

**HEAT UTILIZATION IN BIOMASS GASIFICATION STOVE
WALLS FOR DC ELECTRIC GENERATORS USING
THERMOELECTRIC GENERATOR**
**(PEMANFAATAN PANAS PADA DINDING KOMPOR GASIFIKASI
BIOMASSA UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK DC MENGGUNAKAN
THERMOELECTRIC GENERATOR)**

Dian Hadi Armansyah^{1*}, Eddy Elfiano¹, Dody Yulianto¹

¹Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau

*Corresponding author : Dianmotor81@yahoo.co.id

ABSTRACT

The biomass gasification stove is one of the technologies that plays an important role in energy utilization at the household scale. The biomass stove studied was a gasification stove with a blower system. In the blower system, oxygen entering the combustion chamber flows continuously according to combustion requirements. In this biomass gasification stove research, researchers will also use the walls of the biomass stove or thermal power to become electric power to drive the blower and charging system. This study aims to obtain fuel by utilizing biomass or organic waste as fuel for a biomass stove and to obtain energy from the blower and charging system by utilizing a thermoelectric generator system. The biomass stove used in this study uses the Top-Lif Up Draft (T-LUD) principle method. Gasifier is a type of gasifier that is in accordance with the characteristics of biomass which has high volatile matter, where the stove designed is intended for biomass fuel from agricultural waste. and industry, boiling 1 kg of water is done using wood chips by varying the air flow gate area, namely 50%, 75%, and 100%. Can be analyzed Comparison of the performance of the biomass stove and the power generated by the thermoelectric generator. At each door area the air flow results obtained will be different, this is due to the mass of fuel consumption and the temperature of the fire. After the calculation is done, the highest thermal efficiency results are obtained at the ventilation area of air flow 50% and the resulting power is 1.83 watts with 100% ventilation air flow door area using wood chips.

Keywords : Biomass, Fuel, Gassification, Thermolectric generator

ABSTRAK

Kompor gasifikasi biomassa menjadi salah satu teknologi yang berperan penting dalam pemanfaatan energi pada skala rumah tangga. Kompor biomassa yang diteliti adalah kompor gasifikasi sistem blower. Pada sistem blower, oksigen yang masuk keruang bakar mengalir secara terus menerus sesuai dengan kebutuhan pembakaran. Dalam penelitian kompor gasifikasi biomassa ini, peneliti juga akan memanfaatkan dinding kompor biomassa atau daya thermal menjadi daya listrik untuk menggerakkan blower dan sistem charging. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan bahan bakar dengan memanfaatkan biomassa atau sampah organik sebagai bahan bakar kompor biomassa dan mendapatkan energi penggerak blower dan sistem charging dengan memanfaatkan sistem thermoelectric generator.

Kompur biomassa yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode prinsip Top-Lif Up Draf (T-LUD) Gasifier, merupakan jenis gasifier yang sesuai dengan karakteristik biomassa yang memiliki volatile matter tinggi, dimana kompor yang dirancang diperuntukan bagi bahan bakar biomassa dari hasil limbah sisa pertanian dan industri, perebusan 1 kg air dilakukan menggunakan bahan bakar potongan kayu dengan bervariasi luas pintu aliran udara yaitu 50%, 75%, dan 100%. Dapat dianalisa Perbandingan performa kompor biomassa dan daya yang dihasilkan thermoelectric generator, Pada setiap luas pintu aliran udara hasil yang didapatkan akan berbeda, hal ini disebabkan massa konsumsi bahan bakar dan temperature api. Setelah dilakukan perhitungan didapat hasil efisiensi termal tertinggi pada luas ventilasi aliran udara 50% dan didapat daya yang dihasilkan 1,83 watt dengan luas pintu aliran udara ventilasi 100% dengan menggunakan bahan bakar potongan kayu.

Kata kunci: Biomassa, Bahan bakar, Sistem gasifikasi, Thermolectric generator

PENDAHULUAN

Kompur gasifikasi biomassa menjadi salah satu teknologi yang berperan penting dalam pemanfaatan untuk memasak pada skala rumah tangga. Secara tidak langsung kebutuhan energi pada skala rumah tangga menjadi masalah seiring kebutuhan bahan bakar untuk memasak. Berdasarkan data statistik Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2015, di Indonesia, sebanyak 41,747 desa masih menggunakan *Liquid Petroleum Gas* (LPG) dan 4,278 desa masih menggunakan minyak tanah sebagai bahan bakar untuk memasak.

