

ANALISA PERPINDAHAN PANAS PEMBAKARAN BRIKET BATUBARA PADA TUNGKU DENGAN VARIASI BAHAN LAPISAN ISOLASI

Mochamad Rifai*

Abstraksi

Perpindahan panas yang terjadi pada tungku pembakaran briket batubara, sangat tergantung pada dimensi tungku, bahan tungku dan dimensi lapisan isolasi tungku. Penelitian ini menganalisa perpindahan panas yang terjadi pada tungku dengan variasi lapisan isolasi tungku. Bahan lapisan isolasi yang dipakai adalah keramik, batu tahan api dan semen. Setiap bahan isolasi diteliti laju perpindahan panas yang terjadi, energi yang hilang serta energi yang dapat dimanfaatkan. Prediksi awal bahwa laju perpindahan panas yang terjadi akan berbeda-beda untuk masing- masing bahan lapisan tungku karena masing-masing bahan mempunyai harga konduktifitas panas yang berbeda pula. Dalam interval waktu tertentu dideteksi temperatur yang terjadi pada tungku. Kesimpulan yang didapatkan bahwa laju perpindahan panas, kerugian energi serta energi yang bermanfaat untuk bahan lapisan isolasi keramik lebih baik dari bahan yang lain.

Kata Kunci : Tungku, Bahan Isolasi Lapisan Tungku, Bahan Tungku

PENDAHULUAN

Tungku pembakaran briket batubara yang ada dipasaran saat ini telah banyak jenisnya baik ditinjau dari bahan tungku, bentuk dan dimensinya, serta telah banyak diteliti, akan tetapi tungku dengan penambahan lapisan isolator sebagai penahan laju aliran panas yang terjadi masih kurang diteliti.

Penelitian ini menganalisa laju energi panas yang terjadi pada tungku pembakaran briket batubara dengan memberikan lapisan isolator dengan bahan yang bervariasi. Penelitian ini akan menghasilkan data seberapa besar laju panas, energi hilang dan energi yang berguna yang terjadi.

Tungku yang menjadi obyek penelitian adalah tungku dengan bahan dari logam, diberikan lapisan isolasi bagian dalamnya sehingga dapat menghambat laju aliran panas, energi yang hilang dan energi yang dapat dimanfaatkan

Manfaat dari penelitian ini untuk para pemakai energi dari pembakaran briket batubara semakin dapat menekan biaya yang dikeluarkan sehingga ongkos produksi dapat ditekan.

Sebagai gambaran macam macam tungku briket batubara yang ada dipasaran saat ini seperti pada gambar 1.



a.



b.

**Gambar 1. Macam-Macam Tungku Briket
a. Tungku Briket Tertutup, b. Tungku Briket Terbuka**

* Dosen Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang

Sedangkan pada gambar 2 adalah tungku yang merupakan obyek penelitian ini.



Gambar 2. Tungku Briket Dengan Lapisan Isolasi

KAJIAN PUSTAKA

Untuk bahan tungku briket dibuat dari bahan logam seperti gambar 1, dengan memberikan lapisan isolasi dari bahan keramik, batu tahan api dan semen.

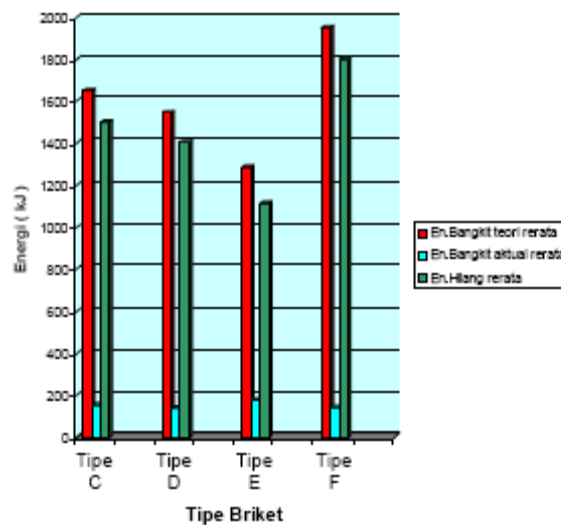
Sedangkan energi yang dipakai untuk penelitian ini adalah briket batubara yang merupakan energi alternatif yang tak dapat diperbaharui (*nonrenewable*).

