil suhu pembakaran. Pengurangan ukuran serbuk batu bara membuat kenaikan suhu semakin tinggi. Kenaikan suhu tertinggi terjadi pada serbuk batu bara ukuran mesh 200 dan suhu pembakaran 750°C yaitu sebesar 65,4°C. Waktu pembakaran tersingkat terjadi pada pembakaran serbuk batu bara mesh 200 dan suhu pembakaran 950°C, yaitu selama 120 detik.

**Kata kunci:** pembakaran serbuk batu bara, ukuran partikel bahan bakar, batu bara serbuk, suhu pembakaran.

## Abstract

One of the conventional combustion technologies that is still widely used in the electricity production process in Indonesia is *pulverized combustion*. Medium quality coal is a type of coal that is often used in the electricity production process in Indonesia. The limited availability of coal can be overcome by co-burning coal and biomass. The use of biomass fuels is expected to overcome dependence on the use of fossil fuels. However, the characteristics of *pulverized coal combustion* need to be known before co-combusting coal and biomass. This study aims to determine the effect of variations in the size of *pulverized coal* on the resulting combustion temperature profile. The study was conducted using a lab-scale coal combustion engine type *pulverizer burner* with test temperatures of 750°C, 850°C and 950°C to see a comparison of the combustion temperature profile of unsifted coal powder and sieved using a mesh size of 100 and mesh 200. The test results show that reducing the size of coal powder can increase the combustion temperature in a short time. The highest increase in combustion temperature was achieved by coal powder which was sifted using a mesh 200 sieve at a test temperature of 750°C, which was 65.4°C. The shortest combustion time was achieved by coal powder which was sifted using a mesh 200 sieve at a test temperature of 950°C, for 120 seconds..

**Keywords:** *pulverized coal combustion*, fuel particle size, coal powder, combustion temperature.

## 1. Pendahuluan

Produksi batu bara di Indonesia tumbuh secara pesat, yang mana tahun 2018 produksinya mencapai 557 juta ton. Pada tahun yang sama, produksi listrik di Indonesia yang jumlahnya mencapai 283,8 TWh, 56,4% sumber energi pembakaran berasal dari batu bara [1]. Cadangan batu bara Indonesia kualitasnya bervariasi, baik dilihat dari kandungan sulfur, nilai kalor, kandungan abu, dan parameter lainnya. Sekitar 60% batu bara di Indonesia memiliki nilai kalor sedang atau tergolong *medium rank*, yakni antara 5100-6100 kkal/kg (adb). Sedangkan sisanya ada yang kualitas rendah dengan nilai kalor kurang dari

5100 kkal/kg (adb) dan sebagian lagi kualitas tinggi dengan nilai kalor lebih dari 6100 kkal/kg (adb).

Pembakaran batu bara untuk pembangkit listrik umumnya menggunakan metode pembakaran serbuk (*pulverized combustion*). Hal ini dilakukan untuk merapatkan kontak permukaan yang lebih luas antara batu bara dengan oksigen, sehingga pembakaran lebih sempurna. Batu bara serbuk membuat pembakaran terjadi di seluruh permukaan partikelnya. Dengan cara ini kita dapat mempersingkat waktu pembakaran dan uap yang dihasilkan akan jauh lebih banyak dalam waktu yang singkat [2].

Peningkatan kinerja pembakaran dapat dicapai ketika serbuk batu bara serbuk lebih halus. Laju pembakaran meningkat dan waktu *burnout* dipersingkat. Dengan kenaikan laju pemanasan, partikel batu bara dapat lebih cepat dipanaskan dalam waktu yang singkat dan suhu pembakaran yang dihasilkan menjadi meningkat [3].

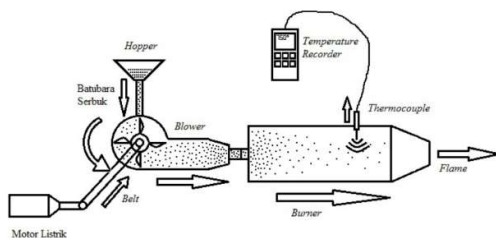
Sistem pembakaran serbuk (*pulverized combustion*) memungkinkan pencampuran beberapa jenis bahan bakar, misalnya batu bara dengan biomassa, melalui *co-firing* atau *co-combustion*. *Co-firing* batu bara dan biomassa dapat menjadi solusi dalam mengurangi penggunaan batu bara sekaligus menurunkan emisi gas rumah kaca. Namun sebelum *co-firing* ini dilaksanakan, perlu diketahui sifat-sifat pembakaran batu bara dan biomassa, khususnya pada sistem pembakaran serbuk.