Dalam penelitian kompor gasifikasi biomassa ini, peneliti juga akan memanfaatkan dinding kompor biomassa atau energi *thermal* menjadi energi kinetik untuk menggerakkan *blower* dan sistem *charging*, dalam kehidupan sehari-hari sangat diperlukan dalam aktifitas manusia seperti mengisi ulang daya baterai *handphone*, menghidupkan lampu berdaya rendah dan alat-alat listrik yang berdaya rendah. Kompur biomassa yang diteliti adalah kompor gasifikasi sistem *blower*. Pada

system *blower*, oksigen yang masuk ke ruang bakar mengalir secara terus menerus sesuai dengan kebutuhan pembakaran.

TINJAUAN PUSTAKA

a. Kompur Biomassa

Kompur biomassa adalah sistem yang membakar bahan biomassa untuk memproduksi kalor melalui pembakaran untuk dipergunakan proses memasak domestik atau tujuan perancangan lain yang disesuaikan dengan kebutuhan pemakai.

b. Biomassa

Biomassa merupakan salah satu sumber energi alternatif yang sangat potensial dan mengandung energi yang tersimpan dalam jumlah cukup banyak. Biomassa adalah salah satu sumber energi dari beberapa sumber energi yang ada di muka bumi ini. Biomassa bisa diperoleh dari tumbuhan secara langsung maupun tidak langsung dan dapat dimanfaatkan dalam jumlah yang sebesar-besarnya dan seluas-luasnya secara berkelanjutan.

c. *Thermoelectric generator*

Thermoelectric generator (juga disebut *Seebeck generator*) adalah perangkat generator listrik yang mengkonversi panas (perbedaan suhu) langsung menjadi energi listrik, menggunakan fenomena yang disebut *efek Seebeck* (bentuk *efek termoelectric*). *Thermoelectric* adalah suatu perangkat yang dapat mengubah energi kalor (perbedaan temperatur) menjadi energi listrik secara langsung. Selain itu, *thermoelektrik* juga dapat mengkonversikan energi listrik menjadi proses pompa kalor/refrigerasi.

d. Rumus yang digunakan dalam penelitian

1. Daya *Thermoelectric Generator*

$$P = I \times V$$

2. Panas yang dimanfaatkan

$$Q = \frac{\Delta T}{k.A}$$

3. Efisiensi termal

$$\eta = \frac{Mw * Cp(air) * (T2 - T1) + Me * L}{Mf * LHV} * 100\%$$

4. Daya keluar (*Power Output*)

$$P = \frac{Mf * LHV}{t}, \quad \text{kJ/s}$$

5. Waktu pembakaran (*Burning Rate*)

$$BR = \frac{Mf}{t}$$

6. Laju Aliran Massa Udara

$$\dot{m} = \rho \times v \times A, \quad \text{kg/s}$$

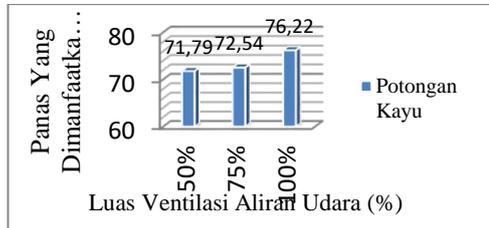
METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dimulai dari pengaruh bukaan pintu ventilasi udara dengan tiga perbedaan terhadap kompor biomassa yang mencakup perhitungan performa kompor biomassa. Tahap berikutnya adalah persiapan alat dan bahan yang diperlukan untuk pengujian. Tahapan selanjutnya ialah tahap pengujian, dalam tahap pengujian ini menggunakan metode WBT (*Water Boiling Test*)

Pada penelitian ini Pengujian kompor biomassa menggunakan *blower* untuk mendapatkan performa kompor dari jenis bahan bakar yang digunakan, dengan putaran *blower* yang lebih baik terhadap performa kompor biomassa. Pengujian kompor berbahan bakar biomassa ini dilakukan dengan cara merebus air dengan beberapa perlakuan. Perlakuan yang diuji adalah jumlah air yang direbus dan banyaknya bahan bakar yang digunakan. Jumlah air yang direbus yaitu 1 kg, jumlah bahan bakar biomassa yang digunakan 1 kg untuk bahan bakar potongan kayu. Dalam penelitian ini pengujian akan membahas model penelitian kompor untuk mendapatkan hasil yang maksimal dengan mencari *burning rate*, konsumsi bahan bakar, *power output*, *efisiensi thermal* kompor biomassa. Dengan didapatkan hasil tersebut peneliti dapat mengetahui performa kompor biomassa, dan untuk *thermoelectric generator* peneliti juga akan mencari hasil yang akan diuji dan mengetahui kemampuan *thermoelectric* dalam memanfaatkan panas pada dinding kompor.

