

"Kaji Eksperimental Pemanfaatan Serbuk Gergaji Kayu dan Bubur Kertas Koran Sebagai Bahan Isolator Pada Dinding Boiler Mini".

Ismail Thamrin^a, Pure Mandela^b

^{a,b} Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
Jl.Raya Prabumulih Km 32,Inderalaya-Ogan Ilir, Sumatera-Selatan
Kode Pos (30622)
e-mail : ismailthamrin13@yahoo.com

Abstrak

Isolator adalah bahan yang dipakai untuk mengurangi keluarnya kalor, yang merupakan energi yang berpindah karena adanya perbedaan temperatur yang terjadi pada benda atau material yang memiliki temperatur tinggi ke benda atau material yang bertemperatur lebih rendah ke lingkungan.

Serbuk gergaji kayu dan bubuk kertas dipakai sebagai isolator, agar kerugian akibat panas yang terbuang ke lingkungan dapat diminimalisir, disamping untuk mengurangi kenaikan temperatur disekitar boiler.

Sebelum digunakan sebagai isolator, serbuk gergaji kayu dan kertas koran dihancurkan dan diaduk terlebih dahulu dengan air, setelah itu baru ditempelkan pada dinding plat besi bagian luar boiler mini yang menghasilkan uap kering untuk pengeringan pakaian. Untuk mengetahui tebal ideal yang dibutuhkan isolator untuk menahan besarnya laju perpindahan kalor dapat diketahui dengan cara mengukur beda temperatur yang terjadi, berbanding dengan nilai tahanan termal dari bahan tersebut.

Dari hasil eksperimen telah dilakukan didapatkan $R_{plat\ besi} = 0,000028 \text{ }^{\circ}\text{C/W}$ dengan $Q = 35714 \text{ W}$ dan $T_{permukaan} = 76 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $R_{kertas} = 0,00034423 \text{ }^{\circ}\text{C/W}$ dengan $Q = 368 \text{ W}$ dan $T_{permukaan} = 64,67 \text{ }^{\circ}\text{C}$, dan $R_{serbuk\ gergaji} = 0,00096852 \text{ }^{\circ}\text{C/W}$ dengan $Q = 361 \text{ W}$ dan $T_{permukaan} = 42 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Dari percobaan didapat bahwa isolator dari serbuk gergaji memiliki nilai tahanan termal lebih tinggi dan kemampuan meredam panas lebih baik dibandingkan isolator dari kertas koran.

Keywords: serbuk gergaji kayu, bubur kertas koran, tebal isolator, tahanan termal, boiler mini

Pendahuluan

Seiring dengan bertumbuhnya perekonomian masyarakat saat ini, banyak diantara mereka berusaha membangun industri rumah tangga seperti usaha pembuatan tahu, tempe, keripik goreng dan lain sebagainya, Oleh karena tingginya harga bahan bakar saat ini, maka peneliti berupaya membuat sebuah tungku biomasa yang menggunakan bahan bakar alternatif yaitu limbah seperti serbuk kayu, sekam padi ataupun ampas tebu yang diharapkan nantinya dapat membantu bagi para perintis industri rumah tangga dalam mengatasi masalah bahan bakar. Tungku biomassa itu sendiri mempunyai rongga didalamnya. Yang difungsikan sebagai tempat untuk menampung air yang akan dijadikan uap, untuk mendorong bahan bakar masuk ke ruang bakar. Sehingga tungku biomassa ini dapat juga difungsikan sebagai boiler mini. Selain itu uap panasnya dapat digunakan sebagai pengering pakaian (dry laundry).

Dalam penggunaannya, boiler mini ini menimbulkan rasa panas dan gerah pada tubuh orang yang berada disekitar boiler tersebut, sehingga orang

yang mengoperasikan boiler tersebut merasa kurang nyaman jika menggunakan boiler mini ini dalam waktu yang lama. Hal ini dapat terjadi karena adanya panas yang berasal dari air yang mendidih didalam boiler dan mengalir keluar ke lingkungan melalui dinding yang terbuat dari plat besi. Penelitian ini bertujuan ingin membandingkan penggunaan dari dua buah bahan isolator yaitu serbuk hasil gergajian kayu dan bubur dari kertas koran. Tujuannya untuk meneliti bahan isolator mana yang paling baik untuk menahan panas yang mengalir dari permukaan dinding boiler tersebut.

