

KAJIAN GASIFIKASI LIMBAH BIOMASA (KAYU KARET) MENGUNAKAN MEMBRAN REAKTOR

M. Hatta Dahlan¹⁾ dan Yani Laili²⁾

¹⁾Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

²⁾Program Studi Kimia Energi Pasca Sarjana Unsri

ABSTRAK

Gasifikasi biomasa adalah proses untuk mendapatkan gas sebagai bahan bakar, yang diolah dari bahan limbah pertanian dan hutan antara lain : kayu, gambut, batok kelapa, cangkang sawit, sekam padi dan lainnya. Proses gasifikasi dilakukan pada temperatur tinggi menggunakan media udara dan atau dari campuran keduanya. Teknologi gasifikasi diterapkan dan dikembangkan dengan beberapa pertimbangan antara lain : konsumsi minyak bumi yang semakin meningkat, dan tersedianya berbagai limbah yang dapat diolah dengan proses gasifikasi. Jadi gasifikasi merupakan alternatif lain untuk mengatasi krisis energi.

Penelitian ini menawarkan teknologi membran sebagai filter gas untuk memisahkan gas bakar diesel yang dihasilkan dari gasifier. Pada penelitian ini proses difokuskan pada proses gasifikasi dan proses pemisahan gas hasil menggunakan membran keramik, dimana kondisi operasi proses pemisahan sangat tergantung pada temperatur, tekanan, dan waktu pemisahan. Hasil gas yang diperoleh akan dianalisa dan dihitung nilai bakarnya, neraca massa dan neraca panas.

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Karet (Hevea Brasilliensis) merupakan salah satu hasil pertanian yang banyak menunjang perekonomian Indonesia. Bahkan Indonesia pernah menguasai pasaran dunia di atas Malaysia dan Thailand. Luas lahan karet yang dimiliki Indonesia saat ini mencapai 3 juta ha.

Provinsi Sumatera Selatan adalah salah satu daerah penghasil terbesar di Indonesia. Luas areal perkebunan karet mencapai 727,838 ha yang terdiri dari 29% tanaman yang belum menghasilkan, 44% tanaman yang telah produktif dan 27%

tanaman yang tidak produktif. Sentral produksi karet menyebar hampir di seluruh kabupaten antara lain; Kabupaten Muara Enim 16.11%, Kabupaten Musi Banyuasin dan Kabupaten Musi Rawas 15.88% Total produksi karet mencapai 400.000 ton/tahun.

Provinsi Sumatera Selatan mempunyai iklim yang sesuai untuk daerah pertumbuhan karet, sehingga mata pencaharian dalam perkebunan karet merupakan kebutuhan hidup sehari-hari.

Industri karet di Sumatera Selatan berjumlah 14 buah yang terdaftar pada resmi pada pemerintah, namun industri kecil yang dikelola secara kekeluargaan masih banyak. Sebelas buah industri karet terdapat di kota Palembang yang sebagian besar pabriknya

berada di pinggiran sungai musi. Kapasitas produksi yang dihasilkan oleh industri karet tersebut mencapai lebih dari 30.000 ton/tahun karet kering.

Tabel.1. Jenis dan Jumlah Limbah Biomassa di Indonesia

NO	JENIS LIMBAH	JUMLAH PER TAHUN (106 TON)
1.	Jerami padi	1,4
2.	Sekam Padi	5,7
3.	Limbah Pematangan Kayu	1,4
4.	Limbah Penggajian Kayu	1,1
5.	Tempurung Kelapa Sabut Kelapa	1,9 6,7
6.	Tempurung kelapa sawit Sabut kelapa sawit	0,3 0,5
7.	Limbah kayu karet	1,8
8.	Bagasse	3,1
9.	Tongkol Jagung	1,3

Sumber : Saswinadi Sasmojo (1980) di Musyawarah Ikatan Perkebunan Banyumas

1.2. Perumusan Masalah

Pohon karet yang sudah tua (tidak produktif) biasanya ditebang dan dibiarkan bertebaran di lahan karet tersebut, sebagian digunakan untuk kayu bakar keperluan memasak. Potongan-potongan pohon karet yang ditebang terdiri dari batang pohon, dahan dan ranting yang banyak tertimbun di area perkebunan. Hal ini membuat lingkungan tidak kondusif bagi lingkungan yang sehat. Untuk mencari solusi dari permasalahan tersebut, pohon karet yang tidak produktif

dapat diolah menjadi biomasa sebagai bahan bakar gas sebagai sumber energi alternatif.