HASIL DAN PEMBAHASAN

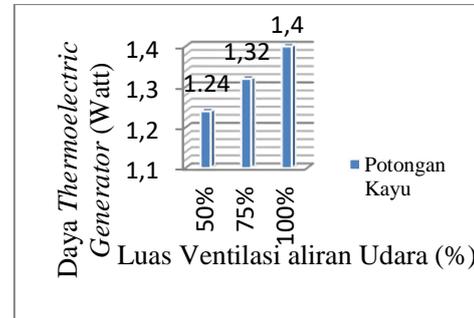
a. Pemanfaatan Panas



Gambar 1 Grafik panas

Dari gambar 1 grafik panas yang dimanfaatkan setiap variasi luas ventilasi aliran udara dengan menggunakan bahan bakar potongan kayu yang telah diuji dan dilakukan perhitungan. Dengan masing-masing nilai panas yang dimanfaatkan, nilai panas yang dimanfaatkan tertinggi pada luas ventilasi aliran udara 100% dengan nilai 76,22 W dan nilai panas yang dimanfaatkan terendah pada luas ventilasi aliran udara 50% dengan nilai 71,79 W. Besar kecilnya nilai panas yang dimanfaatkan dipengaruhi luas ventilasi aliran udara, semakin besar luas ventilasi aliran udara maka udara yang masuk keruang bakar semakin banyak dan menghasilkan temperatur api yang tinggi dan sebaliknya jika luas ventilasi aliran udara semakin kecil maka udara yang masuk pun berkurang dan mengurangi pembakaran dan menurunkan sedikit temperature api. Semakin tinggi temperatur api maka semakin besar semakin rendah temperature api maka semakin sedikit panas yang dimanfaatkan.

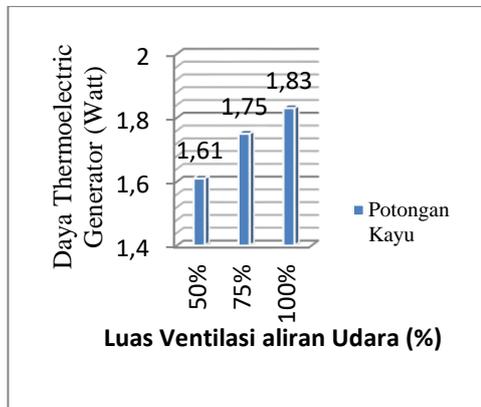
b. Daya *Thermoelectric Generator* Untuk Sistem *Blower*



Gambar 2 Grafik daya 1

Dari gambar 2 grafik daya *thermoelectric generator* yang dapat dihasilkan dengan variasi luas ventilasi aliran udara dengan menggunakan bahan bakar potongan kayu yang telah diuji dan dilakukan perhitungan. Dengan masing-masing nilai daya *thermoelectric generator* didapat nilai daya *thermoelectric generator* tertinggi untuk menggerakkan dua buah *blower* pada luas ventilasi aliran udara 100% dengan nilai daya 1,40 Watt dan daya terendah yang didapat pada luas ventilasi aliran udara 50% dengan daya 1,24 Watt. Besar kecilnya daya yang dapat dihasilkan dipengaruhi oleh ventilasi aliran udara, semakin besar ventilasi udara maka udara semakin banyak dan temperature api meningkat membuat *heatsink* lebih panas, dan jika ventilasi aliran udara diperkecil maka udara masuk semakin sedikit dan mempengaruhi temperatur api dan panas *heatsink* juga berkurang untuk menghasilkan daya. Semakin besar perbedaan temperatur *heatsink* maka semakin besar daya yang dihasilkan dan sebaliknya semakin kecil perbedaan temperatur *heatsink* maka daya yang dihasilkan juga semakin kecil.

