

Analisa Perpindahan Panas Pada Tungku Rocket Tipe Silinder Berbahan Bakar Biomassa

Muhammad Faisal¹, Usman¹

¹⁾ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Abulyatama, Jl. Blang Bintang Lama Km 8,5 Lampoh Keude Aceh Besar, email: faisal_mesin@abulyatama.ac.id
email: usman_mesin@abulyatama.ac.id

Abstract: *Combustion is the reaction of fuel with oxygen in the air to release heat. Combustion is a complex interaction of physical and chemical processes. A good fuel for combustion is a material rich in hydrogen and carbon, called hydrocarbons. To ensure the combustion process can run perfectly, the combustion is carried out in excess air conditions (excess air). To increase thermal efficiency in the use of solid biomass fuels, combustion through cylinder type rocket furnaces is very possible. This study aims to examine more deeply the level of heat transfer rate that might occur in a cylindrical type rocket furnace into the environment. From the combustion test results, the maximum combustion temperature in the combustion chamber is ± 807.6 oC and ± 652 oC on the flame. While the rate of heat transfer rate from inside the rocket furnace to the environment is ± 2036.18 watts in the combustion chamber and ± 1500.38 on the flames. The high level of heat transfer rate is influenced by the characteristics of the solid biomass of tamarind wood species which affects the high and low combustion temperatures.*

Keywords : *combustion, rocket furnace, fuel, biomass, cylinder*

Abstrak: Pembakaran adalah reaksi bahan bakar dengan oksigen di udara untuk melepaskan panas. Pembakaran merupakan interaksi yang kompleks dari proses fisik dan kimia. Bahan bakar yang baik untuk pembakaran adalah bahan yang kaya akan hidrogen dan karbon, yang disebut hidrokarbon. Untuk memastikan proses pembakaran dapat berjalan sempurna, maka pembakaran dilangsungkan pada kondisi udara berlebih (*excess air*). Untuk meningkatkan efisiensi thermal dalam penggunaan bahan bakar biomassa padat, pembakaran melalui tungku rocket tipe silinder sangat mungkin untuk dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji lebih dalam tentang tingkat laju perpindahan panas yang mungkin terjadi dalam tungku rocket tipe silinder ke lingkungan. Dari hasil pengujian pembakaran diperoleh temperatur maksimum pembakaran pada bagian ruangan bakar adalah sebesar $\pm 807,6$ °C dan sebesar ± 652 °C pada bagian lidah api. Sedangkan tingkat laju perpindahan panas dari dalam tungku rocket ke lingkungan yaitu sebesar $\pm 2036,18$ watt pada bagian ruang bakar dan sebesar $\pm 1500,38$ pada bagian lidah api. Masih tingginya tingkat laju perpindahan panas dipengaruhi oleh karakteristik dari biomassa padat jenis kayu asam jawa yang berpengaruh terhadap tinggi rendahnya temperatur pembakaran.

Kata kunci : *Pembakaran, tungku rocket, bahan bakar, biomassa, silinder*

Bahan bakar biomassa akan terus memenuhi kebutuhan energi memasak dari mayoritas orang di negara-negara miskin dalam beberapa dekade mendatang. Meskipun pembakaran biomassa dalam skala kecil sering terjadi dalam kondisi yang menurunkan

kualitas udara dan secara termal tidak efisien. Pembakaran adalah reaksi bahan bakar dengan oksigen di udara untuk melepaskan panas. Proses ini digunakan setiap hari di rumah tangga untuk pemanasan dan memasak dan dalam industri untuk menghasilkan panas atau uap. Pembakaran adalah interaksi yang kompleks dari proses fisik dan kimia. Bahan bakar yang baik untuk pembakaran adalah bahan yang kaya akan hidrogen dan karbon, yang disebut hidrokarbon. Pembakaran memiliki tiga persyaratan yaitu bahan bakar, udara dan panas. Pembakaran biomassa lengkap membutuhkan sejumlah udara. Udara terdiri dari 21 persen oksigen dan sekitar 79 persen nitrogen (Sammy S, Donald M.J, 2017).

