

LAJU PERPINDAHAN PANAS PADA TUNGKU BIOMASSA DENGAN BAHAN BAKAR TEMPURUNG KELAPA SERBUK KAYU DAN SEKAM PADI

Sulaiman¹, dan Ilham SR²

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Padang

Email:sulaeman_ali@yahoo.co.id Syafaridhoilham95@gmail.com

ABSTRAK

Energi merupakan permasalahan utama dunia saat ini. Tiap tahunnya kebutuhan akan energi semakin meningkat seiring dengan semakin meningkatnya aktivitas manusia yang menggunakan bahan bakar terutama bahan bakar minyak yang diperoleh dari fosil tumbuhan maupun hewan. Salah satu sumber energi alternatif tersebut yaitu dengan penggunaan energi biomassa. pada saat proses pembakaran bahan bakar berlangsung terdapat laju aliran massa pada setiap bahan bakar. Pembakaran yang terjadi di dalam tungku menghasilkan panas yang berbeda-beda tergantung dari bahan bakar yang digunakan. Panas dari biomassa akan menyebar ke bagian-bagian yang ada disekitar tungku. Pada pengujian bahan bakar tersebut dibakar di dalam tungku biomassa sebanyak 1 kg untuk satu pengujian, pada saat dilakukan pembakaran pada tungku biomassa di berikan hembusan udara blower dengan kecepatan yang di avariasikan. Perpindahan panas (*heat transfer*) adalah proses berpindahnya energi kalor atau panas (*heat*) karena adanya perbedaan temperatur. Dimana, energi kalor akan berpindah dari temperatur media yang lebih tinggi ke temperatur media yang lebih rendah. Laju perpindahan panas pada tungku biomassa terjadi penangkatan dengan seiring jalannya waktu pembakaran yang diberikan dan diberikan kecepatan udara yang bervariasi. Maka laju perpindahan panas pada setiap bahan berbeda – beda, sehingga laju perpindahan panas yang tertinggi terjadi pada bahan bakar tempurung kelapa. Laju perpindahan panas sangat berpengaruh terhadap kecepatan udara.

Kata kunci : Tungku Biomassa, Laju Aliran Massa, Laju Perpindahan Panas.

ABSTRACT

Energy is the main problem of the world today. Each year the need for energy increases along with the increasing human activity that uses fuel, especially fuel oil obtained from fossil plants and animals. One such alternative energy source is the use of biomass energy. at the time of the combustion process of the fuel takes place there is a mass flow rate on each fuel. The fires that occur in the furnace generate different heat depending on the fuel used. The heat from the biomass will spread to the parts that are around the furnace. In testing the fuel is burned in a biomass furnace of 1 kg for one test, at the time of combustion in the furnace biomass is given blowing air blower with a speed that in avariasikan. Heat transfer is the process of moving heat or heat energy due to temperature differences. Where, calorific energy will move from higher medium temperature to lower media temperature. The rate of heat transfer in the biomass furnace occurs with the lifting of the combustion time given and given the air velocity that bervariasi. Maka heat transfer rates on each material is different - so different, the highest rate of heat transfer occurs in coconut shell fuel. The rate of heat transfer is very influential on air velocity.

Keywords: Biomass Furnace, Mass Flow Rate, Heat Transfer Rate

PENDAHULUAN

Energi merupakan permasalahan utama dunia saat ini. Tiap tahunnya kebutuhan akan energi semakin meningkat seiring dengan semakin meningkatnya aktivitas manusia yang menggunakan bahan bakar terutama bahan bakar minyak yang diperoleh dari fosil tumbuhan maupun hewan. Ketersediaan bahan bakar fosil yang semakin langka berakibat pada kenaikan

harga BBM, oleh karena itu diperlukan sumber energi alternatif untuk mengurangi penggunaan bahan bakar minyak bumi. Salah satu sumber energi alternatif tersebut yaitu dengan penggunaan energi biomassa. Energi biomassa merupakan sumber energi alternatif yang harus dipilih karena jumlahnya yang melimpah (Reksohadiprojo, 1988).