c. Daya *Thermoelectric Generator* Untuk Sistem *Charger*



Gambar 3 Grafik daya 2

Dari gambar 3 grafik daya *thermoelectric generator* yang dapat dihasilkan dengan variasi luas ventilasi aliran udara dengan menggunakan bahan bakar potongan kayu yang telah diuji dan dilakukan perhitungan. Dengan masing-masing nilai daya *thermoelectric generator* didapat nilai daya *thermoelectric generator* tertinggi untuk menggerakkan system *charger* pada luas ventilasi aliran udara 100% dengan nilai daya 1,83 Watt dan daya terendah yang didapat pada luas ventilasi aliran udara 50% dengan daya 1,61 Watt. Besar kecilnya daya yang dapat dihasilkan dipengaruhi oleh ventilasi aliran udara, semakin besar ventilasi udara maka udara semakin banyak dan temperature api meningkat membuat *heatsink* lebih panas, dan jika ventilasi aliran udara diperkecil maka udara masuk semakin sedikit dan mempengaruhi temperatur api dan panas *heatsink* juga berkurang untuk menghasilkan daya. Semakin besar perbedaan temperatur *heatsink* maka semakin besar daya yang dihasilkan dan sebaliknya semakin kecil perbedaan

temperatur *heatsink* maka daya yang dihasilkan juga semakin kecil.

d. Persentase Daya *Termal* Menjadi Daya Listrik

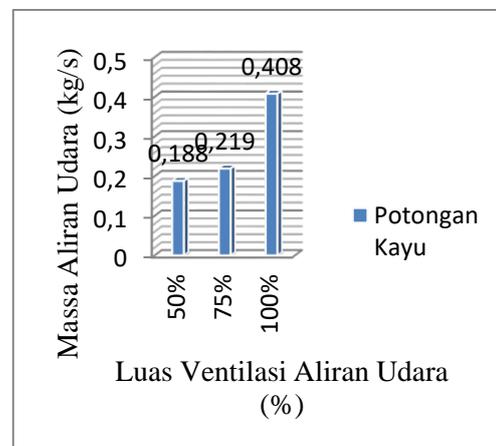
Tabel 1 Persentase daya

Ventilasi aliran Udara (%)	Daya Termal (Q) (W)	Daya Listrik (P) (W)	Persentase (%)
50	71,79	1,61	2,24
75	72,54	1,75	2,41
100	76,22	1,83	2,40

Tabel 1 Persentase daya

Dari tabel 1 dapat dilihat hasil dari persentase antara energi termal menjadi energi listrik, dilihat dari hasil energi termal dengan luas ventilasi udara 50% energi termal yang dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik yaitu 2,24 % dan luas ventilasi udara 75% energi termal yang dapat diubah menjadi energi listrik yaitu 2,41% dan luas ventilasi udara 100% energi termal yang dapat diubah menjadi energi listrik yaitu 2,40%. Rumus yang digunakan untuk mencari hasil persentase adalah $(\text{energi listrik}/\text{energi termal}) \times 100\%$.

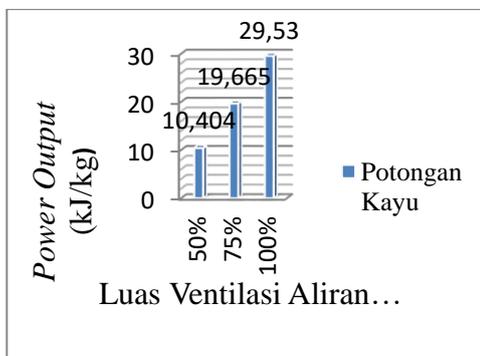
e. Massa Aliran Udara



Gambar 4 Massa aliran udara

Dari hasil penelitian massa aliran udara yang dipengaruhi oleh setiap variasi luas ventilasi aliran udara. Dari gambar 4 grafik massa aliran udara setiap variasi luas ventilasi aliran udara dengan bahan bakar potongan kayu yang telah dilakukan pengujian. Dapat dilihat massa aliran udara terendah dengan ventilasi aliran udara 50% dengan nilai 0,188 kg/s dan massa aliran udara tertinggi dengan ventilasi aliran udara 100% dengan nilai 0,408 kg/s. Massa aliran udara dipengaruhi oleh luas penampang masuk udara, semakin besar luas penampang masuk udara maka semakin besar massa aliran udara yang didapat dan sebaliknya semakin kecil luas penampang udara masuk maka semakin kecil juga massa aliran udara yang didapatkan.