Untuk memastikan proses pembakaran dapat berjalan sempurna, maka pembakaran dilangsungkan pada kondisi udara berlebih (*excess air*). Besarnya udara berlebih tergantung pada jenis bahan bakar dan alat/dapur pembakarannya (Mahidin, et al, 2014; 7-14). Proses Pembakaran Mengikuti karakter dari sistem pembakaran yang dirancang pada unit reaktor dengan memperhatikan kapasitas ruang bakar, tentunya juga tidak terlepas dari karakteristik biomassa itu sendiri, untuk mendapatkan proses pembakaran yang diharapkan (muhtadin, et al, 2014; 36-39).

Setiap permukaan yang memiliki temperatur yang lebih tinggi (lebih panas) bila dibandingkan temperatur sekitarnya akan mengalami pelepasan kalor (kehilangan panas atau *heat loss*), sehingga menaikkan temperatur lingkungan menjadi lebih tinggi. Banyaknya panas yang hilang ini tergantung pada banyak faktor, tapi temperatur permukaan dan ukurannya merupakan faktor yang sangat dominan (Burlian F, Khoirullah, M,I, 2014; 208-214). Dengan terjadinya proses pembakaran di ruang bakar sehingga menghasilkan gas panas yang memiliki energi termal bertemperatur tinggi dibandingkan dengan temperatur udara luar disekeliling ruang bakar. Akibat adanya beda temperatur antara gas panas di dalam ruang bakar dengan temperatur udara lingkungan di luar ruang bakar terjadilah perpindahan panas dari dalam ruang bakar keluar ke udara lingkungan melalui dinding-dinding ruang bakar. Jika perpindahan panas keluar dari ruang bakar terlalu besar hal ini akan menyebabkan berkurangnya efisiensi konversi energi thermal dari proses pembakaran biomassa yang dilakukan (Faisal, M, et al, 2014;

56-59).

Untuk meningkatkan efisiensi thermal dalam penggunaan bahan bakar biomassa padat, pembakaran melalui tungku rocket tipe silinder sangat mungkin untuk dilakukan. Tungku rocket tipe silinder ini memiliki dua buah lubang pada sisi bagian bawah tungku untuk masuknya bahan bakar dan satu lubang udara yang terhubung langsung antara blower ke ruang bakar. Pada penelitian ini, penulis ingin mengkaji lebih dalam tentang modus perpindahan panas yang mungkin terjadi pada tungku rocket tipe silinder, besarnya penyerapan panas serta pengaruhnya terhadap efisiensi thermal tungku rocket tipe silinder. Penelitian ini dilakukan pada Laboratorium Teknik Mesin Bidang Konversi Energi Fakultas Teknik Universitas Abulyatama dengan menggunakan tungku rocket jenis silinder berbahan bakar biomassa padat serta asupan udara berlebih dari blower.

KAJIAN PUSTAKA

Perpindahan panas akan berlangsung apabila terdapat perbedaan temperatur. Perbedaan temperatur mengakibatkan energi akan berpindah dari daerah bertemperatur tinggi ke daerah bertemperatur yang lebih rendah. Menurut konsep termodinamika energi yang dipindahkan akibat perbedaan temperatur disebut dengan panas. Meskipun hukum termodinamika ini berkaitan dengan perpindahan energi, namun hanya terjadi pada sistem tidak seimbang hingga mencapai keadaan kesetimbangan (*equilibrium*).

