PENGARUH AKTIVASI FISIKA ARANG KAYU LABAN TERHADAP EFEKTIVITAS PEMURNIAN BIOGAS & UNJUK KERJA MESIN GENERATOR-SET

Muhammad Mu'ammarr¹⁾, Abdul Ghofur²⁾

^{1,2}Program Studi Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat

Jl. Akhmad Yani Km.36 Banjarbaru, Kalimantan Selatan, 70714

Telp. 0511-4772646, Fax 0511-4772646

E-mail : muhammadmuammarr16@gmail.com

Abstract

This study aims to determine the effect of the use of laban charcoal on the effectiveness of biogas purification & Performance Generator-Set. This research is conducted by biogas flowing from Sanitary Landfill to biogas purification insulator containing adsorption media in the form of charcoal which has been activated physics with temperature variation of 550°C, 650°C and 750°C with 1 hour time, then biogas is stored in storage tube and then tested with biogas to Chamber for the reading of carbon dioxide and methane levels using Gas Analyzer. The result of carbon dioxide 2808,61 ppm and methane 40,51 ppm without purification after purified by using the best adsorption media of laban charcoal was found at 750°C carbon dioxide 2026,55 ppm and methane 53,94 ppm with effectiveness 27,84 %. The highest biogas purification effectiveness is at 750°C. The generator-set test with biogas fuel that has been purified charcoal is activated with a temperature of 750°C. Then it is fed to the storage tube and distributed to the generator-set, taking the data of rotation, temperature, and voltage of each load, the load 0 W, 4445.9 rpm rotation, 113,4°C, and 240 V (Stable), 350 W, 2344,43 rpm, 118,36°C, 150-240 V (Not Stable), 650 W, 2185,26 rpm, 136,73oC, 100-200 V (Not Stable).

Keywords: *Purification of Biogas, Carbon Dioxide, Charcoal, Character of Physical Activation*

PENDAHULUAN

Peningkatan bidang industri diikuti seiringnya pertumbuhan penduduk yang menyebabkan permintaan kebutuhan energi serta penurunan suatu kualitas lingkungan lebih meningkat. Indonesia merupakan salah satu negara penghasil minyak dan gas, namun seiring berjalannya waktu, berkurangnya cadangan minyak menyebabkan kebutuhan akan minyak meningkat serta terjadi kenaikan harga minyak dikarenakan pencabutan subsidi. Semakin banyaknya penggunaan bahan bakar fosil maka terjadi penurunan kualitas lingkungan.

Menghasilkan pembakaran yang ramah lingkungan serta untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil, maka dapat digunakan sumber energi alternatif yaitu biogas. Biogas dapat dihasilkan dari bahan organik yang kemudian difermentasikan oleh bakteri metana dengan proses metanogen. Biogas dapat menghasilkan gas-gas yaitu CH₄, CO₂, H₂S, dan gas lainnya. Gas metana (CH₄) mempunyai nilai kalor yang tinggi sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar.

Teknologi pemurnian biogas dikembangkan melalui berbagai macam metode, diantaranya *water scrubbing, chemical adsorption, membrane purification, dan adsorption technology*. Teknologi adsorpsi pada biogas merupakan suatu teknologi yang menggunakan prinsip adsorpsi penyerapan gas

terutama CO₂, sehingga persentase kandungan CH₄ di dalam biogas akan meningkat (Iriani dan Ari, 2014). Salah satu teknologi adsorpsi pada pemurnian biogas dapat menggunakan adsorben (padatan) seperti arang sebagai penyerap CO₂.

Arang merupakan padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon dan dihasilkan dari bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Selain dapat digunakan sebagai bahan bakar, arang juga dapat digunakan sebagai adsorben. Daya serap merupakan sifat yang paling penting dari arang sebagai adsorben (Juliandini dan Yulinah Trihadiningrum, 2008).

Biogas

Biogas adalah suatu gas yang dihasilkan dari dekomposisi suatu bahan organik secara anaerobik (tertutup dari udara bebas), untuk menghasilkan suatu gas yang sebagian besar berupa metana (yang memiliki sifat mudah terbakar), dan karbon dioksida. Proses dekomposisi anaerobik dibantu dengan sejumlah mikroorganisme, terutama pada bakteri metana. Suhu yang baik untuk proses fermentasi adalah suhu yang hangat yaitu berkisaran antara 30°C - 55°C.