Batu bara merupakan hasil tambang, bila batubara diproduksi kembali menjadi briket harus dalam bentuk serbuk (*powder*). Serbuk batu bara dicampur dengan tanah liat, kalsium dan CMC. Penelitian yang pernah dilakukan adalah meneliti energi yang berguna dari pembakaran briket batubara dengan variasi bahan dasarnya dan telah menghasilkan data sebagai berikut pada tabel 1.

Tabel 1. Data Briket Batu Bara Yang Diuji Dilaboratorium Unit Transfer Teknologi BHIGA Universitas Merdeka Malang

Komposisi	Tipe Briket			
	Tipe C	Tipe D	Tipe E	Tipe F
Serbuk batubara	70	74	80	70
CMC (perekat)	1	1	1	1
Kalsium	5	5	5	5
Tanah liat	24	20	14	24
Air secukupnya				

Energi	Tipe Briket			
	Tipe C	Tipe D	Tipe E	Tipe F
Energi teoritis yang dibangkitkan, rerata	1651.93	1545.94	1286.07	1945.64
Energi aktual yang dibangkitkan, rerata	154.73	140.09	174.44	144.57
Energi yang hilang, rerata	1497	1406	1112	1801



Gambar 3. Grafik Energi Yang Dibangkitkan Briket Pada Pengujian I (Tungku Bahan Logam Terbuka Tanpa Lapisan Isolasi)

Definisi Briket Batubara

Briket batubara adalah bahan bakar padat yang terbuat dari batubara dengan sedikit campuran seperti tanah liat dan tapioka, dengan bentuk dan ukuran tertentu yang telah mengalami proses pemampatan dengan daya tekan tertentu agar bahan bakar tersebut lebih mudah ditangani dan menghasilkan nilai tambah dalam pemanfaatannya. Briket batubara mampu menggantikan sebagian dari kegunaan minyak tanah, seperti untuk : pengolahan makanan, pengeringan, pembakaran dan pemanasan. Bahan utama briket batubara adalah batubara yang sumbernya berlimpah di Indonesia dan mempunyai cadangan untuk selama ± 150 tahun. Teknologi pembuatan briket tidaklah terlalu rumit dan dapat dikembangkan dalam waktu singkat.

Jenis Briket Batubara

1. Briket batubara biasa/non karbonisasi

Berupa campuran batubara mentah dan zat perekat (biasanya lempung), dengan kalori antara 5400 – 5600 kcal/kg, lebih cocok untuk industri-industri kecil.

2. Briket batubara dengan karbonisasi

Batubara yang digunakan dikarbonisasi terlebih dahulu dengan cara membakarnya pada suhu tertentu sehingga sebagian besar zat pengotor, terutama zat terbang (*volatile matter*) hilang. Jenis ini memiliki nilai kalori lebih tinggi, relatif tidak berasap dan berbau, cocok untuk keperluan rumah tangga.

3. Briket bio batubara

Selain kapur dan zat perekat, kedalam campuran ditambahkan biomasa sebagai substansi untuk mengurangi emisi dan mempercepat pembakaran. Biomasa yang biasanya digunakan berasal

dari ampas industri agro, seperti : bagas tebu, ampas kelapa sawit, sekam padi, atau serbuk gergaji.