Perpindahan Panas Konduksi

Perpindahan panas konduksi, dimana proese perpindahan panas terjadi antara benda atau partikel-partikel yang berkontak langsung, melekat satu dengan yang lainnya, tidak ada pergerakan relatif diantara benda-benda tersebut. Hukum Fourier menyatakan, "Aliran kalor secara konduksi berupa kesebandingan antar laju aliran panas melintas permukaan isothermal dan gradien temperatur yang terdapat pada permukaan itu". Hubungan tersebut berlaku untuk setiap lokasi dalam suatu benda dan pada setiap waktu, dan dapat dituliskan dalam bentuk (Holman, J.P, 1997).

$$q_k = -kA \frac{dT}{dx} \quad (1)$$

Perpindahan Panas Konveksi

konveksi adalah proses perpindahan energi dengan kerja gabungan dari konduksi

panas, penyimpanan energi dan gerakan mencampur. Perpindahan energi dengan cara konveksi dari suatu permukaan yang suhunya diatas suhu fluida yang ada di sekitarnya berlangsung dalam beberapa tahap. Pertama, panas akan mengalir dengan cara konduksi ke partikel-partikel fluida yang berbatasan. Akibat perpindahan energi dengan cara ini, akan mengakibatkan suhu dan energi dalam fluida akan meningkat yang menyebabkan partikel-partikel ini bergerak di dalam fluida ke daerah yang suhunya lebih rendah. Partikel-partikel fluida ini akan melakukan gerakan "mencampur" dan sekaligus memindahkan sebagian energinya ke partikel fluida lainnya (Kreith, F, 1996). Laju perpindahan panas atau q_c dapat dituliskan dalam bentuk hukum pendinginan Newton;

$$q_c = h_c A (T_s - T_f) \quad (2)$$

Perpindahan Panas Radiasi

Berlainan dengan mekanisme konduksi dan konveksi, dimana perpindahan energi terjadi melalui zat antara. Sedangkan perpindahan panas tidak membutuhkan zat antara tetapi perpindahan panas yang terjadi akibat pancaran gelombang elektromagnetik. Pembahasan termodinamika menunjukkan bahwa radiator (penyinar) ideal, atau benda hitam (*blackbody*), memancarkan energi dengan laju yang sebanding dengan pangkat empat temperatur absolut benda itu dan berbanding langsung dengan luas permukaan. Jadi,

$$q_{pancaran} = \sigma A T^4 \quad (3)$$

Perpindahan Panas Pada Bidang Silinder

Untuk menghitung laju perpindahan panas di dalam bidang silinder yang tidak diisolasi dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut (Faisal, M, 2014).

$$q = \frac{T_i - T_o}{\frac{1}{h_o A_o} + \frac{\ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right)}{k} + \frac{1}{h_i A_i}} \quad (4)$$

METODE PENELITIAN

Pada pengujian ini digunakan satu unit blower dan Tungku Rocket yang sudah dipasang alat ukur temperatur. Tungku Rocket terdiri dari nozel, tempat penampung bahan bakar dan ruang bakar. Adapun unit tungku rocket secara utuh seperti terlihat

pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Tungku rocket

Pada penelitian ini biomassa yang digunakan adalah berupa biomassa padat dari jenis kayu asam jawa sejumlah 4 kg, seperti terlihat pada gambar berikut;



Kayu asam jawa

Gambar 2. Biomassa padat

Bahan bakar padat yang digunakan dari jenis kayu asam jawa ditimbang sebanyak \pm 4 kg. dengan kandungan kadar air pada bahan bakar sebesar 5,5 %. Pembakaran dilakukan untuk 4 kg bahan bakar sampai menyisakan bara. Pengukuran temperatur pembakaran dilakukan setiap 1 menit dan akan dirata-ratakan setiap 5 menit sekali. Adapun penempatan alat ukur temperatur seperti diperlihatkan pada gambar 3 berikut,

