

Efektivitas Removal Massa Gas Karbon Dioksida (CO₂) Yang Dihasilkan Lumpur Tinja Dari Tangki Septik Dengan Menggunakan Media Briket Arang Dan Kapur Tohor

Robertus Wisnu Wijaya dan Joni Hermana

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: hermana@enviro.its.ac.id

Abstrak—Pemakaian tangki septik dapat menghasilkan gas rumah kaca terutama CO₂. Karena itu tujuan penelitian ini adalah mengkaji efektivitas reduksi gas CO₂ dengan dua jenis media yaitu, briket arang dan kapur tohor. Penelitian ini dimulai dengan tahap pendahuluan untuk mengamati produksi gas dari lumpur tinja yang berasal dari IPLT Keputih, yang dimasukkan ke dalam botol gelas 1 L selama 2 hari. Tahap utama penelitian kemudian dilakukan dengan memasang media briket arang dengan variasi massa 2, 4, 6, dan 8 gram untuk menyerap CO₂ yang dihasilkan. Penelitian ini kemudian diulang dengan mengganti media briket arang oleh kapur tohor dengan variasi massa yang sama. Konsentrasi media dan lumpur tinja sendiri tidak dihitung. Setelah dilakukan analisis maka didapatkan efektivitas removal massa gas CO₂ paling besar oleh kedua jenis media adalah dengan variasi massa 2 gram, masing-masing sebesar 515,9 g CO₂/g briket arang dan 46,2 g CO₂/g kapur tohor.

Kata Kunci—Briket arang, Kapur tohor, Karbondioksida (CO₂), Lumpur tinja.

I. PENDAHULUAN

PEMANASAN global sudah menjadi isu global dan menjadi hangat dibicarakan di seluruh penjuru dunia. Upaya minimasi emisi gas rumah kaca menjadi salah satu upaya yang mendapat perhatian besar dalam pengelolaan lingkungan.^[1]

Pemanasan global ini disebabkan karena kenaikan intensitas efek rumah kaca. Kenaikan intensitas efek rumah kaca tidak lepas dari peran GRK yang meningkat. Gas-gas tersebut adalah CO₂, metana (CH₄), NO₂, Ozon (O₃), CFC, dan uap air (H₂O). Meskipun CO₂ dan CH₄ secara alami terdapat di atmosfer, namun era industrialisasi sejak tahun 1750 sampai tahun 2005 gas-gas tersebut mengalami peningkatan jumlah yang pesat dan secara global.^[2]

Tangki septik adalah tempat yang digunakan untuk membuang dan mengumpulkan kotoran atau tinja manusia yang secara alami akan mengalami proses biodegradasi. Di dalam tangki septik terdapat berbagai macam mikroba yang dapat mendegradasi kotoran dan tinja manusia.^[3] Lumpur di dalam tangki septik ini diolah secara anaerobik sehingga menghasilkan gas-gas yang terdiri dari gas CO₂ dan CH₄. Sehingga penggunaan tangki septik merupakan salah satu dari penyebab kenaikan intensitas efek rumah kaca.

CO₂ merupakan gas dengan konsentrasi tertinggi di kelima di atmosfer yang mengalami peningkatan sebanyak 35% dalam 300 tahun terakhir.^[4] Sebagai salah satu GRK, karakteristik khas CO₂ adalah tidak mampu ditembus oleh gelombang terestrial/gelombang panjang/long wave radiation (LWR) yang berasal dari permukaan bumi.^[5]

Karena alasan tersebut, diperlukan penanganan untuk mereduksi emisi GRK dari tangki septik tersebut dengan menggunakan media yaitu briket arang dan kapur tohor. Briket arang adalah arang padat yang dibuat dari arang atau serbuk arang yang direkat sambil dimampatkan atau dapat pula dibuat dari kayu atau serbuk kayu yang dimampatkan sambil dipanaskan dan kemudian diarangkan. Diharapkan memiliki sifat removal massa yang bisa mereduksi kadar gas CO₂ yang diemisikan tangki septik. Termasuk oleh kapur tohor sebagai media kedua dalam penelitian kali ini.

Tujuan penelitian adalah untuk menganalisis efektivitas removal massa gas CO₂ yang dihasilkan dari lumpur tinja dari tangki septik dengan menggunakan media briket arang dan kapur tohor.