Bentuk atau Dimensi Briket



Gambar 4. Briket Batu Bara Bentuk Sarang Tawon



Gambar 5. Briket Batu Bara Bentuk Silinder Berlubang



Gambar 6. Briket Batu Bara Bentuk Telur

METODOLOGI

Prosedur Pengujian

1. Mencampur serbuk batubara, tanah genteng/keramik, CMC (perekat), kalsium
2. Diaduk sampai rata, kemudian ditambahkan air secukupnya
3. Mencetak
4. Dijemur sampai kering \pm 1 minggu
5. Mempersiapkan alat uji
6. Mengukur massa dari briket batubara silinder berlubang
7. Menyalakan briket batubara dengan bantuan arang kayu dan minyak tanah
8. Mengukur temperatur briket batubara. Pengukuran dilakukan dengan interval waktu 30 menit sampai briket batubara itu habis terbakar.
9. Menimbang massa briket yang tersisa

Alat-Alat Yang Dipergunakan Dalam Penelitian

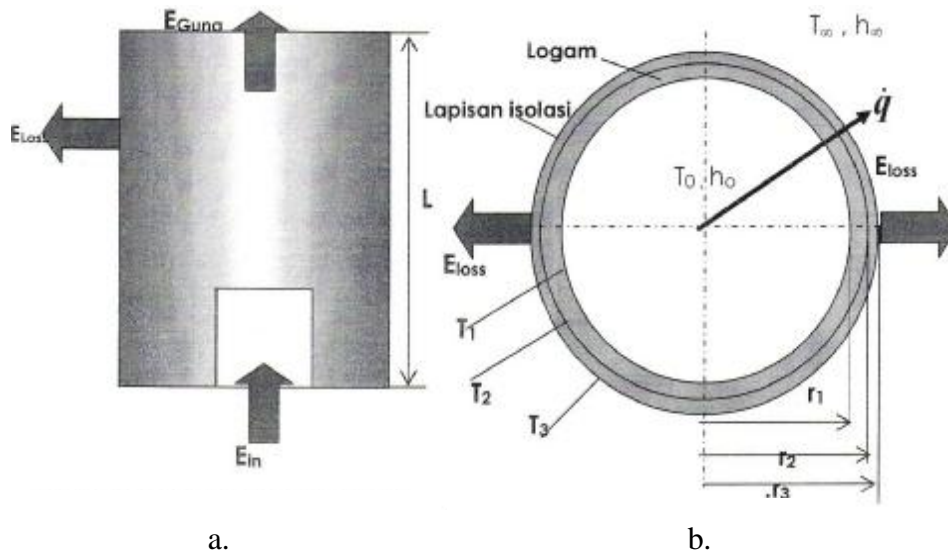
- Bahan bakar, briket batubara bentuk silinder berlubang dengan massa \pm 600 gram
 - Alat – alat untuk penelitian
1. Tungku dengan lapisan isolasi keramik
 2. Tungku dengan lapisan isolasi batu tahan api
 3. Tungku dengan lapisan isolasi semen
 4. Arang kayu dan minyak tanah sebagai media pembantu dalam penyalaan awal briket batubara.
 5. *Thermocouple*
 6. Termometer
 7. *Stop watch*
 8. Timbangan massa
 9. Cetakan briket batubara bentuk silinder berlubang (gambar 7)



Gambar 7. Cetakan Briket Batubara Silinder Berlubang

Rumus-Rumus Yang Dipergunakan

Untuk menganalisa perpindahan panas pada tungku, digambarkan ilustrasi tungku seperti gambar 8.