Pembakaran yang terjadi di dalam tungku menghasilkan panas yang berbeda-beda tergantung dari bahan bakar yang digunakan. Panas dari biomassa akan menyebar ke bagian-bagian yang ada disekitar tungku. Tungku ini akan menerima panas pada dinding-dinding dan di sekitar ruang pembakaran.

Jenis penukar panas yang banyak diaplikasikan di industri adalah penukar panas tipe shell and tube atau selubung dan tabung. Konfigurasi ini terdiri dari satu bundel pipa yang dihubungkan paralel yang ditempatkan di dalam selubung. Pada unit penukar panas terdapat dua macam fluida yaitu fluida panas dan fluida dingin yang masing-masing dialirkan di bagian tabung atau selubung tergantung pada kepentingan operasionalnya.

Tahir M, Kasim R, Bait Y (2013), mengatakan bahwa Tungku biomassa sebagai pembangkit panas menghasilkan energy senilai 25.600W dengan laju pembakaran tongkol jagung 7.03 kg/jam. Perhitungan laju pindah panas kefluida dingin dalam pipa sebagai fungsi dari karakteristik udara, laju massa melalui luas penampang laluan diperoleh sebesar 11,285W. Efektivitas sebagai rasio laju pindah panas actual dengan panas maksimum yang dapat dipindahkan dalam sebuah penukar panas diperoleh sebesar 0,90. Efisiensi penukar panas sebagai ukuran jelas performan sisistem diperoleh sebesar 0,78.

Handayono A E, (2000) mengatakan bahwa sebagai alat untuk penukaran panas dari fluida dengan temperature tinggi kefluida dengan temperature rendah, suatu heat exchanger diharapkan mempunyai efektivitas yang tinggi. Secara teoritis kenaikan kecepatan aliran akan menaikkan efektivitas. Namun, hal ini membuat waktu kontak menjadi singkat. Dari fenomenaini, ingin diteliti bagaimana pengaruh kecepatan terhadap efektivitas suatu Shell-and-Tube Heat Exchanger dengan udara sebagai fluida kerja. Dari hasil penelitian didapat bahwa efektivitas naik seiring dengan kenaikan kecepatan hingga suatu harga tertentu dan kemudian akan turun. Efektivitas Shell-and-Tube Heat Exchanger lebih tinggi jika udara panas mengalir dengan kecepatan tinggi (di sisi tube) dan udara dingin mengalir dengan kecepatan rendah (di sisi shell).

TUJUAN

Tujuan penelituian ini adalah untuk mengetahui laju aliran massa udara yang terjadi di dalam tungku biomassa dan menghitung laju perpindahan panas terhadap bahan bakar pada tungku biomassa.

TEORI DASAR

Biomassa adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintensis, baik berupa produk maupun buangan. Biomassa juga digunakan sebagai sumber energi (bahan bakar). Secara umum yang digunakan sebagai bahan bakar adalah biomassa yang nilai ekonomisnya rendah atau merupakan limbah setelah diambil produk primernya. Sumber energi yang dapat diperbarui sehingga dapat menyediakan sumber energi secara berkesinambungan. Di Indonesia, biomassa merupakan sumber energi alam yang sangat penting dengan berbagai produk primer berupa bahan pangan, serat kayu dan lain-lain yang selain digunakan untuk memenuhi kebutuhan domestik juga di ekspor dan menjadi tulang punggung penghasil devisa negara.

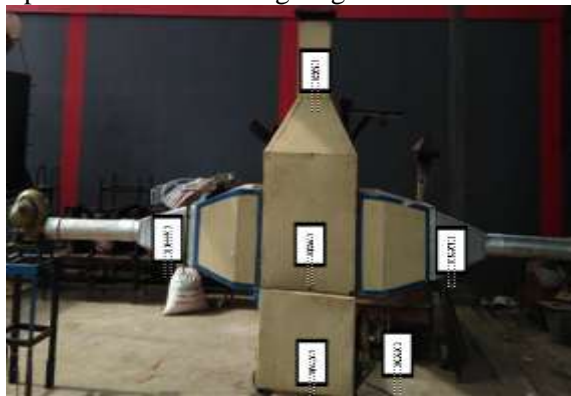
Jumlah bio massa di Indonesia yang biasa digunakan sebagai sumber energy sangat melimpah. Limbah yang berasal dari hewan maupun tumbuhan semuanya potensial untuk dikembangkan. Tanaman pangan dan perkebunan menghasilkan limbah yang cukup besar, yang dapat dipergunakan untuk keperluan lain seperti bahan bakar nabati.