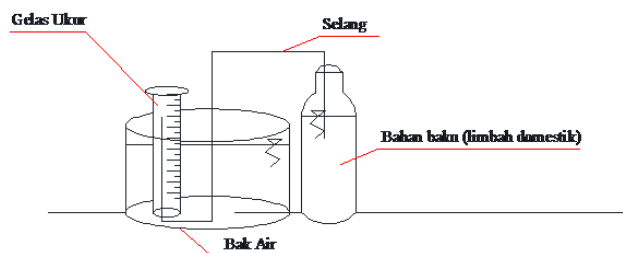
II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Persiapan Analisis

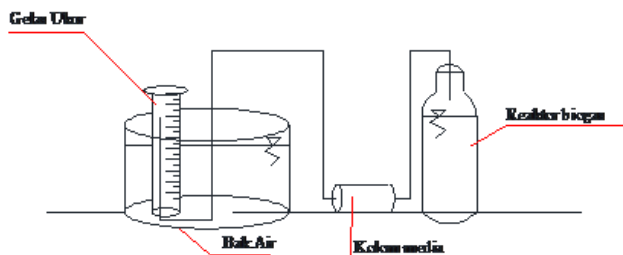
Pada tahap persiapan analisis, dilakukan 3 tahap persiapan. Yaitu diantaranya pembuatan kolom removal massa, pengenceran NaOH 0,01 M dan pengenceran HCl 0,01. Persiapan dilakukan sebelum dilaksanakan penelitian.

B. Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan ini dilakukan untuk mendapatkan pola volume gas yang dihasilkan tiap jamnya oleh reaktor yang berisi lumpur tinja dari tangki septik. Analisis ini dilakukan di Workshop Jurusan Teknik Lingkungan ITS Analisis volume gas bertujuan untuk menghitung volume gas yang dihasilkan reaktor sehingga dapat diketahui pola volume gas yang dihasilkan reaktor dalam setiap jamnya. Analisis ini dilakukan selama dua hari Pada reaktor analisis ini, gas yang dihasilkan reaktor tersebut disalurkan dengan selang berdiameter 0,5 cm ke dalam gelas ukur 1 L di dalam aquarium yang berisi air. Yang diamati dari sistem reaktor ini adalah penurunan tinggi air di dalam gelas ukur karena terdorong oleh gas yang



Gambar 2.1 Rangkaian Analisis Volume Gas



Gambar 2.2 Rangkaian Analisis Removal Volume Gas

dihasilkan reaktor. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.1

C. Analisis Removal Volume Gas

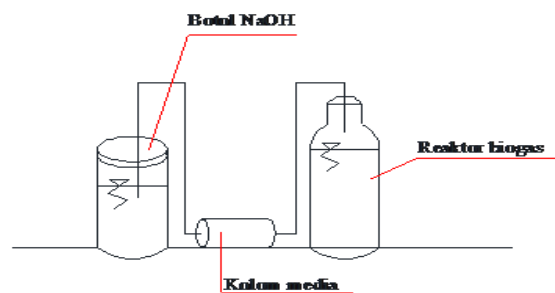
Analisis ini bertujuan untuk menghitung volume gas yang tereduksi oleh media. Media yang digunakan yaitu briket arang dan kapur tohor dengan variabel berat media 2 gram, 4 gram, 6 gram dan 8 gram. Analisis ini dilakukan selama 4 hari. Perangkaian reaktor pada analisis ini hampir sama dengan analisis sebelumnya yaitu menyiapkan bahan baku lumpur tinja dengan volume 500 mL di dalam botol kaca. Gas yang dihasilkan dari lumpur tinja dialirkan dengan selang berdiameter 0,5 cm ke dalam gelas ukur 1 L di dalam aquarium yang berisi air. Gelas ukur diletakkan dalam posisi terbalik. Detail mengenai reaktor pada analisis kali ini dijelaskan pada Gambar 2.2.