Pada kajian ini akan dilakukan pengujian pembakaran batu bara yang telah dihaluskan menjadi serbuk dengan berbagai ukuran partikel menggunakan *pulverized burner*. Batu bara yang digunakan merupakan batu bara *sub-bituminous* dengan nilai kalori yang biasa digunakan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), yaitu sekitar 5.600 kkal/kg (HHV, adb). Suhu pembakaran yg lebih tinggi diharapkan dapat menghasilkan laju produksi uap yang lebih besar, sehingga daya keluaran turbin maksimal.

## 2. Metode

Bahan bakar yang digunakan adalah batu bara *sub bituminous* B yang telah dihaluskan dengan *crusher*. Batu bara yang telah digiling halus, disiapkan sebanyak 3 kg untuk tiap sampel, selanjutnya diayak dengan ukuran *mesh* 100 dan 200. Batu bara serbuk yang tidak diayak mempunyai ukuran rata-rata 0,253 mm, sedangkan yang diayak dengan ukuran *mesh* 100 dan *mesh* 200 berukuran rata-rata 0,127 mm dan 0,037 mm.

Pengaruh ukuran serbuk batu bara terhadap profil suhu diuji melalui serangkaian eksperimen melalui pembakaran serbuk, menggunakan *pulverizer burner*. Gambar skematik alat uji yang digunakan ditunjukkan oleh Gambar 1.



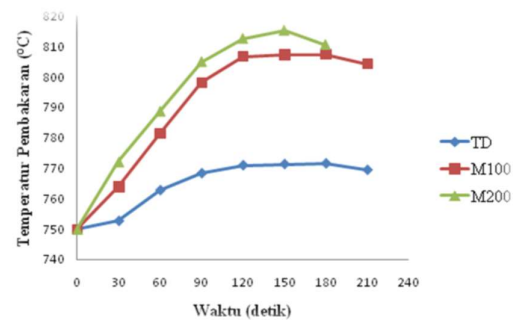
**Gambar 1.** Skema alat uji sistem pembakaran pulverized burner.

Pemanasan awal *burner* dilakukan menggunakan LPG sampai suhu 950°C dan ditahan hingga suhu stabil selama beberapa menit dengan cara tetap

menjaga suplai gas bahan bakar ke dalam *burner*. Laju bahan bakar diatur sebesar 73,23 kg/jam atau *flow* 3 untuk seluruh pengujian. Selanjutnya data hasil perekaman suhu dicatat setiap interval waktu 10 detik menggunakan *temperature recorder* BTM-4208SD sampai bahan bakar serbuk batu bara terbakar habis. Prosedur yang sama dilakukan dengan menggunakan suhu 850°C dan 750°C pada seluruh sampel serbuk batu bara.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian pembakaran serbuk batu bara dengan ukuran partikel yang berbeda-beda ditunjukkan dalam bentuk profil suhu pembakaran. Gambar 2 menunjukkan profil suhu yang dihasilkan pada suhu awal pembakaran 750°C dengan variasi ukuran partikel ditentukan melalui kriteria tanpa diayak (TD), diayak dengan *mesh* 100 (M100), dan diayak dengan *mesh* 200 (M200). Profil suhu pembakaran yang dihasilkan dari ketiga ukuran serbuk tersebut cenderung sama, yaitu suhu yang meningkat dari awal sampai menuju titik puncak dan selanjutnya menurun sampai semuanya habis terbakar.

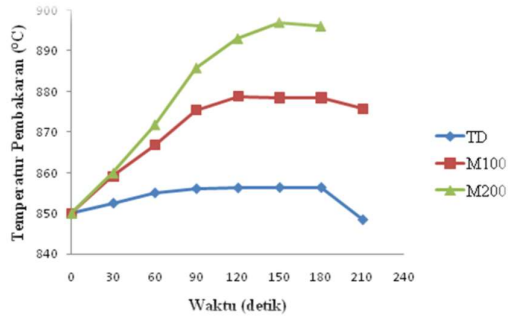


**Gambar 2.** Profil suhu pembakaran pada suhu awal 750°C.

Suhu pembakaran tertinggi yang dihasilkan berbanding terbalik dengan ukuran serbuk. Batu bara ukuran *mesh* 200 menghasilkan suhu tertinggi sebesar 815,4°C. Sementara untuk batu bara ukuran *mesh* 100 dan yang tidak diayak, suhu tertinggi yang dicapai lebih rendah, yaitu sebesar 807,4°C dan 771,5°C. Hal ini dikarenakan perbedaan ukuran batu bara, di mana batu bara yang telah diayak memiliki ukuran yang lebih kecil, sehingga lebih mudah terbakar dan menghasilkan kenaikan suhu yang tinggi.