Gambar 3. Disain Tungku Briket Batu Bara
a. Tampak Samping, b. Tampak Atas

Keterangan Gambar:

- E_{in} : Energi yang dimasukkan kedalam tungku
- E_{Guna} : Energi yang berguna (bermanfaat)
- E_{loss} : Energi yang hilang (kerugian)
- T_{∞} : Temperatur lingkungan
- h_{∞} : Koefisien konveksi lingkungan
- T_o : Temperatur didalam tungku
- h_o : Koefisien konveksi dalam tungku
- L : Tinggi dapur

1. Mencari energi yang dimasukkan kedalam tungku (E_{in})

Jumlah BB sebelum dibakar ditimbang (W_{aw}) = (kg)

Setelah terbakar dalam satu interval waktu (W_{akh}) = (kg)

Jumlah energi yang dimasukkan

$$E_{in} = (W_{aw} - W_{akh}) * \text{Nilai..Kalor..BB} \dots (\text{ kJ }) \dots \text{ dalam satu interval waktu} \quad (1)$$

2. Mencari laju perpindahan panas per satuan tinggi dapur

$$\frac{\dot{Q}}{L} = \frac{T_0 - T_{\infty}}{\frac{1}{2 \cdot p \cdot r_1 \cdot h_o} + \frac{\ln(r_2/r_1)}{2 \cdot p \cdot k_{isolasi}} + \frac{\ln(r_3/r_2)}{2 \cdot p \cdot k_{logam}} + \frac{1}{2 \cdot p \cdot h_{\infty}}} \quad (\text{W/m}) \quad (2)$$

dengan : $k_{isolasi}$: konduktifitas panas bahan isolasi

k_{logam} : konduktifitas panas logam tungku

Untuk mengetahui harga laju perpindahan panas yang terjadi harus dihitung

$$E_{Guna} = E_{in} - E_{loss} \quad (3)$$

$$E_{Guna} = (W_{aw} - W_{akh}) \cdot \text{Nilai..Kakor..BB} - \frac{T_0 - T_{\infty}}{\frac{1}{2 \cdot p \cdot r_1 \cdot h_o} + \frac{\ln(r_2/r_1)}{2 \cdot p \cdot k_{isolasi}} + \frac{\ln(r_3/r_2)}{2 \cdot p \cdot k_{logam}} + \frac{1}{2 \cdot p \cdot h_{\infty}}} \quad (4)$$

3. Mencari angka Reynold dalam dapur (Re_D)

$$Re_D = \frac{r \cdot V \cdot D_1}{m} \quad (5)$$

$$Re_D = \frac{4 \cdot \dot{m}}{p \cdot D_1 \cdot m} \quad (6)$$

dengan r : Densitas udara dalam tungku

m : Viscositas udara dalam tungku

V : Kecepatan udara dalam tungku

\dot{m} : Laju alir bahan bakar yang terbakar (kg/s)

D_1 : Diameter dalam tungku = $2 \cdot r_1$

4. Mencari angka Nusselt (Nu_D)

$$Nu_D = 0.223 \cdot Re_D^{4/5} \cdot Pr^{1/3} \quad (7)$$

dengan Pr : angka Prandtl

5. Mencari angka koefisien perpindahan panas konveksi (h_o)

$$h_o = \frac{Nu_D \cdot k}{D} \quad (8)$$

dengan k : konduktifitas udara dalam tungku

6. Mencari angka koefisien perpindahan panas konveksi diluar tungku (h_{∞})

Untuk mencari koefisien perpindahan panas konveksi diluar tungku kita selidiki dahulu konveksi yang terjadi secara paksa atau secara alamiah. Dalam penelitian ini diasumsikan konveksi paksa sehingga ada kecepatan udara mengalir dikeliling tungku.