D. Analisis Konsentrasi Gas CO_2 Tereeduksi

Pada tahap analisis konsentrasi gas CO_2 tereduksi menggunakan reaktor yang serupa dengan analisis-analisis sebelumnya namun gas akan dialirkan menuju larutan NaOH yang telah disiapkan. Reaktor pada analisis kali ini ada 8 reaktor untuk kedua jenis media yaitu 4 reaktor untuk media briket arang dan 4 reaktor untuk media kapur tohor. Penyiapan 4 buah reaktor disesuaikan dengan variabel media yang berjumlah 4 variabel. Sistem reaktor gas pada analisis kali ini juga hampir serupa namun ditambahkan absorben gas CO_2 yaitu larutan NaOH sebanyak 2 L di dalam tabung kaca dan dipasang setelah melewati kolom removal massa. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.3.

E. Analisis Gas CO_2

Analisis Gas CO_2 meliputi, analisis titrasi asam-basa, analisis gas chromatography, analisis SEM. Analisis titrasi asam basa memiliki tujuan untuk mengetahui konsentrasi gas CO_2 yang terabsorpsi dalam larutan NaOH. Analisis dilakukan setiap pukul 07.00, 13.00, dan 00.00 selama 4 hari untuk tiap

Gambar 2.3 Rangkaian Analisis Konsentrasi Gas CO_2 Tereeduksi

sampel, menyesuaikan waktu pengukuran gas. Analisis gas chromatography bertujuan untuk mengetahui besar komposisi gas CO_2 yang dihasilkan lumpur tinja dari tangki septik dan gas yang dihasilkan. Analisis ini dilakukan di Laboratorium Energi LPPM-ITS dan Laboratorium Bioproses dan Proses Lingkungan. Analisis SEM dilakukan untuk menunjukkan bahwa media kapur tohor dan briket arang telah. Analisis ini dilakukan di Laboratorium Karakteristik Material Jurusan Teknik Material dan Metalurgi – Fakultas Teknologi Industri ITS. Sampel yang dianalisis adalah media removal massa. Sampel diambil dan dianalisis untuk tiap variasi berat media yakni 2, 4, 6, dan 8 gram.

III. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian Pendahuluan

Pada penelitian pendahuluan ini dilakukan penentuan pola volume gas yang dihasilkan limbah tinja. Limbah tinja sendiri diperoleh dari truk-truk sedot WC atau pengangkut limbah tinja yang akan masuk ke dalam IPLT. Kemudian dibuat 2 sistem reaktor seperti pada Gambar 2.1 Dari penelitian pendahuluan didapatkan terjadinya kenaikan volume pada siang hari, pada jam tertentu juga terjadi penurunan yang cukup drastis pada malam hari.

B. Analisis Hasil Removal Volume Gas

Analisis removal volume gas ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar efektivitas media dapat mereduksi volume gas total. Analisis ini terdiri atas 2 tahap analisis yaitu analisis removal volume gas oleh media briket arang dan oleh media kapur tohor. Pada kedua tahap diberi perlakuan yang sama. Namun untuk waktu pengukuran pada analisis ini hanya dilakukan pada pukul 07.00, 13.00, dan 00.00. Hal ini mengacu pada pola gas yang dihasilkan dari penelitian pendahuluan. Limbah tinja yang digunakan untuk kelima reaktor berasal dari limbah tinja yang sama. Sedangkan untuk tahap 1 dan tahap 2 bahan baku atau limbah tinja yang digunakan berbeda.

C. Analisis Hasil Konsentrasi CO_2

Pada analisis konsentrasi gas CO_2 akan didapatkan perhitungan konsentrasi gas CO_2 pada sampel gas. Analisis ini bertujuan untuk membandingkan pola konsentrasi CO_2 selama 4 hari analisis dengan pola produksi volume gas baik untuk reaktor kontrol dan reaktor dengan media dan juga untuk

Tabel 3.1
Tabel Konsentrasi CO₂ Tahap 1

No	Tanggal	Waktu samplin g	Konsentrasi CO ₂ (mg/L)				
			Kontrol	Briket arang 2 g	Briket arang 4 g	Briket arang 6 g	Briket arang 8 g
1		07.00	18,92	61,60	74,80	63,80	61,60
2	07/09/13	13.00	87,12	68,20	79,20	77,00	70,40
3		00.00	113,52	68,20	88,00	81,40	81,40
4		07.00	131,12	74,80	88,00	85,80	90,20
5	08/09/13	13.00	181,72	85,80	106,00	90,20	92,40
6		00.00	205,92	88,00	108,00	92,40	103,40
7		07.00	221,32	90,20	110,00	101,20	107,80
8	09/09/13	13.00	252,12	90,20	110,00	105,60	112,20
9		00.00	260,92	92,40	110,00	112,20	114,40
10		07.00	289,52	92,40	110,00	125,40	125,40
11	10/09/13	13.00	329,12	101,20	114,00	129,80	125,40
12		00.00	333,52	121,00	154,00	158,40	165,00