TUNGKU BIOMASSA

Tungku biomassa prinsipnya yaitu memproduksi gas terutama karbonmonoksida yang dihasilkan dari pembakaran biomassa baik dari arang tempurung kelapa ataupun sumber biomassa lainnyadengan pengkondisian udara. Biomassa dibakar cukup untuk mengkonversi bahan bakar menjadi abu, oksigen dan gas lain yang dihasilkan sepanjang proses sehingga dapat bereaksi dengan karbon yang terdapat pada abu yang temperatunya lebih tinggi, maka akan menghasilkan karbonmonoksida yang mudah menyala (CO), hidrogen (H₂) dan metana (CH₄). Gas lain seperti gas asam arang (CO₂) dan uap air (H₂O) yang sulit sulit menyala juga diproduksi selama proses perubahan menjadi gas. Dengan pengendalian masukan udara dengan menggunakan drimer dan kipas, jumlah udara yang dibutuhkan untuk membakar arang tempurung akan berubah menjadi gas yang diinginkan.

Ada dua jenis tungku biomassa yaitu:

1. Tungku biomassa pembakaran langsung.
2. Tungku biomassa pembakaran tidak langsung



Gambar 1. Tungku Biomassa

Keterangan:

1. Saluran udara masuk
2. Ruang bakar biomassa
3. Blower
4. Susunan pipa-pipa penukar kalor
5. Saluran udara keluar dari tungku biomassa
6. Cerobong asap

Luas perpindahan panas keseluruhan (A_s) ditentukan dari jumlah *tube bank* yang ada, panjang *tube bank*, dan diameter pipa. Sehingga luas perpindahan panas keseluruhan menjadi (Holman, Z.P., 1984):

$$A_s = n \cdot \pi \cdot d \cdot l \quad \dots(1)$$

Jika pada perpindahan panas pada *shell and tube* dan *air to air single tube* nilai total perpindahan panas dengan persamaan berikut (Holman, Z.P., 1984):

$$Q = U \times A_s \times \Delta T_m \quad \dots(2)$$

Beda suhu rata-rata (*log mean temperature difference/LMTD*)

merupakan beda suhu pada ujung penukar kalor dikurangkan dengan beda suhu pada ujung yang lain dibagi dengan logaritma alamiah daripada perbandingan kedua beda suhu tersebut (Holman, Z.P., 1984).

$$\Delta T_{in} = \frac{(T_{ho} - T_{ci}) - (T_{hi} - T_{co})}{\ln \left[\frac{T_{ho} - T_{ci}}{T_{hi} - T_{co}} \right]} \quad \dots(3)$$

Adapun laju aliran udara pada perpindahan panas di tungku biomassa dapat ditentukan dengan persamaan.

$$\dot{m} = \rho \cdot v \cdot A \quad \dots(4)$$

Energi berguna atau yang bermanfaat tungku biomassa yaitu energi dihasilkantungku biomassa yang dipengaruhi oleh laju aliran udara, temperatur udara masuk dan keluar tungku biomassa serta panas spesifik. Besarnya energi bermanfaat dapat dihitung dengan persamaan.

$$Q_u = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T \quad \dots(5)$$

Keterangan:

\dot{m} = Laju aliran fluida kerja (kg/s)

A_s = luas perpindahan kalor keseluruhan (m²)

n = jumlah susunan pipa

D = diameter pipa (m)

l = panjang pipa (m)

Q_u = laju energi berguna biomassa (kW)

ΔT = beda temperatur fluida kerja (°C)

U = koefisien perpindahan kalor total (W/m².°C)

A_s = luas permukaan perpindahan kalor (m²)