7. Mencari temperatur lingkungan (T_{∞})

Temperatur lingkungan dapat diukur dengan termokopel / termometer

8. Mencari temperatur dinding dalam tungku (T_1)

$$T_1 = T_o - \frac{q/L}{h_o \cdot 2\pi \cdot r_1} \tag{9}$$

9. Mencari temperatur dinding luar tungku (T_2)

$$T_2 = T_1 - \frac{q/L \cdot \ln(r_3/r_2)}{2\pi \cdot k_{isolasi}} \tag{10}$$

10. Mencari temperatur dinding luar isolasi (T_3)

$$T_3 = T_2 - \frac{q/L}{h_{\infty} \cdot 2\pi \cdot r_3} \tag{11}$$

11. Mencari radius kritis isolasi (r_{critis})

$$r_{critis} = \frac{k_{isolasi}}{h_{\infty}} \tag{12}$$

PEMBAHASAN

Data Hasil Pengujian

Tabel 2. Hasil Data Pengujian Tungku Dengan Isolasi Keramik

			Pengujian ke						
			I	II	III	IV	V	VI	VII
Bahan bakar awal	W_{aw}	kg	2.1	1.7	1.2	0.9	0.75	0.5	0.3
Bahan bakar akhir	W_{akh}	kg	1.7	1.2	0.9	0.75	0.5	0.3	0
Temp. dalam tungku	T_o	(C)	650	800	850	825	775	600	400
Temp.lingkungan	T_{\square}	(C)	29	28	30	31	29	28	29

Bahan isolasi	keramik	Interval waktu pengujian	20 - 21menit
Radius isolasi dalam	$r1 = 0.008$ m	Densitas briket	1.35 kg/m ³
Radius isolasi luar	$r2 = 0,1$ m	Konduktifitas bahan bakar	$k = 0,0551$ W/m.K
Radius isolasi luar	$r3 = 0.14$ m	Konduktifitas bahan tungku	$k = 63.9$ W/m.K
Briket awal yang dibakar	2 kg - 2.1 kg	Konduktifitas bahan isolasi	$k = 1.2$ W/m.K
Nilai kalor briket	6500 kJ/kg		

Tabel 3. Hasil Data Pengujian Tungku Dengan Isolasi Batu Tahan Api

			Pengujian ke						
			I	II	III	IV	V	VI	VII
Bahan bakar awal	W_{aw}	kg	2.1	1.6	1.5	1.3	0.9	0.6	0.3
Bahan bakar akhir	W_{akh}	kg	1.6	1.5	1.3	0.9	0.6	0.3	0.1
Temp. dalam tungku	T_o	(C)	550	700	850	900	950	725	650
Temp.lingkungan	T_{\square}	(C)	29	28	30	31	29	28	29

Bahan isolasi	batu tahan api	Interval waktu pengujian	20 - 21menit
Radius isolasi dalam	$r1 = 0.008$ m	Densitas briket	1.35 kg/m ³
Radius isolasi luar	$r2 = 0,1$ m	Konduktifitas bahan bakar	$k = 0,0551$ W/m.K
Radius isolasi luar	$r3 = 0.14$ m	Konduktifitas bahan tungku	$k = 63.9$ W/m.K
Briket awal yang dibakar	2 kg - 2.1 kg	Konduktifitas bahan isolasi	$k = 1.4$ W/m.K
Nilai kalor briket	6500 kJ/kg		

Tabel 4. Hasil Data Pengujian Tungku Dengan Isolasi Semen

		Pengujian ke							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	
Bahan bakar awal	W_{aw} kg	2.1	1.6	1.3	1.1	0.85	0.55	0.4	
Bahan bakar akhir	W_{akh} kg	1.6	1.3	1.1	0.85	0.55	0.4	0	
Temp. dalam tungku	T_o (C)	600	550	450	400	600	550	450	
Temp.lingkungan	T_{\square} (C)	29	28	30	31	29	28	30	

Bahan isolasi	kermik	Interval waktu pengujian	20 - 21menit
Radius isolasi dalam	$r1 = 0.008$ m	Densitas briket	1.35 kg/m^3
Radius isolasi luar	$r2 = 0,1$ m	Konduktifitas bahan bakar	$k = 0,0551 \text{ W/m.K}$
Radius isolasi luar	$r3 = 0.14$ m	Konduktifitas bahan tungku	$k = 63.9 \text{ W/m.K}$
Briket awal yang dibakar	2 kg - 2.1 kg	Konduktifitas bahan isolasi	$k = 1.3 \text{ W/m.K}$
Nilai kalor briket	6500 kJ/kg		

Pengolahan Data

Data yang akan diolah pengujian tungku berisolasi keramik pada pengujian I.