II. METODOLOGI

Kayu karet diambil dari kebun karet di daerah Musi Banyuasin, jenis kayu yang ditebang dan diambil untuk penelitian ini adalah kayu karet yang sudah tua yang tidak atau sedikit sekali mengandung getah karet. Penyiapan bahan :

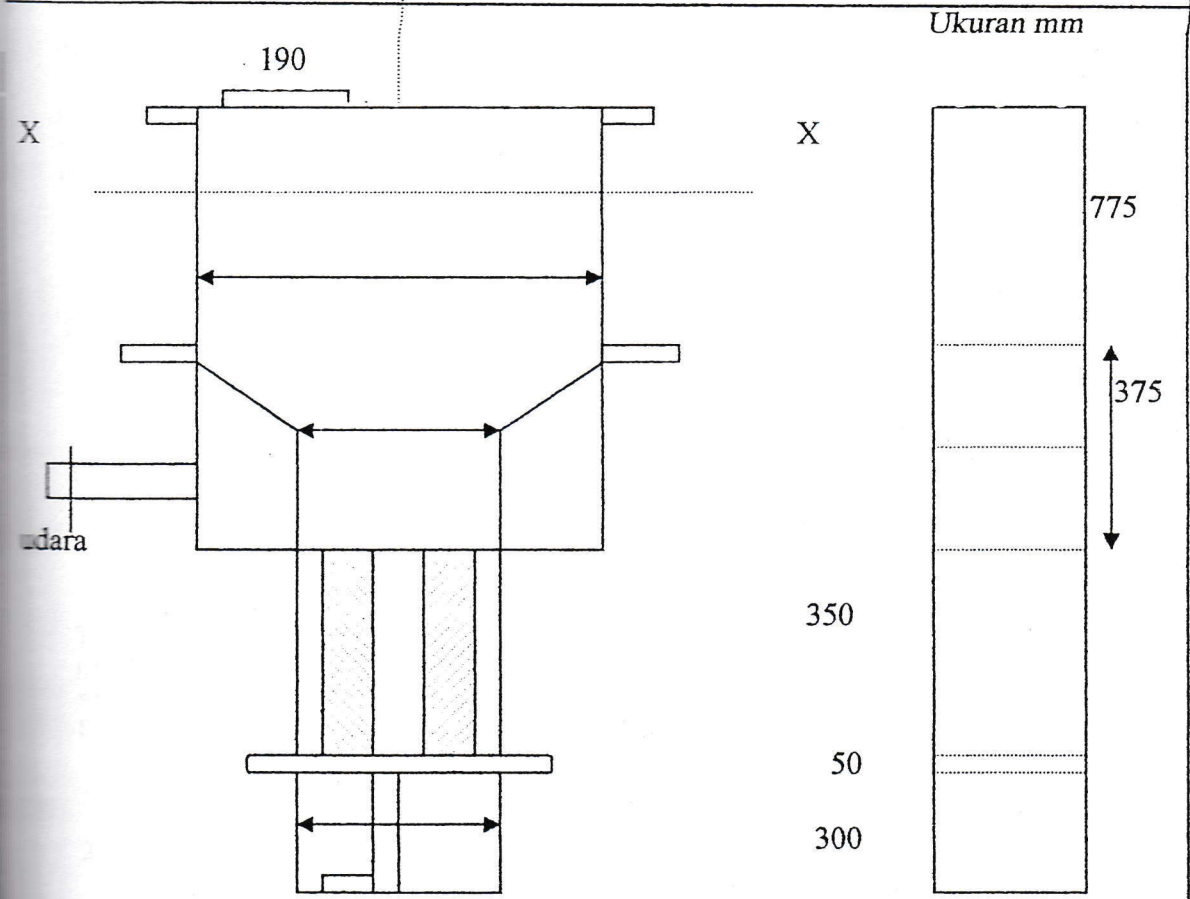
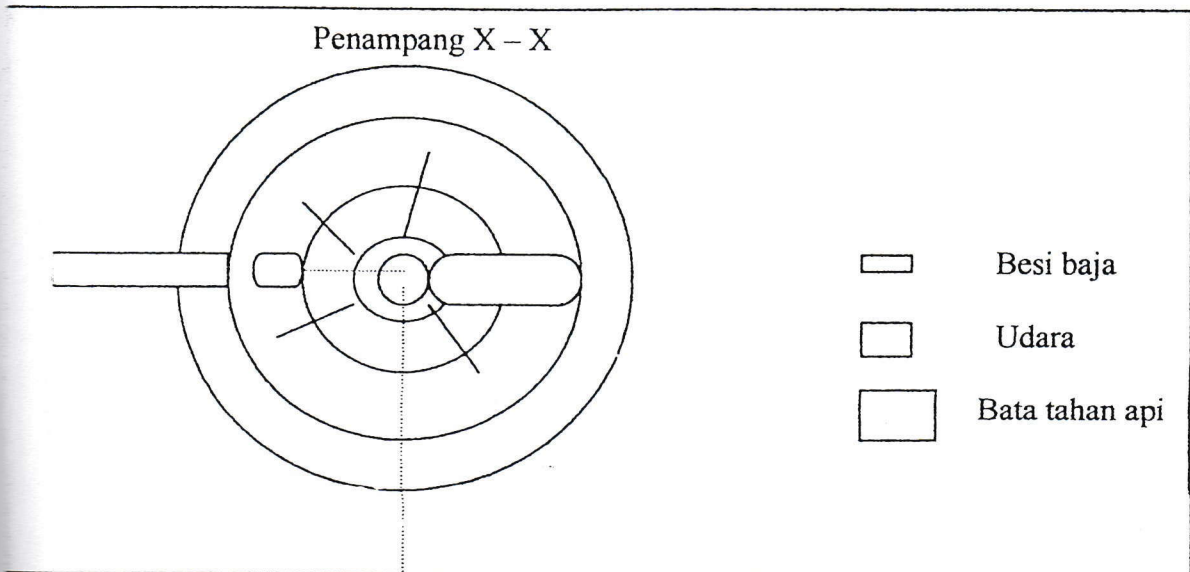
1. Melakukan analisis awal kadar air kayu karet, kayu karet dipotong kecil 5 x 25 cm
2. Pengerinan kadar air kayu karet sampai 15 - 20 %, menggunakan matahari pada lapangan terbuka, pengerinan dilakukan selama 3 - 4 hari, setiap hari dilakukan penimbangan untuk diketahui kandungan air kayu. Berat kayu karet basah - berat kayu karet kering dipakai untuk menghitung kadar kayu karet, dari literature diketahui bahwa kadar air kayu sebesar 60-65 % berat.
3. Pematangan kayu karet yang kadar airnya sudah tertentu dengan ukuran 5 x 5 cm, lalu ditimbang untuk masing-masing berat sesuai percobaan yaitu 5 kg, 4 kg dan 3 kg sebanyak percobaan yang dibutuhkan.