ΔT_m = beda suhu rata-rata untuk (LMTD)

Q_{akt} = laju perpindahan panas aktual (kW)

\dot{m} = laju aliran massa fluida kerja (kg/s)

c_p = panas spesifik fluida (kJ/kg.°C) (Teknologi Rekayasa Surya. Hal.215)

C_{min} = kapasitas panas minimum (kW/°C)

Q_{max} = perpindahan panas maksimum (kW)

ϵ -NTU = efektivitas – *Number of Transfer units*

ρ = densitas fluida, (kg/m³)

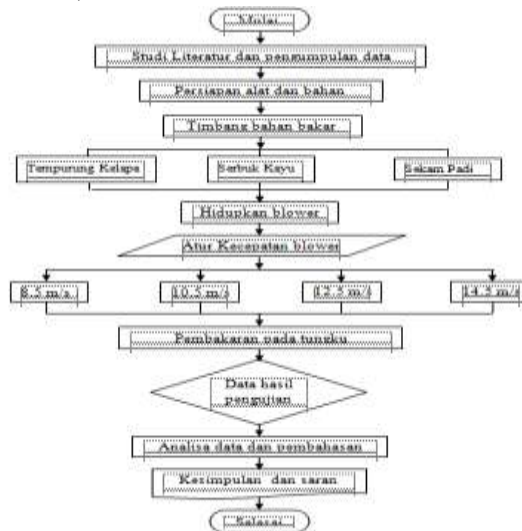
v = kecepatan udara (m/s)

μ = viskositas fluida, kg/(m.s)

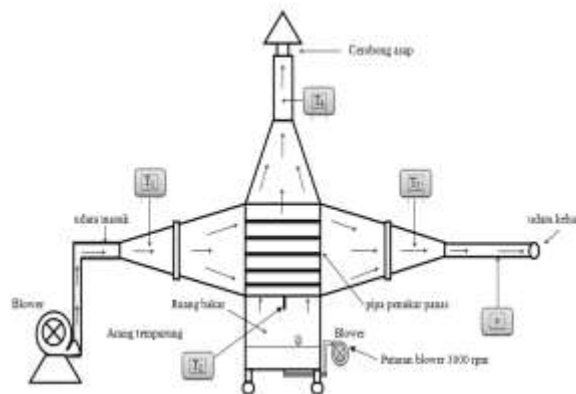
METODOLOGI PENELITIAN

Tungku biomassa memiliki beberapa komponen yang saling terhubung satu sama lainnya. Komponen itu diantaranya blower, saluran udara masuk, saluran udara keluar, ruang bakar, saluran gas buang dan pipa penukar panas. Blower yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 2 unit. Blower yang pertama yaitu digunakan sebagai peniup udara pada saluran udara masuk tungku. Sedangkan pada blower yang kecil digunakan sebagai peniup bahan bakar dengan daya 440 W. Tungku biomassa merupakan alat pemanas yang memanfaatkan kalor dari hasil pembakaran biomassa di dalam ruang pembakarannya. Panas dari ruang pembakaran akan terjadi konversi energi terhadap pipa-pipa yang berada di atas ruang pembakaran, pipa-pipa tersebut dialiri oleh udara luar dengan menggunakan blower.