Perbedaan lain yang terlihat dari profil suhu pembakaran dari ketiga variasi ukuran partikel batu bara tersebut adalah waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu pembakaran tertinggi. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu tertinggi pada batu bara yang tidak diayak dan ukuran *mesh* 100 adalah sekitar 180 detik. Sementara suhu tertinggi yang dicapai oleh serbuk batu bara diayak menggunakan ayakan *mesh* 200 adalah sekitar 150 detik, di mana ini merupakan waktu tersingkat untuk mencapai suhu tertinggi.

Gambar 3 menunjukkan profil suhu pembakaran yang dihasilkan pada suhu pembakaran 850°C. Ketiga variasi ukuran serbuk batu bara menghasilkan profil pembakaran yang sedikit berbeda. Serbuk batu bara yang tidak diayak menghasilkan kenaikan suhu pembakaran yang paling rendah dibandingkan serbuk batu bara *mesh* 100 dan 200. Suhu tertinggi dihasilkan oleh batu bara *mesh* 200, yaitu sebesar 897°C.

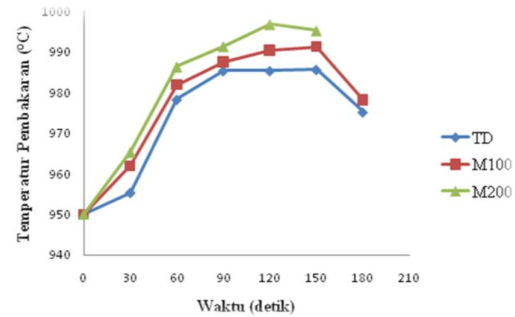


**Gambar 3.** Profil suhu pembakaran pada suhu awal 850°C.

Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu tertinggi dari ketiga variasi ukuran ini juga sedikit berbeda. Suhu tertinggi yang dicapai oleh serbuk batu bara tanpa proses pengayakan sebesar 856,3°C pada detik ke 150. Suhu tertinggi yang dicapai oleh serbuk batu bara diayak menggunakan ayakan *mesh* 100 sebesar 878,7°C pada detik ke 120, yang di mana ini merupakan waktu tersingkat untuk mencapai suhu tertinggi. Suhu tertinggi yang dicapai oleh serbuk batu bara diayak menggunakan ayakan *mesh* 200 sebesar 897°C pada detik ke 150.

Gambar 4 menunjukkan profil yang dihasilkan pada suhu pembakaran 950°C. Ketiga variasi ukuran serbuk batu bara sama-sama menghasilkan kenaikan suhu pembakaran yang cukup tinggi dengan jarak suhu pembakaran yang hampir sama antara batu bara yang tidak diayak, diayak *mesh* 100, dan diayak *mesh* 200. Hal ini dikarenakan suhu uji pembakaran yang diaplikasikan cukup tinggi yaitu 950°C, membuat serbuk batu bara semakin cepat terbakar dan suhu meningkat dengan cepat.

Serbuk batu bara yang tidak diayak dan yang diayak menggunakan ayakan *mesh* 100 cenderung menghasilkan profil suhu pembakaran yang hampir sama. Sedangkan serbuk batu bara yang diayak menggunakan ayakan *mesh* 200 menghasilkan profil suhu pembakaran yang lebih tinggi dan meningkat, dengan suhu tertinggi yang dapat dicapai sebesar 996,9°C.



**Gambar 4.** Profil suhu pembakaran pada suhu awal 950°C.

Perbedaan profil suhu pembakaran ketiga variasi ukuran partikel batu bara dapat dilihat pada waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu pembakaran tertingginya. Suhu tertinggi yang dicapai oleh serbuk batu bara tanpa proses pengayakan sebesar 985,7°C pada detik ke 150. Suhu tertinggi yang dicapai oleh serbuk batu bara diayak menggunakan ayakan *mesh* 100 sebesar 991,3°C pada detik ke 150. Suhu tertinggi yang dicapai oleh serbuk batu bara diayak menggunakan ayakan *mesh* 200 sebesar 996,9°C pada detik ke 120, di mana ini merupakan waktu tersingkat untuk mencapai suhu tertingginya.

Gambar profil suhu pembakaran dari ketiga variasi ukuran partikel menunjukkan lama pembakaran yang berbeda-beda. Waktu pembakaran terus berkurang seiring dengan berkurangnya ukuran partikel serbuk batu bara. Hal ini dikarenakan semakin kecil ukuran serbuk batu bara dengan suhu pembakaran yang tinggi membuat serbuk batu bara lebih cepat habis terbakar secara sempurna. Waktu pembakaran serbuk batu bara yang tidak diayak, yang diayak *mesh* 100 dan diayak *mesh* 200 masing-masing adalah berlangsung selama 150 detik, 150 detik dan 120 detik.