I. Mencari energi yang dimasukkan kedalam tungku (E_{in})

Jumlah BB sebelum dibakar ditimbang (W_{aw}) = (kg)

Setelah terbakar dalam satu interval waktu (W_{akh}) = (kg)

Jumlah energi yang dimasukkan (persamaan 1)

$$E_{in} = (W_{aw} - W_{akh}) * \text{Nilai..Kalor..BB} \dots (\text{kJ})$$

Energi yang dimasukkan kedalam tungku :

$$(2..kg - ..1.7..kg.) X ..6500 \frac{kJ}{kg} = 1950..kJ$$

II. Mencari laju perpindahan panas per satuan tinggi dapur

a) Untuk mencari laju perpindahan panas ini harus mengetahui dulu angka Reynold

$$Re_D = \frac{(1.35)(0.04)(0.16)}{0.00038} = 22.8571 \quad (\text{persamaan 5})$$

b) Angka Nusselt (persamaan 7)

$$Nu_D = (0.223)(22.8571)^{4/5} \cdot (0.717)^{1/3} = 2.51671$$

c) Koefisien perpindahan panas konveksi dalam tungku (persamaan 8)

$$h_o = \frac{(2.51671)(0.0551)}{0.16} = 0.8669..(\frac{W}{m^2.K})$$

d) Laju perpindahan panas per satuan tinggi dapur (persamaan 2) / kerugian energi panas yang keluar tungku

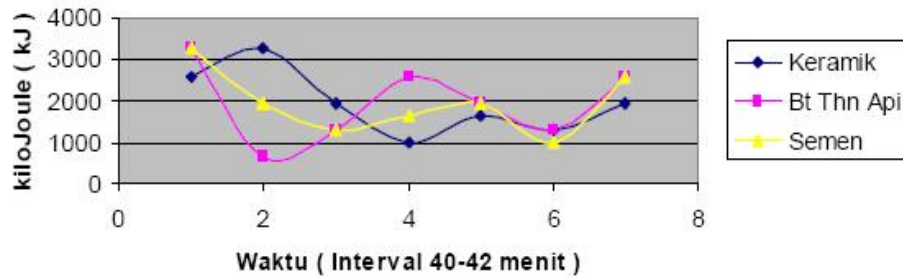
$$\frac{\phi}{L} = \frac{923 - 302}{2.87 + 0.0029 + 0.00084 + 0.45496} = 126.299..W / m$$

Rekapitulasi hasil perhitungan seperti tabel 5 dibawah ini :

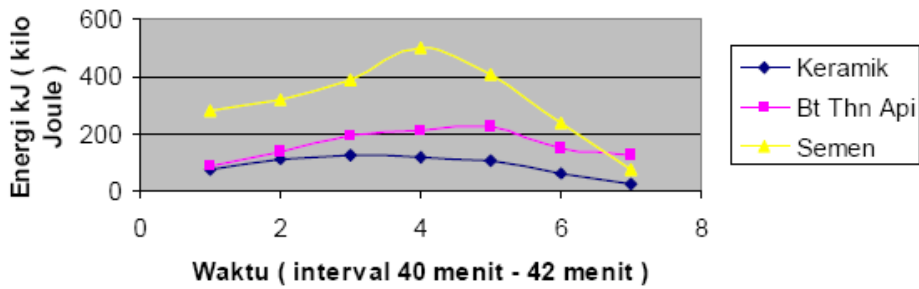
Tabel 5. Hasil Perhitungan Data Pengujian

Selama 150 menit			Isolasi keramik	Isolasi batu tahan api	Isolasi semen
1	Energi masuk tungku	E_{in}	kJ	13650	13650
2	Kerugian energi	E_{loss}	kJ	75.6218	282.239
3	Energi dpt dimanfaatkan	E_{guna}	kJ	13574.3782	13367.761