Tabel 3.2
Tabel Konsentrasi CO₂ Tahap 2

No	Tanggal	Waktu samplin g	Selisih Konsentrasi CO ₂ (mg/L)				
			Kontrol	Kapur tohor 2 g	Kapur tohor 4 g	Kapur tohor 6 g	Kapur tohor 8 g
1		07.00	0	0	0	0	0
2	14/09/13	13.00	15,4	8,80	13,20	19,80	6,60
3		00.00	8,80	11,00	2,20	0	0
4		07.00	11,00	8,80	19,80	6,60	22,00
5	15/09/13	13.00	27,72	17,6	13,20	4,40	17,60
6		00.00	2,64	6,60	13,20	19,80	2,20
7		07.00	4,84	0	8,80	15,40	6,60
8	16/09/13	13.00	11,00	13,20	17,60	2,20	8,80
9		00.00	2,20	13,20	61,60	0	17,60
10		07.00	5,72	4,40	17,60	4,40	30,80
11	17/09/13	13.00	37,4	8,80	15,40	6,60	2,20
12		00.00	6,60	4,40	6,60	11,00	6,60

mendapatkan konsentrasi CO₂ yang nanti akan dikalikan dengan volume gas dari analisis sebelumnya. Analisis kali ini juga dibagi 2 tahap yaitu analisis konsentrasi CO₂ dengan media briket arang dan analisis konsentrasi CO₂ dengan media kapur tohor. Dari analisis sebelumnya yaitu titrasi asam-basa maka akan didapat hasil konsentrasi CO₂ pada variabel kontrol dan reaktor dengan media briket arang per variabel berat medianya. Untuk mendapatkan mg CO₂/L dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{mg CO}_2/\text{L} = \frac{A \times N \times 44\,000}{\text{mL sample}} \quad (1)$$

Dimana: A = volume sampel – volume titran (mL)

N = Normalitas NaOH

Dari persamaan diatas, didapatkan hasil mg CO₂/L pada Tabel 3.1 dan 3.2

Tabel 3.3
Volume Gas Tereduksi oleh Briket Arang

Media	Volume gas		Volume gas tereduksi	
	Volume gas hari 0 (mL)	Volume gas hari 1 (mL)	Volume gas tereduksi hari 0 (mL)	Volume gas tereduksi hari 1 (mL)
Briket 2 g	20	10	0	10
Briket 4 g	10	0	10	35
Briket 6 g	10	0	10	35
Briket 8 g	10	0	10	35

Tabel 3.4
Volume Gas Tereduksi oleh Kapur Tohor

Media	Volume gas		Volume gas tereduksi	
	Volume gas hari 0 (mL)	Volume gas hari 1 (mL)	Volume gas tereduksi hari 0 (mL)	Volume gas tereduksi hari 1 (mL)
Kapur 2 g	10	10	0	5
Kapur 4 g	0	10	5	5
Kapur 6 g	10	10	0	5
Kapur 8 g	10	0	0	15

Dari hasil Tabel 3.1 dan 3.2 di atas dapat digunakan untuk menentukan removal massa gas CO₂ di analisis selanjutnya

D. Removal Massa Gas CO₂

Removal massa gas CO₂ dihitung dengan selisih konsentrasi CO₂ dari reaktor kontrol dengan reaktor dengan media. Setelah didapat selisih konsentrasi maka dapat dicari massa CO₂ yang tereduksi dengan mengalikan selisih konsentrasi CO₂ dengan volume gas CO₂ yang tereduksi di analisis sebelumnya. Jika dibuat dalam bentuk rumus maka dapat dibuat sebagai berikut:

$$\text{Removal Massa CO}_2 = \frac{(\Delta \text{konsentrasi CO}_2 \times \Delta V_{\text{gas CO}_2})}{\text{Berat media}} \quad (2)$$