f. Power Output

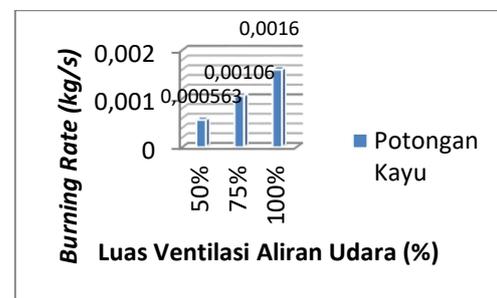


Gambar 5 Power output

Pada gambar 5 dapat dilihat *Power Output* pengujian kompor biomassa menggunakan bahan bakar potongan kayu. Dari setiap variasi luas ventilasi aliran udara, nilai *Power Output* terbesar pada luas ventilasi aliran udara 100% dengan nilai 29,53 kJ/s dan *Power Output* terkecil 10,404 kJ/s menggunakan bahan bakar potongan kayu. Dapat dilihat pada gambar 4.5 grafik *Power Output* setiap variasi luas ventilasi aliran

udara, semakin besar luas ventilasi maka semakin besar *Power Output* yang dihasilkan dan massa konsumsi bahan bakar dan waktu pendidihan juga mempengaruhi *Power Output* kompor biomassa, Semakin cepat waktu pendidihan air maka *Power output* semakin meningkat dan semakin lambat waktu pendidihan maka *Power Output* semakin kecil.

g. Burning Rate



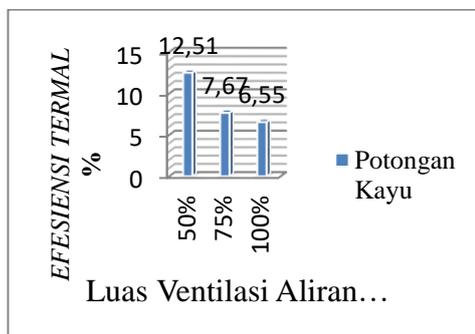
Gambar 5 Burning rate

Gambar 6 memaparkan kecepatan pembakaran perdetik bahan bakar setiap variasi luas ventilasi aliran udara dengan menggunakan bahan bakar potongan kayu. Kecepatan pembakaran perdetik tertinggi pada luas ventilasi udara 100% dengan nilai $16 \cdot 10^{-4}$ kg/s dan kecepatan pembakaran perdetik terendah pada luas ventilasi uadar 50% dengan nilai $5,63 \cdot 10^{-4}$ kg/s. Kecepatan pembakaran perdetik dipengaruhi oleh luas ventilasi udara, semakin besar luas ventilasi udara maka semakin banyak udara yang masuk dan kecepatan pembakaran perdetik meningkat dan sebaliknya semakin kecil luas ventilasi aliran udara maka udara masuk akan berkurang dan kecepatan pembakaran perdetik akan menurun, disebabkan karena konsumsi bahan bakar untuk mendidihkan 1 kg air dan waktu pendidihan 1 kg air, semakin cepat

waktu pendidihan air 1 kg maka kecepatan pembakaran semakin tinggi.

h. Efisiensi termal

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan pada setiap luas ventilasi aliran udara dengan menggunakan bahan bakar potongan kayu, dapat diketahui pada luas ventilasi aliran udara berapakah tingkat *efisiensi termalnya* yang lebih tinggi. Sebagaimana dipaparkan pada gambar 7 *efisiensi termal* tertinggi dengan luas ventilasi aliran udara 50% dengan menggunakan bahan bakar potongan kayu dengan nilai *efisiensi termal* 12,51% dan *efisiensi termal* terendah dengan nilai 6,55% pada luas ventilasi aliran udara 100%.



Gambar 7 *Thermal efficiency*

Dapat dilihat pada gambar 7 hubungan *efisiensi termal* terhadap massa konsumsi bahan bakar, semakin rendah massa konsumsi bahan bakar maka semakin tinggi nilai *efisiensi termal* kompor biomassa dan semakin tinggi massa konsumsi bahan bakar maka semakin rendah nilai dari *efisiensi termal* kompor biomassa untuk mendidihkan air 1 kg serta banyaknya massa air yang menguap dapat mempengaruhi nilai *efisiensi termal* kompor biomassa. Dalam pengujian kompor

biomassa ini kecepatan aliran udara adalah 0,7 m/s dengan menggunakan bahan bakar potongan kayu.