Tinjauan Pustaka

Energi dapat berpindah dalam bentuk kalor dari suatu zat ke lingkungannya atau zat lain apabila diantara kedua zat tersebut berbeda temperaturnya. Jadi beda temperatur merupakan potensial utama terjadinya perpindahan energi dalam bentuk kalor.

Perpindahan Panas Konduksi.

Untuk perpindahan kalor konduksi ini dikemukakan oleh ilmuwan Perancis, *I.B.I. Fourier* , sebuah

hubungan laju perpindahan panas konduksi q_k dalam suatu bahan dinyatakan dengan :

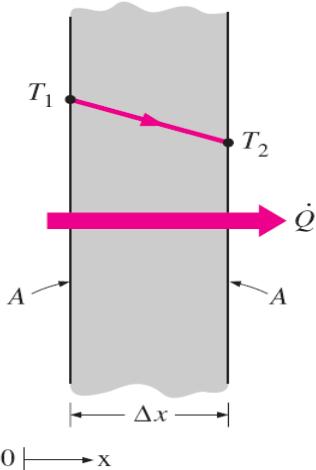
$$q_k = -kA \frac{dT}{dx} \quad (\text{Lit.1, Hal.128})$$

dimana :

q_k = Laju perpindahan kalor konduksi (W)
 A = Luas penampang (m^2)

k = Konduktivitas bahan ($W/m. ^\circ C$)

$\frac{dT}{dx}$ = Gradient temperatur terhadap jarak



Gambar 1. Perpindahan kalor konduksi Satu dimensi.

Bilamana konduktivitas termal (*thermal conductivity*) dianggap tetap. Tebal dinding adalah Δx , sedangkan T_1 dan T_2 adalah suhu muka dinding. Jika konduktivitas termal berubah menurut hubungan linier dengan suhu, maka persamaan aliran kalor menjadi :

$$\dot{Q}_{\text{konduksi,dinding}} = kA \frac{T_1 - T_2}{L} \text{ (W)} \quad (\text{Lit.2, Hal.129})$$

Nilai Tahanan Termal.

Tahanan Termal suatu bahan adalah suatu ukuran ketahanan suatu benda dalam menghambat laju aliran kalor. Nilai tahanan termal suatu bahan merupakan perbandingan antara ketebalan suatu bahan terhadap konduktivitas termal bahan tersebut persatuan luas permukaan bahan tersebut. Dari persamaan konduksi diatas, maka tahanan termalnya menjadi :

$$R_{\text{wall}} = \frac{L}{kA} \quad (^\circ \text{C/W}) \quad (\text{Lit.1, Hal.129})$$

Dimana:

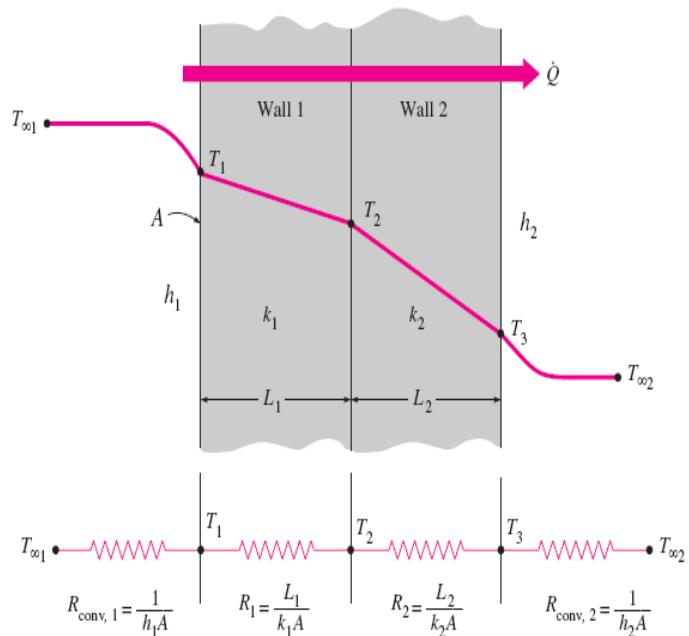
L = tebal dinding (m)

k = Konduktivitas termal bahan ($W/m. ^\circ C$)

A = Luas permukaan bahan (m^2)

Jika di dalam sistem itu terdapat lebih dari satu macam bahan, seperti dalam hal dinding lapis rangkap, jika gradien suhu (*temperature gradient*) pada kedua bahan ialah seperti tergambar dibawah ini, maka analisanya akan menjadi :

$$\dot{Q} = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 2}}{R_{\text{total}}} \quad (\text{Lit.1, Hal.129})$$