Biogas Sanitary Landfill

Sistem pembuangan jenis *Sanitary Landfill* merupakan sistem standar yang ditetapkan oleh dunia internasional. Sistem ini menerapkan penutupan sampah rutin setiap hari, sehingga potensi gangguan terhadap lingkungan dapat diminimalisir. Selain itu, gas *Landfill* yang dihasilkan dapat dikumpulkan dan dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik (Ikromi, 2017).

Teknik Pemurnian Biogas

Biogas harus dimurnikan terlebih dahulu untuk meningkatkan kadar metananya, sebelum digunakan sebagai bahan bakar mesin. Beberapa proses diterapkan untuk meningkatkan kadar metana di dalam biogas dengan membuang kandungan CO₂ dan H₂S (Kumoro dkk., 2004). Beberapa teknologi pemurnian biogas dikembangkan melalui berbagai macam metode, diantaranya *Water Scrubbing, Chemical Adsorption, Membrane Purification Adsorption Technology*. Teknologi adsorpsi pada biogas merupakan teknologi yang menggunakan prinsip adsorpsi penyerapan gas terutama CO₂, sehingga persentase kandungan CH₄ di dalam biogas akan meningkat (Iriani dan Ari, 2014).

Adsorpsi

Adsorpsi diartikan sebagai proses yang terjadi ketika suatu gas atau cairan terlarut terakumulasi pada permukaan suatu padatan atau cairan (adsorben) dan membentuk lapisan molekul atau atom (adsorbat) (Ruthven, 1984).

Adsorben

Adsorben didefinisikan sebagai zat padat yang dapat menyerap komponen tertentu dari suatu fase gas atau fluida (Arfan, 2006).

Kayu Laban (*Vitex Pinnata L*)

Kayu laban adalah salah satu jenis tanaman hutan dengan sebaran pertumbuhannya hampir di seluruh Indonesia yang meliputi Jawa, Madura, Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, dan Pulau Bangka. Kayu laban merupakan jenis pohon yang mudah tumbuh dan dapat ditanam pada berbagai jenis tanah yang memiliki daya tahan terhadap kebakaran dan banyak tumbuh di hutan sekunder. Pada tahun 1994 tanaman laban telah dibudidayakan oleh pusat

pengembangan teknologi arang terpadu di atas tanah seluas 1,4 Ha. Sehingga sejak tahun 1997 telah berproduksi yang dimanfaatkan sebagai bahan baku arang (Kasmawarni, 2013).

Aktivasi Arang

Aktivasi merupakan rancangan penelitian terhadap arang yang mana bertujuan untuk memperbesar pori yaitu, dengan menggunakan cara memecahkan suatu ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga arang menlabani perubahan sifat, baik fisika maupun kimia, yaitu luas permukaannya bertambah besar dan sangat berpengaruh terhadap daya adsorpsi (Sembiring, 2003).

Motor Bakar

Motor bakar adalah alat yang berfungsi untuk mengkonversikan energi termal dari pembakaran bahan bakar menjadi energi mekanis, dimana proses pembakaran berlangsung di dalam silinder mesin itu sendiri, sehingga gas pembakaran bahan bakar yang terjadi bisa digunakan sebagai fluida kerja untuk melakukan kerja mekanis (Wardono, 2004).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan alat :

- a. Penumbuk arang.
- b. Saringan ukuran 40 mesh.
- c. Ayakan arang.
- d. Timbangan digital.
- e. *Pressure Gauge*.
- f. Insulator.
- g. Tabung penyimpanan biogas.
- h. *Gas Analyzer*.
- i. *Chamber*.
- j. *Furnace*.
- k. *Generator-Set FUJIWADA FWY 1750TP*.
- l. Setrika.
- m. Blower.

Bahan yang digunakan :

- a. Biogas berasal dari TPA Cahaya Kencana.
- b. Arang kayu laban dengan ukran serbuk 40 mesh.
- c. Bahan bakar *Pertalite*.