KESIMPULAN

1. Setelah dilakukan penelitian luas ventilasi aliran udara sangat berpengaruh terhadap daya yang dihasilkan *thermoelectric generator* dan performa kompor biomassa.
2. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan semakin besar luas ventilasi aliran udara masuk maka menyebabkan temperature pembakaran meningkat dan dapat memanfaatkan panas dengan tinggi.
3. Setelah dilakukan pengujian kompor dengan memanfaatkan panas api dapat menghasilkan daya untuk menggerakkan dua buah blower dengan menambahkan *thermoelectric generator* dalam kompor biomassa sampai dengan 1,40 Watt dengan luas ventilasi aliran udara 100% atau dibuka full ventilasi aliran udara, sedangkan daya yang dihasilkan *thermoelectric generator* untuk sistem *charger* baterai handphone dengan daya 1,83 Watt dengan luas ventilasi aliran udara terbuka 100% atau terbuka penuh

SARAN

1. Dalam penelitian analisa pengaruh luas ventilasi aliran udara ini bias dikembangkan kembali menjadi kompor generasi tahap berikutnya untuk dilakukan segenap penelitian.

2. Pada penelitian selanjutnya dapat merubah variasi bahan bakar untuk mengetahui performa kompor yang terbaik dan dapat digunakan dengan mudah oleh peneliti.
3. Perlu dipertimbangkan temperatur *heatsink thermoelectric generator* supaya sisi pendingin heatsink dapat mengurangi temperatur untuk mendapatkan perbedaan temperatur yang besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional, SNI 7926:2013 *kinerja tungku biomassa*. Jakarta
- Belonio, A. 2005. *Risk Huck Gas Stove Handbook*. Central Philippine University : Department of Agricultural Engineering and Environmental Management.
- Bhattacharya, S.C., Albina D.O., & Salam, P.A. 2002. Emission Factors of Wood and Charcoal-Fired Cookstove. *Journal of Biomass and Bioenergy*.
- Cedar, J. 2012. *Grants Biolite Patents for Core Technology*. United States Patent and Trademark Office (USPTO) is an agency in the U.S. Department of Commerce.
- Cengel, A.Y. *Heat Transfer, Second Edition*.
- Hanani, F. 2010. *Identifikasi Karakteristik Sumber Daya Biomassa Dan Pengembangan Pellet Biomassa di Indonesia*. Depok
- Holman, J.P. 1986 *Heat Transfer, Sixth Edittion*, McGraw-Hill Book.CO., Singapore
- Inayati, F. 2012. *Perancangan dan optimasi kompor gas biomassa rendah emisi carbon monoksida berbahan bakar biopellet dari kayu*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Muhaimin. 1993. *Bahan-bahan Listrik untuk Politeknik*. Jakarta.
- Mura, A.S. 2015. Pengaruh Variasi Campuran Arang Serabut Kelapa dengan Arang Sekam Padi Terhadap Laju Pembakaran Briket. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
- Nurhuda, M. (2012) *Desain Tungku dan Kompor Biomassa Yang Aplikatif*, Malang
- Permadiwidjaja, S. 2012. *Pengukuran dan Analisis Karakteristik Thermoelectric Generator dalam Pemanfaatan Energi Panas yang Terbuang*. Program Studi Teknik Elektro FTEK-UKSW
- Rahman, J. 2014. *Perancangan Kompor Biomassa Yang Bebas Polusi* . Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
- Rizqiardihatno. 2008. *Perancangan Kompor Berbahan Bakar Pelet Biomassa Dengan Efisiensi Tinggi Dan Ramah Lingkungan*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Roth. 2011 *Micro Gasification: Cooking With Gas From Biomass (1st ed)*. Giz Hera – Proverty oriented basic Energy service.
- Sunaryo. 2014. *Psikologi untuk keperawatan*. Jakarta

- Suryanta, W.L. 1995. *Membuat Arang dari Kotoran Lembu*. Kanisius, Yogyakarta
- Thomson, W. 1951. *Efek Thomson Thermoelectric*
- Widodo, dkk. 2006. *Rekayasa dan Pengujian Reaktor Biogas Skala Kelompok Tani Ternak (Design and Development of Biogas Reactor for Farmer Group Scale*. Institut Pertanian Bogor : Bogor
- Winata, R. 2012. *Perancangan dan Optimasi Kompor Gas Biomassa*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Yulistiani, F. 2009. *Kajian Tekno Ekonomi Pabrik Konversi Biomassa Menjadi Bahan Bakar Fischer-Tropsch Melalui Proses Gasifikasi*. Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Bandung.