Perhitungan selisih volume gas diambil sampai hari ke-2 karena data pada produksi gas hari ke-3 dan ke-4 menunjukkan penurunan produksi gas. Untuk mendapatkan volume gas tereduksi, volume gas kontrol dikurangi dengan volume gas dengan media. Adapun volume gas yang dihasilkan reaktor kontrol pada tahap 1 untuk media briket arang adalah 20 mL di hari pertama dan 35 mL di hari kedua. Sedangkan di tahap kedua untuk kapur tohor adalah 5 mL di hari pertama dan 15 mL di hari kedua. Perhitungan volume gas yang tereduksi untuk media briket arang dan kapur tohor dapat dilihat pada Tabel 3.3 dan 3.4

Tabel 3.5
Selisih Konsentrasi CO₂ dengan Media Briket Arang

Media	Konsentrasi		Δ Konsentrasi	
	Konsentrasi hari 0 (mg/L)	Konsentrasi hari 1 (mg/L)	Δ Konsentrasi hari 0 mg/L	Δ Konsentrasi hari 1 (mg/L)
Briket 2 g	68,20	88,00	45,32	117,92
Briket 4 g	88,00	107,80	25,52	98,12
Briket 6 g	81,40	92,40	32,12	113,52
Briket 8 g	81,40	103,40	32,12	105,52

Tabel 3.6
Selisih Konsentrasi CO₂ dengan Media Kapur Tohor

Media	Konsentrasi		Δ Konsentrasi	
	Konsentrasi hari 0 (mg/L)	Konsentrasi hari 1 (mg/L)	Δ Konsentrasi hari 0 mg/L	Δ Konsentrasi hari 1 (mg/L)
Kapur 2 g	19,80	52,80	19,25	27,61
Kapur 4 g	15,40	61,60	23,65	18,81
Kapur 6 g	26,40	57,80	12,65	23,21
Kapur 8 g	35,20	79,20	3,85	1,21

Hasil removal volume gas CO₂ untuk beberapa variabel berat media angka yang sama. Hal ini dapat dikarenakan perhitungan removal massa gas hanya diambil sampai hari ke-2, kemungkinan bisa didapat removal massa gas CO₂ yang lebih besar. Sedangkan untuk data selisih konsentrasi CO₂ reaktor kontrol dan reaktor dengan media juga diambil sampai hari ke-2 untuk menyesuaikan dengan data volume gas tereduksi. Untuk mendapatkan selisih konsentrasi CO₂, konsentrasi gas CO₂ kontrol dikurangi dengan konsentrasi CO₂ pada media. Adapun konsentrasi CO₂ dari reaktor kontrol dari tahap 1 untuk briket arang adalah 115,52 mg/L di hari pertama dan 205,92 mg/L di hari kedua. Sedangkan di tahap kedua untuk kapur tohor adalah 39,05 mg/L di hari pertama dan 80,41 mg/L di hari kedua. Perhitungan selisih konsentrasi dapat dilihat pada Tabel 3.5 dan 3.6.

Selisih konsentrasi CO₂ yang didapatkan menunjukkan briket arang dan kapur tohor dengan variabel berat 2 gram memiliki selisih konsentrasi yang paling besar. Hal ini dapat dikarenakan volume gas oleh reaktor yang dihasilkan sangat kecil sehingga media dengan variabel 2 gram menangkap lebih banyak CO₂ atau dapat dikatakan media dengan variabel 2 gram mengalami kondisi jenuh lebih cepat dari variabel berat yang lain. Karena presentase keberadaan CO₂ dari biogas adalah 35-45%^[6] dan hasil dari analisis gas chromatography menunjukkan bahwa terdapat 35,67% CO₂ dari gas total maka volume gas tereduksi dikalikan 35% untuk mendapatkan volume gas CO₂ tereduksi. Sehingga dapat dihitung besar removal massa gas CO₂ oleh media briket arang dan kapur tohor yang dapat dilihat pada Tabel 3.7 dan 3.8