Sistim pemeroses gasifikasi terdiri atas: Gasifier yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis co-current down flow bed reactor, seperti terlihat pada gambar 1, di bawah ini.

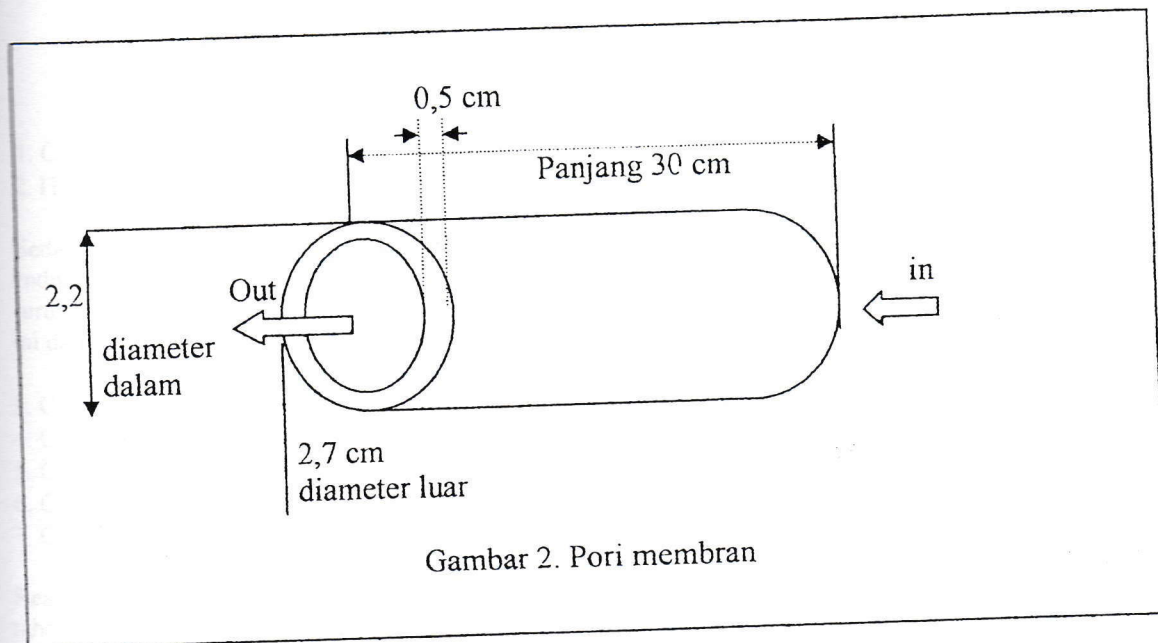
Peralatan gasifikasi

- alat ukur tekanan,
- alat ukur temperatur,
- pipa baja,
- batu tahan api,
- semen putih,
- drum baja,
- baja lembaran tebal 5 mm
- T pipa baja, elbow, kran dan sambungan pipa
- Lem silicon gum
- Karet untuk seal

RANCANGAN MEMBRAN REAKTOR



Gambar 1. Gasifikasi Biomasa



Gambar 2. Pori membran

PROSES GASIFIKASI BIOMASA

Proses gasifikasi ini berlangsung pada sebuah reaktor yang mempunyai peranan penting sebagai penghasil gas. Pola aliran pembakaran dalam gasifier terbagi atas : (Sumber : Steijns, M.G.H.M).

1. Aliran pembakaran dari bawah ke atas yaitu umpan padatan dan udara masuk dari bagian bawah.
2. Aliran pembakaran dari atas ke bawah, umpan dan udara masuk searah dari atas ke bawah. Jenis ini dapat dibagi dua yaitu sistim injeksi udara dari tengah dan sistim injeksi udara dari samping.
3. Aliran pembakaran mendatar, dimana injeksi udara dari samping yang berhadapan langsung dengan lubang keluaran gas hasil.

Tahapan tahapan proses yang terjadi dalam gasifier secara umum dapat digambarkan sebagai berikut : (Sumber : Dr. Ir. M.H.G.M. Steijns)

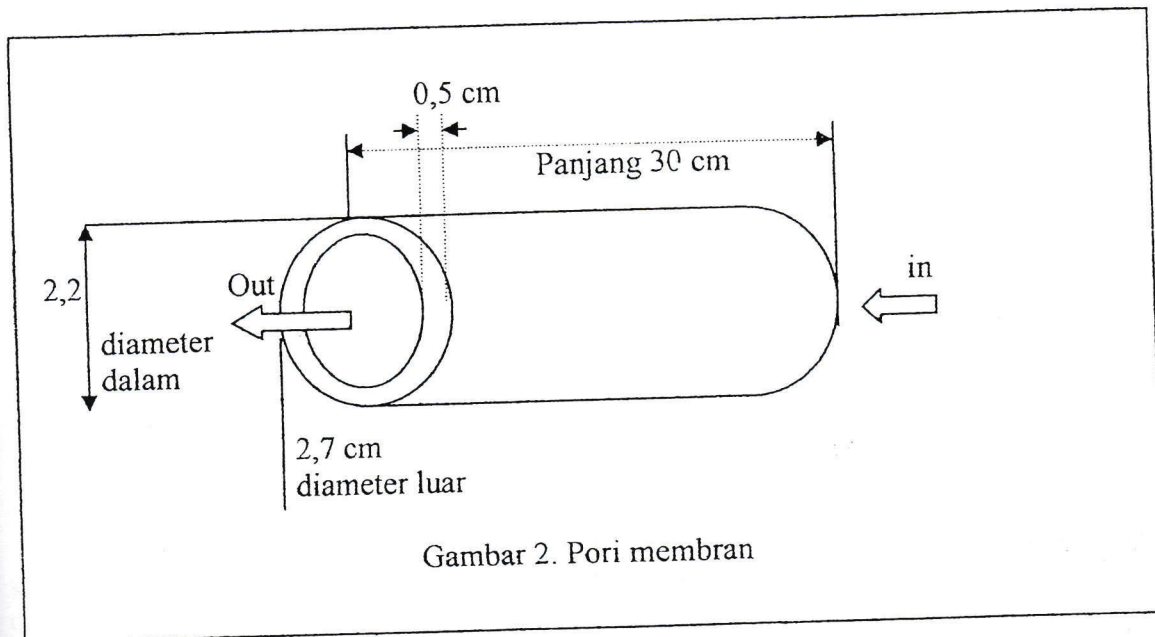
1. Tahap Pengeringan ($25 - 200\text{ }^{\circ}\text{C}$), pada tahap ini terjadi penguapan air lembab kayu.
2. Tahap Pyrolisa ($200 - 450\text{ }^{\circ}\text{C}$), pada tahap ini terjadi penguraian bahan biomassa

secara thermal menghasilkan arang, tar, air, CO , CO_2 dan hidrokarbon ringan lainnya.