Gambar 2 . Suhu permukaan dan antar muka dua plat datar

Metodelogi Penelitian & Alat Yang Digunakan

1. Komponen-komponen Peralatan Pengujian

Peralatan pengujian ini memiliki komponen-komponen utama, yaitu :

- Boiler mini sebagai media untuk menghasilkan uap untuk pendorong bahan bakar masuk dalam tungku.
- Sumber panas yang berasal dari nyala api didalam tungku .
- Termokopel tipe K dengan tampilan digital.
- Dua buah Isolator yang dari serbuk gergaji kayu dan bubur kertas koran.



Gbr . 3 Isolator yang terbuat dari bubur kertas koran

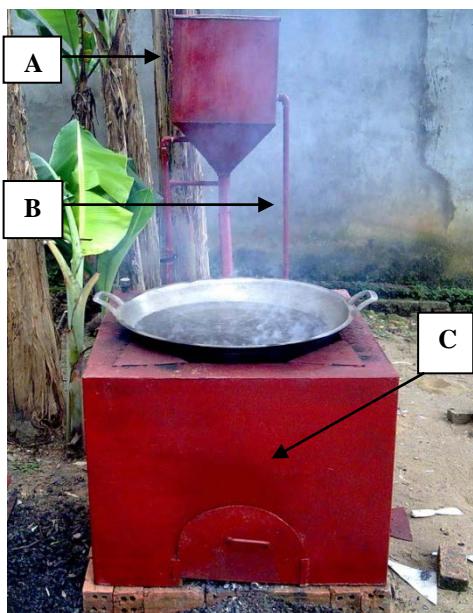
Isolator tersebut terbuat dari daur ulang kertas koran bekas, yang dibuat menyerupai papan dengan luas permukaan yang sama dengan dinding luar boiler dan memiliki ketebalan 12 mm.



Gbr . 4 Isolator yang terbuat dari serbuk gergajian kayu

Isolator tersebut terbuat dari serbuk gergaji yang di press menjadi seperti papan dengan ketebalan 12 mm dan memiliki luas permukaan yang sama dengan dinding luar boiler.

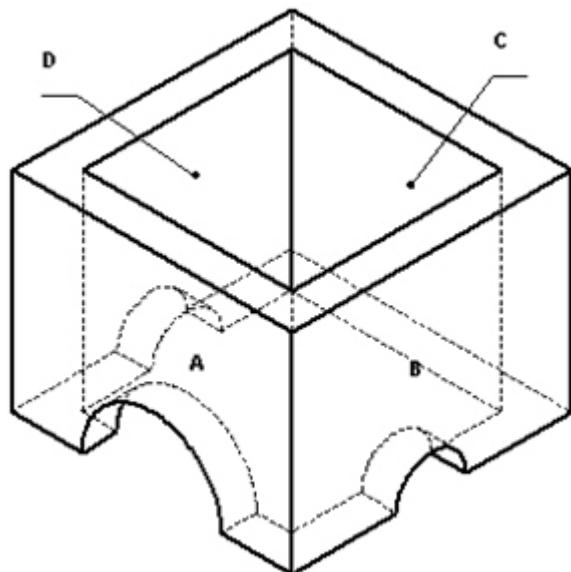
2. Sistem Kerja Peralatan Pengujian



Gambar 5. Tungku Biomasa

Keterangan :

- A= Kotak bahan bakar (baggase/serbuk kayu)
- B= Instalasi pipa uap pendorong bahan bakar
- C= Tutup lubang masuk bahan bakar awal



Gambar 6. Rangka bagian dalam tungku

3. Metodelogi Penelitian

Masukkan air kedalam rongga dinding tungku yang telah disediakan, Tempelkan Isolator yang akan diuji pada permukaan plat boiler, kemudian nyalakan api tungku dengan batu bara sebagai bahan bakar awal [3]. Setelah kurang lebih 45 menit maka air didalam boiler tersebut akan berubah menjadi uap, uap tersebut dialirkan untuk mendorong serbuk gergaji dari dalam kotak bahan bakar menuju ruang bakar tungku sehingga pembakaran yang pada mulanya menggunakan bahan bakar batu bara, kemudian akan dilanjutkan dengan penggunaan serbuk gergaji sebagai bahan bakarnya seiring dengan semburan uap yang dihasilkan dari penguapan air didalam rongga tungku tersebut [4].