FLOW CHART PENELITIAN



Gambar2.Flow Chart Penelitian

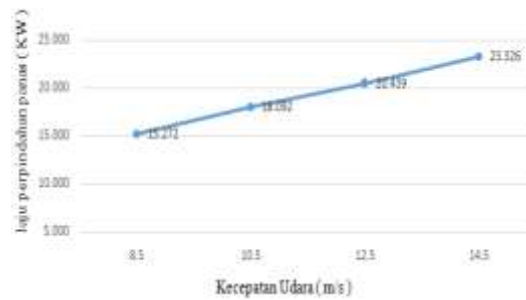


Gambar3.SkemaTungkuBiomassa

HASIL DAN PEMBAHASAN

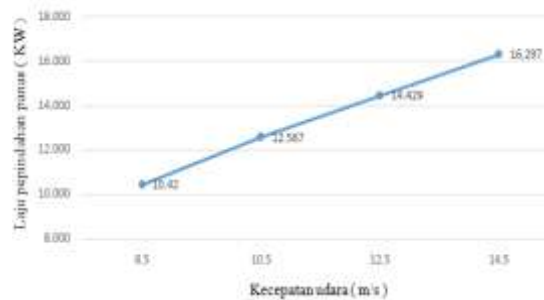
Pada pengujian bahan bakar tersebut dibakar di dalam tungku biomassa sebanyak 1 kg untuk satu pengujian, pada saat dilakukan pembakaran pada tungku biomassa di berikan hembusan udara blower dengan kecepatan yang di avariasikan diantaranya kecepatan udara 8.5 m/s 10.5 m/s, 12.5 m/s dan 14.5 m/s. pada saat pembakaran berlangsung dapat diukur temperatur masuk (T1) rata-rata sebesar 34.8 °C udara masuk menuju pipa *tube bank* hingga temperatur keluar.pada saat proses pembakaran bahan bakar berlangsung terdapat laju aliran massa pada setiap bahan bakar dan di berikan hembusan blower dengan kecepatan yang di variasikan.seiring jalannya waktu pembakaran.untuk setiap kecepatan yang di variasikan, maka laju aliran massa udara semakin tinggi kecepatan maka semakin tinggi laju aliran massa udara.

Pembakaran bahan bakar tungku biomassa terdapat laju perpindahan panas pada pipa *tipe tube bank*. Diantaranya laju perpindahan panas sangat berpengaruh pada kecepatan udara yang di berikan dengan kecepatan udara terendah 8.5 m/s pada bahan bakar tempurung kelapa maka laju pepindahan panas keseluruhan sebesar 15.272 watt dan pada kecepatan tertinggi 14.5 m/s maka laju pepindahan panas meningkat sebesar 23.326 watt. Hal ini disebabkan semakin tinggi kecepatan udara yang di berikan maka semakin tinggi laju perpindahan panas.



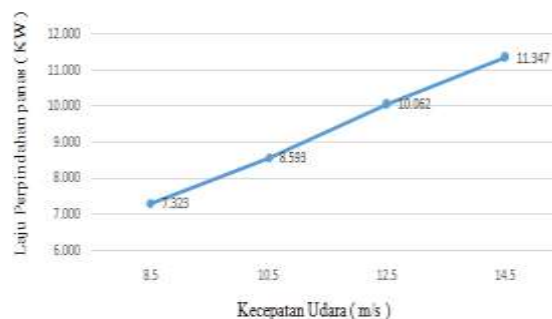
Gambar 4. Grafik hubungan laju perpindahan panas terhadap kecepatan udara pada bahan bakar tempurung kelapa pada tungku biomassa.

Terlihat pada gambar bahwasanya untuk bahan bakar tempurung kelapa terdapat laju perpindahan panas dengan kecepatan udara 8.5 m/s dengan nilai 15.272 watt. pada kecepatan udara 10.5 m/s mengalami kenaikan pada laju perpindahan panas sebesar 18.092 watt. Kemudian untuk kecepatan udara 12.5 m/s dengan laju perpindahan panas sebesar 20.439 watt dan pada kecepatan udara 14.5 m/s mengalami kenaikan yang tinggi sebesar 23.326 watt. apabila di berikan penambahan kecepatan udara maka akan semakin tinggi laju perpindahan panas pada tungku biomassa.



Gambar 5. Grafik hubungan laju perpindahan panas terhadap udara dengan bahan bakar serbuk kayu pada tungku biomassa.

Terlihat pada gambar di atas bahwa untuk bahan bakar serbuk kayu laju perpindahan panas pada kecepatan udara 8.5 m/s dengan laju perpindahan panas sebesar 10.420 watt, pada kecepatan udara 10.5 m/s sebesar 12.567 watt dan untuk kecepatan udara yang tertinggi sebesar 14.5 m/s akan mengalami perpindahan panas yang meningkat sebesar 16.297 watt. dan pada saat pembakaran serbuk kayu di tungku biomassa dengan di variasikan kecepatan maka akan meningkatnya laju perpindahan panas pada bahan bakar yang digunakan.