Perangkat pemurnian biogas :

- a. Gergaji besi.
- b. Bor listrik.
- c. *Hole Saw*.
- d. Kasa.
- e. Ampelas.
- f. Pipa *PVC* D 4 inci.
- g. DOP *PVC* 4 Inci.
- h. Pipa *PVC* AW $\frac{3}{4}$ inci.
- i. *Knee PVC* $\frac{3}{4}$ inci.
- j. Ring tandon $\frac{3}{4}$ inci.
- k. *Filter* klep.
- l. *Tee Sock* kuningan $\frac{1}{4}$ inci.

- m. DN kuningan $\frac{1}{4}$ ke $\frac{1}{4}$ inci.
- n. *Clean Out*.
- o. Sok pipa 1 $\frac{1}{4}$ ke $\frac{3}{4}$ inci.
- p. *Water Moor PVC* $\frac{3}{4}$ inci.
- q. *Thread Seal Tape*.
- r. Langgeng jis *Valve Socket* $\frac{3}{4}$ inci.
- s. Lem *Epoxy Hardener* dan *Resin* merek Avian.
- t. *Pressure Gauge*.
- u. *Control Valve* 6 bar.
- v. *Stop* kran $\frac{3}{4}$ inci.
- w. Meteran.

Teknik Pengumpulan Data

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode *library research* (studi literatur), yaitu dengan mempelajari literatur-literatur yang berkaitan dengan penelitian ini, dan menggunakan metode eksperimen secara langsung yaitu dengan cara menyelidiki hubungan sebab-akibat dari beberapa kondisi perlakuan dengan menggunakan alat peraga atau alat pengujian.

Adapun variabel-variabel dalam penelitian ini terbagi dalam tiga variabel, yaitu :

1. Variabel tetap

Variabel tetap yaitu variabel yang selama proses penelitian dikondisikan sama dan diasumsikan konstan. Adapun variabel tetap dalam penelitian ini antara lain :

- a. Berat sampel arang 500 gram.
- b. Ukuran serbuk yang digunakan adalah 40 mesh.
- c. Arang yang digunakan yaitu arang kayu laban.
- d. Bahan bakar *Ignite Generator-Set* yaitu *Pertalite*.

2. Variabel terikat

Variabel terikat, yaitu variabel yang menjadi tujuan utama dari penelitian, dimana tujuan utama dari penelitian adalah menjelaskan variabel terikat. Yang menjadi variabel terikat dari penelitian ini adalah kandungan CO₂ dan CH₄ pada biogas sebelum dan setelah dilakukan proses pemurnian dengan metode adsorpsi.

3. Variabel bebas

Variabel bebas, yaitu kondisi yang dikehendaki oleh peneliti, yang mana di dalam proses penelitian akan mempengaruhi variabel terikat. Dalam penelitian ini yang menjadi variabel bebas yaitu variasi suhu aktivasi fisika pada arang kayu laban dan variasi bahan bakar pada *Generator-Set*.

Berikut adalah skema alat pemurnian biogas yang akan digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.

Gambar 1. Skema Alat Pemurnian Biogas

Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Ada beberapa proses penelitian yang dilakukan dalam pengujian pemurnian biogas menggunakan arang kayu laban yakni :

- Penumbukan arang

Gambar 2. Penumbukan Arang

- Pengayakan arang

Gambar 3. Pengayakan Arang

- c. Penimbangan arang

Gambar 4. Pengayakan Arang

- d. Aktivasi arang

Gambar 5. Aktivasi Arang

- e. Pemurnian biogas

Gambar 6. Pemurnian Biogas

- f. Penyimpanan biogas

Gambar 7. Penyimpanan Biogas

- g. Pengujian kadar CO_2 dan CH_4

Gambar 8. Pengujian Kadar CO_2 dan CH_4

h. Pengujian unjuk kerja Generator-Set

Gambar 9. Pengujian Unjuk Kerja *Generator-Set*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian pada penelitian ini dilakukan di TPA Cahaya Kencana Kecamatan Karang Intan Kabupaten Banjar. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh aktivasi Fisika pada arang kayu laban terhadap efektifitas pemurnian biogas & unjuk kerja *Generator – Set*.