Bahan bakar serbuk gergaji tersebut akan terus masuk kedalam ruang bakar tungku selama air yang berada didalam rongga dinding belum habis (kering). Setelah bahan bakar serbuk gergaji telah digunakan, dan bukaan udara masuk telah diatur [2],[6] maka nyala api akan semakin membesar, kemudian kita dapat mulai melakukan pengukuran.

4. Parameter Pengujian

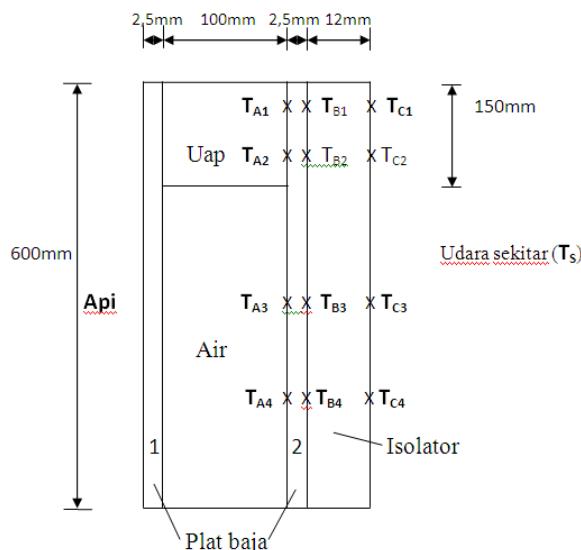
Parameter-parameter yang diukur dalam pengujian ini meliputi :

1. Temperatur dinding plat besi bagian luar boiler (sisi dalam dan luar plat)
2. Temperatur permukaan isolator kertas koran.
3. Temperatur permukaan isolator serbuk gergajian kayu.

Dari pengukuran parameter-parameter di atas, maka didapatkan nilai :

1. Besar energi kalor yang pindah

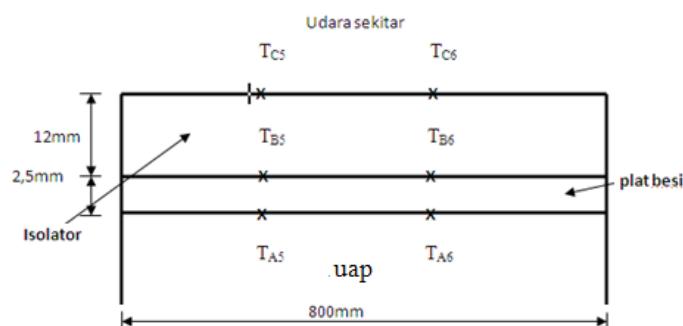
2. Perubahan temperatur dinding tungku.
3. Nilai tahanan termal dari kedua bahan.



Gbr 7. Potongan penampang dinding Tungku dan boiler

Keterangan :

T_{A1} dan T_{A2}	Temperatur plat baja yang kontak dengan uap ($^{\circ}\text{C}$)
T_{A3} dan T_{A4}	Temperatur plat baja yang kontak dengan air ($^{\circ}\text{C}$)
T_{B1} dan T_{B2}	Temperatur plat baja yang kontak dengan isolator dan berbatasan dengan uap($^{\circ}\text{C}$)
T_{B3} dan T_{B4}	Temperatur plat baja yang kontak dengan isolator dan berbatasan dengan air ($^{\circ}\text{C}$)
T_{C1} dan T_{C2}	Temperatur Isolator yang berbatasan dengan uap($^{\circ}\text{C}$)
T_{C3} dan T_{C4}	Temperatur Isolator yang berbatasan dengan air($^{\circ}\text{C}$)
T	Temperatur rata-rata ($^{\circ}\text{C}$)



Gambar 8. Potongan penampang plat atas Tungku

Keterangan :

- T_{A5} dan T_{A6} : Temperatur plat baja yang bersentuhan dengan uap
- T_{B5} dan T_{B6} : Temperatur plat baja yang bersentuhan dengan Isolator
- T_{C5} dan T_{C6} : Temperatur Isolator yang bersentuhan dengan udara sekitar

Hasil dan Pembahasan.