Tabel 3.7
Removal Massa Gas CO₂ dengan Briket Arang

Waktu (Hari)	Removal Massa Gas CO ₂ (g CO ₂ /g media)			
	Briket arang 2 g	Briket arang 4 g	Briket Arang 6 g	Briket arang 8 g
0	0	22,33	18,73	14,05
1	515,9	300,49	231,77	156,98

Tabel 3.8
Removal Massa Gas CO₂ dengan Kapur Tohor

Waktu (Hari)	Removal Massa Gas CO ₂ (g CO ₂ /g media)			
	Kapur Tohor 2 g	Kapur Tohor 4 g	Kapur Tohor 6 g	Kapur Tohor 8 g
0	0	10,34	0	0
1	46,2	8,22	6,76	0,79

Dari tabel 3.7 dan 3.8 dapat diketahui besar removal massa gas CO₂ oleh media briket arang adalah 515,9 g CO₂/g media untuk variabel 2 gram; 300,49 g CO₂/g media untuk variabel 4 gram; 231,77 g CO₂/g media untuk variabel 6 gram; 156,98 g CO₂/g media untuk variabel 8 gram. Sedangkan untuk media kapur tohor didapatkan removal massa gas CO₂ sebesar 46,2 g CO₂/g media untuk variabel 2 gram; 8,22 g CO₂/g media untuk variabel 4 gram; 6,79 g CO₂/g media untuk variabel 6 gram; 0,79 g CO₂/g media untuk variabel 8 gram. Hasil removal massa gas CO₂ yang dihitung di analisis adalah hasil removal sampai hari ke-2

IV. KESIMPULAN

Dari analisis didapatkan hasil; Besar efektivitas removal massa gas CO₂ dengan menggunakan briket arang adalah 515,9 g CO₂/g media untuk variabel 2 gram; 300,49 g CO₂/g media untuk variabel 4 gram; 231,77 g CO₂/g media untuk variabel 6 gram; 156,98 g CO₂/g media untuk variabel 8 gram. Besar efektivitas removal massa gas CO₂ dengan menggunakan kapur tohor adalah 46,2 g CO₂/g media untuk variabel 2 gram; 8,22 g CO₂/g media untuk variabel 4 gram; 6,79 g CO₂/g media untuk variabel 6 gram; 0,79 g CO₂/g media untuk variabel 8 gram. Removal massa masih tergolong kecil karena gas yang dihasilkan reaktor pun kecil sehingga dihasilkan hasil seperti di atas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada a Bapak Ir. Rachmat Boedisantoso, MT. dan Bapak Arseto Yekti Bagastyo, ST., M.Phil, Ph.D selaku asisten dosen pembimbing tugas akhir atas segala arahan selama proses tugas akhir. Ibu I D A A Warmadewanthi, ST., MT., Ph.D, Bapak Alfian Purnomo, ST., MT., dan Bapak Welly Herumurti, ST., M.Sc. selaku dosen penguji yang memberi masukan dan revisi atas tugas akhir ini. Teman-teman satu angkatan dan partner TA. Keluarga tercinta dan keluarga besar Joyo Suparto dan Siswo Suliyono.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nur, Y., Lestari, P., Uttari, IGA.2010. "Inventori Emisi Gas Rumah Kaca (CO₂ dan CH₄) Dari Sektor Transportasi Di DKI Jakarta Berdasarkan Konsumsi Bahan Bakar". Program Studi Teknik Lingkungan ITB. Bandung
- [2] Intergovernmental Panel On Climate Change (IPCC). 2006. Waste-IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (IPCC Guidelines).
- [3] Puspitasari, F., Shovitri, M., Kuswyasari, N.2012. "Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Aerob Proteolitik dari Tangki Septik". Jurnal Sains dan Seni ITS. Vol 1, No.1 ISSN: 2301-928X
- [4] Ambarsari, N., Tedjakusuma, B. 2011."Kajian Perkembangan Teknologi Sounding Untuk Mengukur Konsentrasi CO₂ Di Atmosfer". LAPAN
- [5] Junaedi, A. 2007. Kontribusi Hutan Sebagai Rosot Karbondioksida. Balai Penelitian Hutan Penghasil Serat Kuok.. Bangkinang
- [6] Polprasert, C. 1989. Organic Waste Recycling 2nd edition. Environmental Engineering Div. Asian Institute of Technology Bangkok, Thailand.