Gambar 6. Grafik hubungan laju perpindahan panas terhadap kecepatan udara dengan bahan bakar sekam padi pada tungku biomassa.

Terlihat pada gambar bahwasanya untuk bahan bakar sekam padi.pada saat pembakaran diberikan hembusan blower dengan kecepatan yang di avariasikan antaranya 8.5 m/s dengan nilai laju perpindahan sebesar 7323 watt selanjutnya dengan kecepatan 10.5 m/s dengan nilai laju perpindahan panas sebesar 8593 watt selanjutnya kecepatan blower sebesar 12.5 m/s mengalami kenaikan sebesar 10.062 watt sedangkan untuk kecepatan udara 14.5 m/s mengalami kenaikan dengan nilai sebesar 11.347 watt. Hal ini di sebabkan dengan di berikan kecepatan udara, maka semakin tinggi laju perpindahan panas.

SIMPULAN

- 1.Pada proses pembakaran pada tungku biomassa bahan bakar yang paling bagus adalah bahan bakar tempurung kelapa karena temperatur tertinggi pembakaran pada tungku biomassa mencapai 337 °C dengan kecepatan udara 8.5 m/s.
- 2.Dengan mengvariasikan kecepatan udara pada proses pengujian.hal ini menyebabkan semakin tinggi kecepatan udara maka akan semakin tinggi laju aliran massa dengan rata-rata sebesar 41.67 kg/s pada kecepatan udara sebesar 14.5 m/s.
- 3.Laju perpindahan panas pada tungku biomassa terjadi kenaikandengan seiring jalannya waktu pembakaran yang diberikan dan diberikan kecepatan yang bervariasi.Makalaju perpindahan panas pada setiap bahan berbeda – beda, sehingga laju perpindahan panas yang tertinggi terjadi pada bahan bakar tempurung kelapa. Laju perpindahan panas sangat berpengaruh terhadap kecepatan udara.

SARAN

- 1.Untuk mengenai bahan bakar tungku biomassa, agar penelitian selanjutnya dapat menemukan bahan bakar yang lain dan nilai kalor lebih tinggi dari arang tempurung seperti ampas tebutongkol jagung dan sebagainya.
- 2.Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan rancangan modifikasi dengan mempertimbangan aspek aspek yang sesuai dengan tungku biomassa.

DAFTAR PUSTAKA

- Burlian F, Khoirullah I, (2014). *Pengaruh Variasi Ketebalan Isolator Terhadap Laju Kalor dan Penurunan Temperatur pada Permukaan Dinding Tungku Biomassa*. Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.
- Handoyo A E, (2000). *Pengaruh Kecepatan Aliran Terhadap Efektivitas Shell-and-Tube Heat Exchanger*. Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra
- Holman, J.P. 1984. *Perpindahan Kalor*, Erlangga. Jakarta
- Syah H, (2013). *Kajian Kinerja Penukar Panas Tipe Shell and Tube Satu Haluan dengan Pengontrolan Suhu Outlet*. Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala
- Ramudhi R D. 2015. *Tungku Biomassa Sebagai Sumber Panas*. Fakultas Teknologi Industri,ITP
- Putra Guyup,M dan Hartini,S. 2015.*Kajian Pindah Panas Tungku Biomassa dan Heat Exchanger pada Alat Pengereng Hybrid Berbahan Bakar Limbah Biomassa*.Fakultas Teknik Pertanian.IPB Bogor
- Muhammad Tahir, Rahmiaty Kasim, Yoyanda Bait. MEI 2013, Uji Performansi Desain Terintegrasi Tungku Biomassa dan Penukar Panas, Universitas Negeri Gorontalo
- Jhoto. *Uji Eksperimental Pengaruh Perubahan Temperatur Lorong Udara Terhadap Koefisien Perpindahan Panas Konveksi Pelat Datar*.Fakultas Teknikn Universitas Pandanaran
- Sitompul, M. Tunggul. 1993. *Alat Penukar Panas*. Raja Grasindo Persada. Jakarta Utara