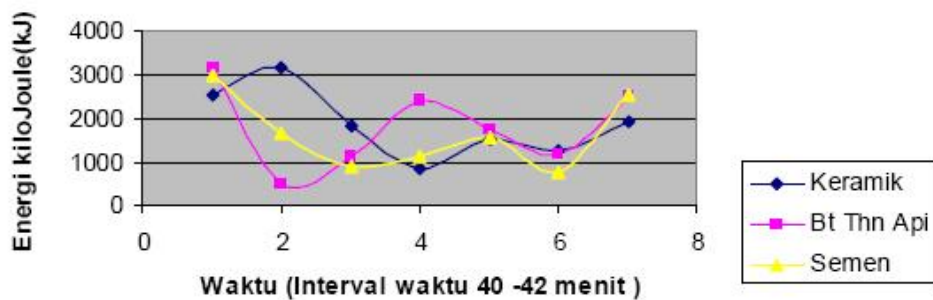
Dari hasil perhitungan data serta ditabulasikan dapat digambarkan grafik 1, grafik 2, dan grafik 3 :



Grafik 1. Energi Masuk Tungku Vs Waktu



Grafik 2. Energi yang Hilang (E_{loss}) Vs Waktu



Grafik 3. Energi Yang Dimanfaatkan (E_{Guna}) Vs Waktu

SIMPULAN

Energi tertinggi yang dapat dimanfaatkan pembakaran briket batubara pada tungku berisolasi keramik tertinggi yaitu sebesar 13574,378 kJ, sedangkan energi terendah pada tungku berisolasi semen yaitu 13097.642 kJ. Energi yang hilang keluar dari tungku paling kecil terjadi pada tungku yang berisolasi keramik sebesar 75.62189 kJ, dan paling besar terjadi pada tungku yang berisolasi semen sebesar 552.358 kJ.

DAFTAR PUSTAKA

- Artikel Batubara, 2006, <http://www.puslitbangtekMIRA.html>.
- Artikel Batubara, 2006, <http://www.tekmira.esdm.go.id/Batubara/html>
- Artikel Batubara, 2006, <http://www.WarungInfoBBM.html>.
- Artikel Batubara, 2006, <http://www.worldcoalinstitute.html>.
- Artikel Briket Batubara, 2006, <http://www.tekmira.esdm.go.id/Briket/html>.
- Artikel Kanji, 2006, <http://ms.wikipedia.org/wiki/Kanji.html>.
- Artikel Tapioka, 2006, <http://www.warintek.ristek.go.id/pangan/Seralia%20dan2>
- Artikel Tepung Tapioka, 2006, http://www.warintek.ristek.go.id/pangan/Seralia%20dan%20Umbi/tepung_tapioka.pdf.
- Bukit Asam, 2006, **Seminar Briket Batubara Sebagai Energi Alternatif Pengganti BBM Yang Efisien**, PT. Tambang Batubara Bukit Asam.
- EL – Wakil, M.M, 1984, *Powerplant Technology*, Cetakan pertama. Mc Graw – Hill Book Company. Fong & Sons Printers Pte. Ltd. USA.
- Holman, J.P, 1991, **Perpindahan Kalor**, Edisi Keenam. Cetakan kedua. Erlangga. Jakarta.
- Incropera, F.P, 1981, *Fundamentals of Heat Transfer*. John Wiley & Sons, Inc. United States of America.
- Rifai, Mochamad, dan Ma'ruf, H.M, 2006, **Seminar Briket Batubara Sebagai Energi Alternatif Pengganti BBM Yang Efisien “Perpindahan Panas Pada Tungku Batubara Briket”**. Universitas Merdeka Malang.
- Rumidi, Sukandar, 1995, **Batubara dan Gambut**, Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Mikell P.Grover, 2007, *Fundamentals of Modern Manufacturing*, John Willey & Sons (Asia) Pte ltd copyright 2007.