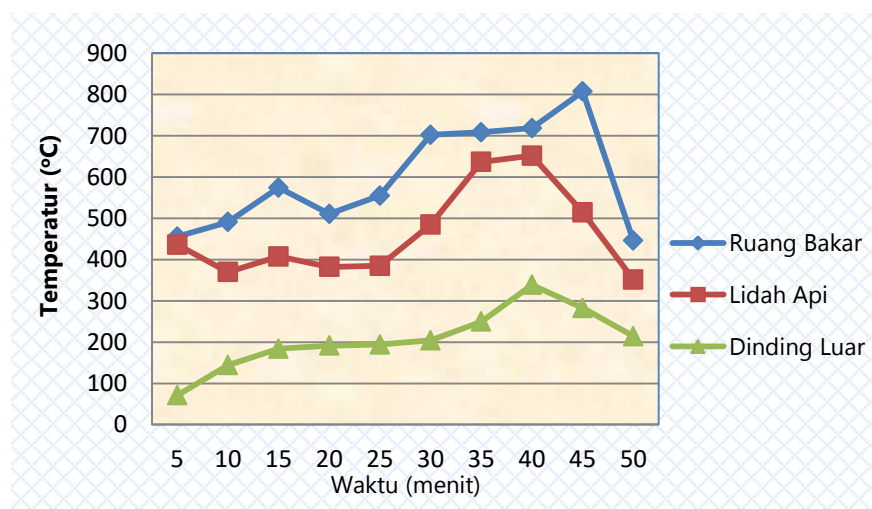


Gambar 3. Penempatan alat ukur

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Pembakaran

Dari hasil pengujian pembakaran yang dilakukan pada Tungku Rocket dengan menggunakan bahan bakar biomassa padat dari jenis kayu asam jawa diperoleh temperatur pembakaran seperti pada gambar 4 berikut,



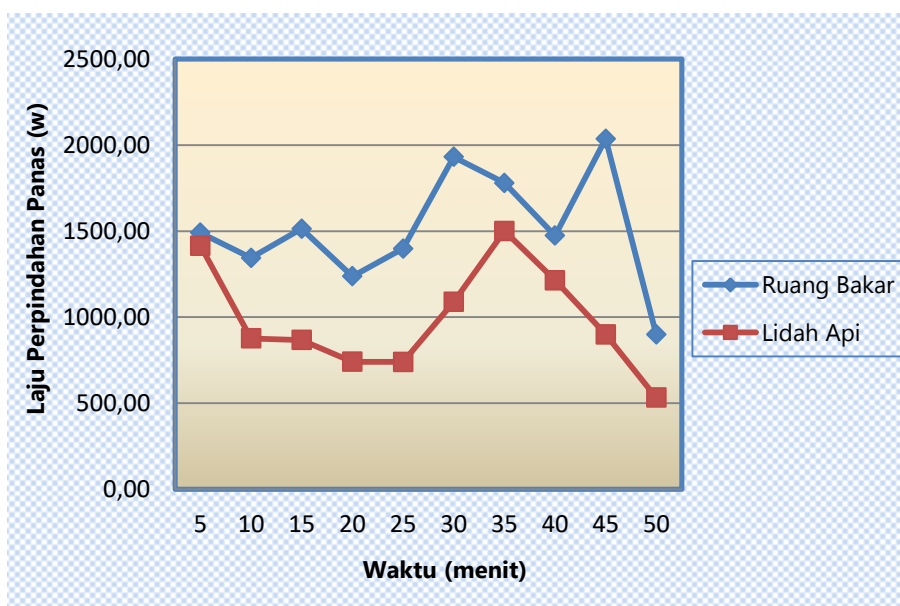
Gambar 4. Profil temperatur pembakaran

Dari gambar 4 terlihat bahwa profil temperatur pembakaran menggunakan bahan bakar biomassa padat jenis kayu asam jawa yang diukur setiap menitnya dan dirata-ratakan setiap 5 menit. Temperatur maksimum pada ruang bakar diperoleh pada menit ke 45 yaitu sebesar $\pm 807,6$ °C. Pada bagian lidah api diperoleh temperatur maksimum pada

menit ke 40 yaitu sebesar ± 652 °C. Sedangkan pada dinding bagian luar tungku rocket, temperatur maksimum dicapai pada menit ke 40 yaitu sebesar $\pm 338,8$ °C.