Kenaikan suhu berbanding lurus dengan semakin kecilnya ukuran bahan bakar. Hasil tersebut sesuai dengan teori bahwa semakin kecil ukuran partikel serbuk batu bara, maka suhu pembakaran yang dihasilkan akan semakin tinggi. Hal ini diakibatkan karena pembakaran bahan bakar padat memerlukan kontak antara udara dengan bahan bakar. Dengan memperkecil ukuran bahan bakar padat, maka kontak antara area permukaan bahan bakar dan udara semakin merata pada bahan bakar dengan ukuran yang lebih kecil [2].

Selain itu beberapa hal yang mempengaruhi mekanisme pembakaran serbuk adalah pembentukan zat volatil dan oksidasi volatil. Semakin banyak volatil yang dihasilkan, maka kualitas pembakaran akan meningkat [4]. Oleh karena itu, proses pelepasan volatil dalam proses pembakaran merupakan hal yang sangat penting. Dengan mengecilkan ukuran serbuk batu bara maka akan volatil yang terkandung di dalam serbuk batu bara akan semakin cepat dilepaskan

selama proses pembakaran yang membuat suhu pembakaran meningkat cepat [5].

Kenaikan suhu tertinggi terjadi di pembakaran serbuk batu bara pada suhu pembakaran 750°C yang diayak dengan ayakan *mesh* 200 yaitu sebesar 65,4°C. Hal ini dikarenakan batu bara yang diayak menggunakan ayakan *mesh* 200 menghasilkan ukuran yang terkecil, sehingga pelepasan volatil yang terjadi pada partikel serbuk batu bara semakin banyak dan terbakar, sehingga membuat suhu pembakaran meningkat drastis. Suhu yang tinggi akan membuat *burnout* yang baik, di mana bahan bakar akan terbakar habis sempurna [6].

Ukuran bahan bakar juga mempengaruhi lamanya waktu pembakaran. Pemanasan bahan bakar merupakan salah satu tahap dalam mekanisme pembakaran bahan bakar padat. Ukuran bahan bakar yang diperkecil membuat serbuk batu bara menjadi lebih cepat dipanaskan dalam waktu yang singkat, sehingga waktu penyalaan (*ignition time*) juga semakin cepat, sehingga waktu pembakaran menjadi semakin singkat [3]. Hasil pengujian menunjukkan bahwa waktu pembakaran menurun seiring dengan semakin kecilnya ukuran partikel serbuk batu bara.

Waktu pembakaran paling singkat terjadi pada suhu pembakaran 950°C untuk ukuran serbuk *mesh* 200, selama 120 detik. Hal ini dikarenakan ukuran bahan bakar serbuk batu bara yang diayak menggunakan ayakan *mesh* 200 menjadi semakin kecil. Selain itu suhu pembakaran yang tinggi yaitu 950°C juga membuat bahan bakar terbakar secara cepat dan sempurna.

#### 4. Kesimpulan

Dengan berkurangnya ukuran serbuk batu bara dapat membuat pelepasan zat volatil menjadi semakin banyak, sehingga membuat kenaikan suhu semakin tinggi. Kenaikan suhu tertinggi terjadi pada pembakaran serbuk batu bara yang diayak menggunakan ayakan *mesh* 200 pada suhu pembakaran 750°C yaitu sebesar 65,4°C dengan waktu pembakaran selama 150 detik. Pengurangan ukuran serbuk batu bara pada pembakaran serbuk batu bara juga dapat membuat waktu pembakaran menjadi lebih singkat, dikarenakan pembakaran terjadi merata pada seluruh permukaannya.

#### Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik berkat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, untuk itu peneliti mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) dan Fakultas Teknik, Universitas Lampung yang telah mendanai kegiatan penelitian ini.

#### Daftar Pustaka

- [1] Sekretariat Jenderal Dewan Energi Nasional. (2019). Outlook Energi Indonesia 2019. Jakarta: DEN.
- [2] Samlawi, Achmad Kusairi. (2017). Teknik Pembakaran. Banjarbaru: Universitas Lambung Mangkurat.
- [3] Li, Q., Zhao, C., Chen, X., Wu, W., and Li, Y. (2009). Comparison of Pulverized Coal Combustion In Air and In O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> Mixtures by Thermo-Gravimetric Analysis. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 85(1-2), 521-528.
- [4] Barnes, I. (2012). Understanding Pulverised Coal, Biomass and Waste Combustion. London: IEA
- [5] Gu, M., Chen, G., Zhang, M., Huang, D. F., Chaubal, P., and Zhou, C. Q. (2010). Three-Dimensional Simulation of The Pulverized Coal Combustion Inside Blast Furnace Tuyere. *Applied Mathematical Modelling*, 34(11), 3536-3546.
- [6] Oakey, John. (2016). Fuel Flexible Energy Generation: Solid, Liquid and Gaseous Fuels. Cambridge: Woodhead Publishing.