Tabel 1. Hasil Pengujian Kadar Karbon Dioksida (CO_2)

No.	Perlakuan	Karbon Dioksida (CO_2) (ppm)	Rata - Rata (ppm)
1	Tanpa Perlakuan	2641,43	2808,61
		2755,85	
		3028,55	
2	Arang Laban Tanpa Aktivasi	2584,78	2579,72
		2438,64	
		2715,74	
3	Arang Laban Aktivasi 550°C	2009,02	2089,61
		2003,01	
		2256,80	
4	Arang Laban Aktivasi 650°C	1888,77	2068,38
		2245,40	
		2070,97	
5	Arang Laban Aktivasi 750°C	1995,10	2026,55
		1954,29	
		2130,25	

Tabel 2. Hasil Pengujian Kadar Gas Metana (CH_4)

No.	Perlakuan	Gas Metana (CH_4) (ppm)	Rata - Rata (ppm)
1	Tanpa Perlakuan	41,95	40,51
		39,77	
		39,83	
2	Arang	43,41	42,43

	Laban Tanpa Aktivasi	41,11	
		42,76	
3	Arang Laban Aktivasi 550°C	49,20	45,10
		39,63	
		46,47	
4	Arang Laban Aktivasi 650°C	41,62	46,58
		47,69	
		50,44	
5	Arang Laban Aktivasi 750°C	31,54	53,94
		50,47	
		79,82	

Efektivitas Penyerapan CO₂ Pada Biogas Setelah Proses Pemurnian

Efektivitas digunakan untuk mengetahui hubungan keberhasilan CO₂ yang terserap oleh media pemurnian menggunakan arang kayu laban dengan target / tujuan yang ditetapkan. Asumsi bahwa CO₂ yang ingin dihilangkan adalah sebesar 100%, dengan besarnya kandungan CO₂ awal. Sehingga didapatkan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Efektivitas} = \frac{\text{CO}_2 \text{ Awal} - \text{CO}_2 \text{ Akhir}}{\text{CO}_2 \text{ Awal}} \times 100\% \quad (1)$$

Tabel 3. Efektivitas Penyerapan CO₂ Pada Biogas Menggunakan Arang Kayu Laban

No.	Perlakuan	Efektivitas Penyerapan CO ₂ (%)
1.	Tanpa Aktivasi	8,1
2.	Aktivasi 550°C	25,6
3.	Aktivasi 650°C	26,35
4.	Aktivasi 750°C	27,84

Efektivitas Kenaikan CH₄ Pada Biogas Setelah Proses Pemurnian

Efektivitas digunakan untuk mengetahui hubungan keberhasilan kenaikan CH₄ pemurnian menggunakan arang kayu laban dengan target / tujuan yang ditetapkan. asumsi bahwa CH₄ yang ingin dinaikan adalah sebesar 100%, oleh karena itu target / tujuan sama dengan besarnya kandungan CH₄ akhir. Sehingga didapatkan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Efektivitas} = \frac{\text{CH}_4 \text{ Akhir} - \text{CH}_4 \text{ Awal}}{\text{CH}_4 \text{ Akhir}} \times 100\% \quad (2)$$

Tabel 4. Efektivitas Kenaikan CH₄ Pada Biogas Menggunakan Arang Kayu Laban

No.	Perlakuan	Efektivitas Kenaikan CH ₄ (%)
1.	Tanpa Aktivasi	4,5
2.	Aktivasi 550°C	10,18
3.	Aktivasi 650°C	13,03
4.	Aktivasi 750°C	24,9

Tabel 5. Hasil Pengujian Unjuk Kerja *Generator-Set* Menggunakan Bahan Bakar *Pertalite*

No.	Variabel Pengujian	Beban		
		0 W	350 W	650 W
1	Putaran (rpm)	3143,67	2313,87	2229,47
1	Suhu Gas Buang (°C)	92,17	113,87	136,1
3	Tegangan (V)	220 (Stabil)	200 (Stabil)	200 (Stabil)

Tabel 6. Hasil Pengujian Unjuk Kerja *Generator-Set* Menggunakan Bahan Bakar Biogas Hasil Pemurnian Arang Kayu Laban Aktivasi Fisika Suhu 750°C

No.	Variabel Pengujian	Beban		
		0 W	350 W	650 W
1	Putaran (rpm)	4445,9	2344,43	2185,26
1	Suhu Gas Buang (°C)	113,4	118,36	136,73
3	Tegangan (V)	240 (Stabil)	150 - 240 (Tidak Stabil)	100 - 200 (Tidak Stabil)