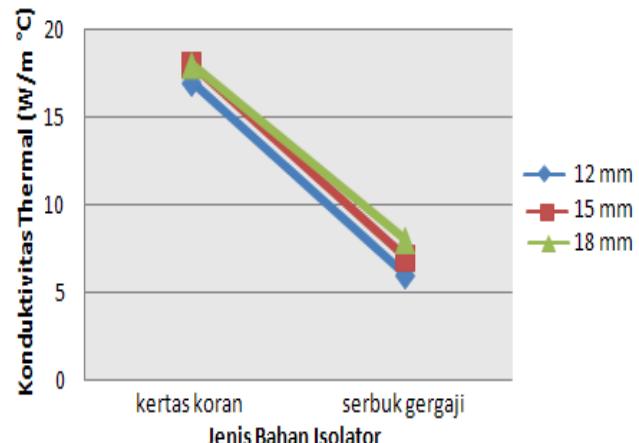
Dari Pengujian dan perhitungan kita dapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel I.
Data hasil perhitungan nilai k, R, dan T

ketebalan	Jenis isolator	k(W/m. $^{\circ}\text{C}$)	R($^{\circ}\text{C}/\text{W}$)	T($^{\circ}\text{C}$)	Q (Watt)
12mm	Kertas Koran	17	0,00034	64,33	35714
	Serbuk kayu	6	0,00095	42	
15mm	Kertas Koran	18	0,0004	61,83	35714
	Serbuk kayu	7	0,001	39,5	
18mm	Kertas Koran	18	0,00048	59,33	35714
	Serbuk kayu	8	0,0011	37	

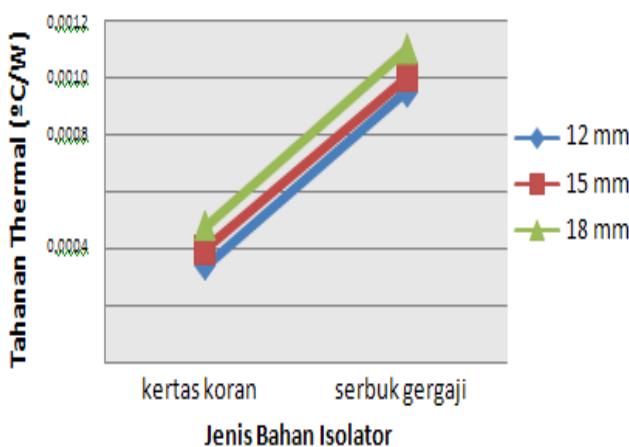
Keterangan :

- R : Nilai tahanan Termal ($^{\circ}\text{C}/\text{W}$)
 Q : Perpindahan kalor konduksi pada dinding plat (W)
 T : Temperatur permukaan dinding tungku ($^{\circ}\text{C}$)
 k : Nilai Konduktivitas termal suatu bahan (W/m. $^{\circ}\text{C}$)



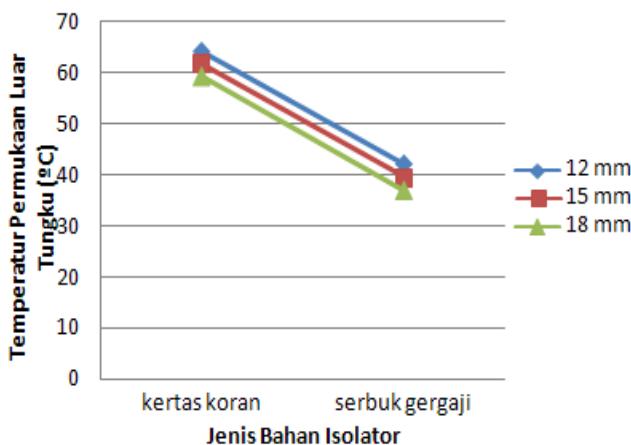
Gbr 9. Grafik hubungan Jenis bahan terhadap nilai konduktivitas termal bahan itu

Dari Grafik diatas dapat kita lihat bahwa dalam pengujian yang kita lakukan dengan ketebalan isolator 12 mm,15mm,dan 18 mm kita dapatkan nilai konduktivitas termal dari Isolator kertas koran lebih tinggi dibandingkan dengan papan serbuk gergaji.