Laju Perpindahan Panas

Besarnya laju perpindahan panas yang terjadi di dalam tungku rocket seperti terlihat pada gambar 5 berikut;



Gambar 5. Laju perpindahan panas

Gambar 5 memperlihatkan bahwa laju perpindahan panas yang terjadi pada tungku rocket. Pada bagian ruang bakar diperoleh tingkat laju perpindahan panas maksimum sebesar $\pm 2036,18$ watt pada menit ke 45, sedangkan pada bagian lidah api diperoleh tingkat laju perpindahan panas maksimum sebesar $\pm 1500,38$ pada menit ke 35 dari keseluruhan proses pembakaran yaitu sekitar ± 50 menit. Adapun jumlah bahan bakar biomassa padat dari jenis kayu asam jawa mulai dari awal proses pembakaran hingga selesai pada menit ke 50, menghabiskan ± 4 kg bahan bakar biomassa padat. Besar kecilnya tingkat laju perpindahan panas dari dalam tungku rocket ke lingkungan sangat dipengaruhi oleh karakteristik bahan bakar biomassa padat jenis kayu asam jawa, serta tinggi rendahnya profil temperatur pembakaran dari bahan bakar biomassa itu sendiri.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari gambaran data dan pembahasan yang telah dijelaskan diatas dapat disimpulkan bahwa:

1. Pembakaran menggunakan bahan bakar biomassa padat sangat dipengaruhi oleh karakteristik dari bahan bakar biomassa tersebut.
2. Profil temperatur pembakaran bahan bakar biomassa padat jenis kayu asam jawa, walaupun tingkat kandungan air sebesar 5,5 %, namun memiliki temperatur pembakaran yang maksimum yaitu sebesar $\pm 807,6$ °C pada bagian ruang bakar dan sebesar ± 652 °C pada bagian lidah api.
3. Masih tingginya laju perpindahan panas dari dalam tungku rocket ke lingkungan, yaitu sebesar $\pm 2036,18$ watt pada bagian ruang bakar dan sebesar $\pm 1500,38$ pada bagian lidah api.
4. Tingginya tingkat laju perpindahan panas dipengaruhi oleh karakteristik dari biomassa padat jenis kayu asam jawa yang berpengaruh terhadap tinggi rendahnya temperatur pembakaran yang dihasilkan.
5. Masih tingginya temperatur pada dinding bagian luar tungku rocket, hal ini disebabkan bagian dinding tungku rocket tidak diisolasi, sehingga menyebabkan aliran panas secara konduksi semakin besar yang juga akan berpengaruh pada temperatur di ruang bakar.

Saran

Dilihat dari masih besarnya tingkat laju perpindahan panas dari dalam tungku rocket ke lingkungan, maka disarankan untuk dilakukan isolasi pada dinding bagian luar dari tungku rocket tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Sammy D, Donald M,J, (2017), Biomassa Combustion, Agriculture and Natural Resources, Diunduh 20 November 2019 dari <http://www.uaex.edu>.
- Mahidin, et al, (2014), Karakteristik Pembakaran Beberapa Jenis Biomassa Dalam Fluidized

Bed Boiler. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 10(1), 7-14.

Muhtadin, et al, (2014), Kajian Eksperimental Pembakaran Biomassa Pada Ruang Bakar Fluidisasi, *Jurnal Teknik Mesin Unsyiah*, 2(1), 36-39.

Burlian F, Khoirullah M,I, (2014), Pengaruh variasi Ketebalan Isolator Terhadap Laju Kalor dan Penurunan Temperatur Pada Permukaan Dinding Tungku Biomassa, *Seminar Nasional Mesin dan Industri (SNMI9) 2014*. Hal; 208-214, Bali.

Faisal, M, et al, (2014), Kaji Eksperimental Kehilangan Panas Pada Dinding Ruang Bakar Fluidisasi Berbahan Bakar Biomassa, *Jurnal Teknik Mesin Unsyiah*, 2(2), 56-59.

Holman, J.P, (1997). *Perpindahan Kalor*, Jakarta: Erlangga.

Kreith, F, (1996), *Prinsip-prinsip Perpindahan Panas*, Jakarta: Erlangga.