PEMBAHASAN

Dari hasil pengujian didapatkan hasil kadar karbon dioksida (CO_2) & gas metana (CH_4) pada biogas, serta putaran (n), tegangan (V), dan suhu gas buang ($^{\circ}\text{C}$) pada *Generator-Set*. Data hasil pengujian yang telah didapatkan dibahas dalam bentuk grafik. Berikut grafik – grafik data hasil pengujian :

Gambar 10. Grafik Hubungan Karbon Dioksida (CO_2) dengan Perlakuan Pada Biogas

Dari Gambar 10 dapat dilihat bahwa kadar karbon dioksida (CO_2) tertinggi adalah 2825,77 ppm yaitu pada biogas tanpa perlakuan dan kadar karbon dioksida terendah adalah 2026,55 ppm yaitu pada biogas dengan perlakuan arang kayu laban yang diaktivasi secara fisika dengan suhu 750°C . Dari grafik diatas dapat dilihat juga bahwa kadar karbon dioksida (CO_2) mengalami penurunan yang berbanding terbalik dengan kenaikan suhu aktivasi Fisika.

Gambar 11. Grafik Hubungan Gas Metana (CH_4) dengan Perlakuan Pada Biogas

Dari Gambar 11 dapat dilihat bahwa kadar gas metana (CH_4) tertinggi adalah 53,94 ppm yaitu pada biogas dengan perlakuan arang kayu laban yang diaktivasi secara fisika dengan suhu 750°C dan kadar karbon dioksida terendah adalah 40,51 ppm yaitu pada biogas tanpa perlakuan. Dari grafik diatas dapat dilihat juga bahwa kadar gas metana (CH_4) mengalami peningkatan yang berbanding lurus dengan kenaikan suhu aktivasi Fisika.

Gambar 12. Grafik Hubungan Efektivitas Penyerapan Karbon Dioksida (CO_2) Pemurnian Biogas dengan Perlakuan Pada Biogas

Dari Gambar 12 dapat dilihat bahwa efektivitas tertinggi adalah 27,84% yaitu pada biogas dengan perlakuan arang kayu laban yang diaktivasi secara fisika dengan suhu 750°C dan efektivitas terendah adalah 8,1% yaitu pada biogas tanpa perlakuan. Dari grafik diatas dapat dilihat juga bahwa efektivitas pemurnian biogas mengalami peningkatan yang berbanding lurus dengan kenaikan suhu aktivasi Fisika.

Gambar 13. Grafik Hubungan Efektivitas Kenaikan Metana (CH_4) Pemurnian Biogas dengan Perlakuan Pada Biogas

Dari Gambar 13 dapat dilihat bahwa efektivitas tertinggi adalah 24,9% yaitu pada biogas dengan perlakuan arang kayu laban yang diaktivasi secara fisika dengan suhu 750°C dan efektivitas terendah adalah 4,5% yaitu pada biogas tanpa perlakuan. Dari grafik diatas dapat dilihat juga bahwa efektivitas pemurnian biogas mengalami peningkatan yang berbanding lurus dengan kenaikan suhu aktivasi Fisika.

Gambar 14. Grafik Hubungan Unjuk Kerja *Generator-Set* Menggunakan Bahan Bakar Pertalite Terhadap Penambahan Beban

Dari Gambar 14 dapat dilihat bahwa nilai putaran tertinggi adalah 3143,67 rpm yaitu pada pembebanan 0 W dan nilai putaran terendah adalah 2229,47 rpm yaitu pada pembebanan 650 W. Dari grafik diatas dapat dilihat juga bahwa nilai putaran mengalami penurunan yang berbanding terbalik dengan penambahan beban pada *Generator-Set* yang diuji. Sedangkan untuk suhu gas buang, nilai suhu gas buang tertinggi adalah 136,1°C yaitu pada pembebanan 650 W dan nilai suhu gas buang terendah adalah 92,17°C. Untuk stabilitas tegangan bisa dilihat pada Tabel 5.