Gbr 10. Grafik hubungan Jenis bahan terhadap nilai tahanan termal bahan tersebut

Dari Grafik diatas dapat kita lihat bahwa dalam pengujian yang kita lakukan dengan ketebalan isolator 12mm,15mm,dan 18mm kita dapatkan nilai tahanan termal dari Isolator papan serbuk gergaji lebih tinggi dibandingkan dengan kertas koran, dan nilai tahanan termal tersebut paling tinggi pada penggunaan isolator papan serbuk gergaji dengan ketebalan 18mm yaitu sebesar 0,0011($^{\circ}\text{C}/\text{W}$) dan paling rendah pada saat penggunaan isolator kertas koran dengan ketebalan 12 mm yaitu sebesar 0,00034 ($^{\circ}\text{C}/\text{W}$).



Gbr 11. Grafik hubungan Jenis Isolator terhadap Temperatur permukaan luar tungku

Dari Grafik hubungan antara jenis isolator terhadap temperatur permukaan luar tungku diatas dapat kita lihat bahwa Temperatur permukaan tungku tertinggi terjadi pada saat penggunaan isolator kertas koran dengan ketebalan 12mm yaitu mencapai 64,33 $^{\circ}\text{C}$,dan temperatur permukaan tungku terendah dicapai pada saat penggunaan isolator papan serbuk gergaji dengan ketebalan 18mm yaitu mencapai 37 $^{\circ}\text{C}$. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan serbuk gergaji sebagai isolator pada permukaan tungku lebih baik dari pada penggunaan kertas koran.

Kesimpulan

- Berdasarkan perhitungan dan pembahasan yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu :
- Nilai konduktivitas termal isolator yang terbuat dari kertas koran adalah sebesar 17 ($\text{W}/\text{m. } ^{\circ}\text{C}$), dan nilai konduktivitas termal isolator yang terbuat dari papan serbuk gergaji adalah sebesar 6 ($\text{W}/\text{m. } ^{\circ}\text{C}$)
 - Nilai tahanan termal isolator yang terbuat dari kertas koran adalah sebesar 0,000340($^{\circ}\text{C}/\text{W}$) dan nilai tahanan termal isolator yang terbuat dari papan serbuk gergaji adalah sebesar 0,000950 ($^{\circ}\text{C}/\text{W}$).
 - Pada saat tungku belum dipasang isolator, temperatur permukaan dinding tungku tersebut adalah sebesar 76 $^{\circ}\text{C}$, dan pada saat dipasang isolator kertas koran temperatur permukaan dinding tungku menjadi 64,33 $^{\circ}\text{C}$ sedangkan pada saat dipasang isolator papan serbuk gergaji temperatur permukaan dinding tungku menjadi 64,33 $^{\circ}\text{C}$.
 - Dengan dimensi yang sama serbuk gergaji dapat meredam panas lebih baik dari pada kertas koran.

Nomenklatur

- A : Luas area, m^2
k : konduktivitas termal bahan ($\text{W}/\text{m. } ^{\circ}\text{C}$)
L : Panjang, ketebalan dinding, m
q : heat flux, W/m^2
Q : Perpindahan kalor (W)
R : Nilai tahanan termal ($^{\circ}\text{C}/\text{W}$)
T : Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)

Referensi

- Yunus Cengel, Heat Transfer : A Practical Approach 2nd Edition in SI Units
- Ismail Thamrin, 2010, "Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Bukaan Lubang Udara Tungku Biomassa Dengan Bahan Bakar Serbuk Kayu dan Briket dari Serbuk Kayu Terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Efisiensi Tungku Biomassa", Jurnal Rekayasa Sriwijaya No.2 Vol 19.
- Muhammad Amin,2010."Model Tungku Pembakaran Batubara Menggunakan Batubara Muda Sebagai Bahan Bakar,Jurnal Rekayasa Sriwijaya No.2 Vol.19
- Pure Mandela, 2011, Kaji Eksperimental Penggunaan Papan Serbuk Gergaji dan Kertas Koran sebagai Bahan Isolator Terhadap Penurunan Temperatur Dinding Tungku Biomassa",Tugas Akhir, Maret 2011
- Holman J.P., Heat Transfer, Mc Graw Hill, New York, 1987.

6. Kaprawi, 2008, “Pengaruh Diameter Cerobong Dari Tungku Serbuk Gergaji Terhadap Pembakaran”, Prosiding Seminar Nasional Avoer, Palembang.
7. Incropera, F.P., and Dewitt,D.P., Fundamental of Heat and Mass Transfer, John Wiley & Sons, 2002
8. Frank Kreith and Mark S.Bohn.,Principles of Heat Transfer 6th Edition,2001