Gambar 15. Grafik Hubungan Unjuk Kerja *Generator-Set* Menggunakan Bahan Bakar Biogas Hasil Pemurnian Terhadap Penambahan Beban

Dari Gambar 15 dapat dilihat bahwa nilai putaran tertinggi adalah 4445,9 rpm yaitu pada pembebanan 0 W dan nilai putaran terendah adalah 2185,26 rpm yaitu pada pembebanan 650 W. Dari grafik diatas dapat dilihat juga bahwa nilai putaran mengalami penurunan yang berbanding terbalik dengan penambahan beban pada *Generator-Set* yang diuji. Sedangkan untuk suhu gas buang, nilai suhu gas buang tertinggi adalah 136,73°C yaitu pada pembebanan 650 W dan nilai suhu gas buang terendah adalah 113,4°C. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai suhu gas buang mengalami peningkatan yang berbanding lurus dengan penambahan beban pada *Generator-set* yang diuji. Untuk stabilitas tegangan bisa dilihat pada Tabel 6.

KESIMPULAN

Kadar (CO_2) tertinggi adalah 2808,61ppm yaitu pada biogas tanpa perlakuan, sedangkan kadar (CO_2) terendah adalah 2026,55 ppm yaitu pada biogas hasil pemurnian menggunakan arang kayu laban aktivasi Fisika suhu 750°C. Efektivitas pemurnian biogas terendah adalah 8,1% yaitu pada pemurnian menggunakan arang laban tanpa aktivasi sedangkan efektivitas tertinggi adalah 27,84% yaitu pada biogas hasil pemurnian arang laban aktivasi 750°C.

Kadar gas (CH_4) tertinggi adalah 53,94 ppm yaitu pada biogas hasil pemurnian arang laban aktivasi 750°C, sedangkan kadar gas (CH_4) terendah adalah 40,51 ppm yaitu pada biogas tanpa perlakuan. Efektivitas pemurnian biogas terendah adalah 4,5% yaitu pada pemurnian menggunakan arang laban tanpa aktivasi sedangkan efektivitas tertinggi adalah 24,9% yaitu pada biogas hasil pemurnian arang laban aktivasi 750°C.

Unjuk kerja *Generator-Set* menggunakan bahan bakar pertalite menunjukan stabilitas tegangan yang baik dimana tegangan tetap stabil saat tanpa beban maupun saat diberikan beban, sedangkan Unjuk kerja *Generator-Set* menggunakan bahan bakar biogas hasil pemurnian menggunakan arang kayu laban aktivasi Fisika suhu 750°C menunjukan stabilitas tegangan yang kurang baik dimana tegangan tetap stabil saat tanpa beban tetapi tidak stabil saat diberikan beban.

DAFTAR PUSTAKA

- Arfan, Yopy. 2006. *Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Dasar Batubara Dengan Perlakuan Aktivasi Terkontrol Serta Uji Kinerjanya*. Skripsi. Depok : Departemen Teknik Kimia FT-UI.
- Ikromi, Muhammad. 2017. *Feasibility Study Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (Studi Kasus TPA Bakung Bandar Lampung)*. Skripsi. Bandar Lampung : Universitas Lampung.
- Iriani, Purwinda, Ari Heryadi. 2014. *Pemurnian Biogas Melalui Kolom Beradsorben Karbon Aktif*. Sigma-Mu. Vol. 6 N0. 2.
- Juliandini, Fithrianita, Yulinah Trihadiningrum. 2008. *Uji Kemampuan Karbon Aktif Dari Limbah Kayu Dalam Sampah Kota Untuk Penyisihan Fenol*. Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi VII.
- Kasmawarni. 2013. *Proses Aktivasi Arang Kayu Laban (Vitex Pinnata L.) Dengan Cara Pemanasan Pada Suhu Tinggi*. Jurnal Litbang Industri. Vol. 3 No. 2 : 117-124.
- Kumoro, Cahyo A., Hadiyanto. 2004. *Adsorpsi Karbondioksida Dengan Larutan Soda Api Dalam Kolom Unggun Tetap*. Forum Teknik. Jilid 24.
- Ruthven, Douglas M. 1984. *Principles of Adsorption and Adsorption Processes*. Kanada : Published Simultaneously.
- Wardono, H. 2004. *Modul Pembelajaran Motor Bakar 4 Langkah*. Jurusan Teknik Mesin. Universitas Lampung.