3. Tahap Oksidasi ($800 - 1400\text{ }^{\circ}\text{C}$), Reaksi Oksidasi berlangsung secara eksotermik, pada tahap ini sebagian produk pirolisa akan terbakar dan menghasilkan panas. Panas yang terbentuk dipakai untuk pengeringan dan pirolisa dan sebagian lagi untuk reaksi reduksi pada tahap berikutnya.
4. Tahap Reduksi ($1400 - 700\text{ }^{\circ}\text{C}$), pada tahap ini terjadi reaksi antara gas CO_2 dan H_2O dengan arang dan antara kedua gas itu sendiri. Reaksi pada tahap ini bersifat endotermis sehingga temperatur menjadi turun.

Reaksi-Reaksi Yang Berlangsung Pada Proses Gasifikasi

Proses gasifikasi adalah proses pembakaran parsial dari bahan biomasa gas CO_2 , H_2O yang dihasilkan pada tahap pirolisa akan mengalami kenaikan temperatur dalam tahap oksidasi. Pada tahap ini reaksi-reaksi yang terjadi pada proses gasifikasi yaitu :



Gambar 2. Pori membran

PROSES GASIFIKASI BIOMASA

Proses gasifikasi ini berlangsung pada sebuah reaktor yang mempunyai peranan penting sebagai penghasil gas. Pola aliran pembakaran dalam gasifier terbagi atas : (Sumber : Steijns, M.G.H.M).

1. Aliran pembakaran dari bawah ke atas yaitu umpan padatan dan udara masuk dari bagian bawah.
2. Aliran pembakaran dari atas ke bawah, umpan dan udara masuk searah dari atas ke bawah. Jenis ini dapat dibagi dua yaitu sistem injeksi udara dari tengah dan sistem injeksi udara dari samping.
3. Aliran pembakaran mendatar, dimana injeksi udara dari samping yang berhadapan langsung dengan lubang keluaran gas hasil.

Tahapan tahapan proses yang terjadi dalam gasifier secara umum dapat digambarkan sebagai berikut : (Sumber : Dr. Ir. M.H.G.M. Steijns)

1. Tahap Pengerinan ($25 - 200\text{ }^{\circ}\text{C}$), pada tahap ini terjadi penguapan air lembab kayu.
2. Tahap Pyrolisa ($200 - 450\text{ }^{\circ}\text{C}$), pada tahap ini terjadi penguraian bahan biomassa

secara thermal menghasilkan arang, tar, air, CO , CO_2 dan hidrokarbon ringan lainnya.

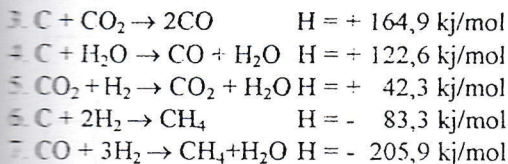
3. Tahap Oksidasi ($800 - 1400\text{ }^{\circ}\text{C}$), Reaksi Oksidasi berlangsung secara eksotermik, pada tahap ini sebagian produk pirolisa akan terbakar dan menghasilkan panas. Panas yang terbentuk dipakai untuk pengeringan dan pirolisa dan sebagian lagi untuk reaksi reduksi pada tahap berikutnya.
4. Tahap Reduksi ($1400 - 700\text{ }^{\circ}\text{C}$), pada tahap ini terjadi reaksi antara gas CO_2 dan H_2O dengan arang dan antara kedua gas itu sendiri. Reaksi pada tahap ini bersifat endotermis sehingga temperatur menjadi turun.

Reaksi-Reaksi Yang Berlangsung Pada Proses Gasifikasi

Proses gasifikasi adalah proses pembakaran parsial dari bahan biomasa gas CO_2 , H_2O yang dihasilkan pada tahap pirolisa akan mengalami kenaikan temperatur dalam tahap oksidasi. Pada tahap ini reaksi-reaksi yang terjadi pada proses gasifikasi yaitu :



Sedangkan pada tahap reduksi, reaksi bersifat endotermis sehingga temperatur menjadi turun. Reaksi-reaksi yang terjadi pada tahap ini dapat digambarkan sebagai berikut



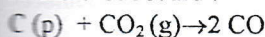
Reaksi 3 dan 4 merupakan reaksi utama pada tahap ini. (Sumber : Dr. Ir. M.H.G.M. Steijns).

Gas hasil yang meninggalkan reaktor terdiri dari senyawa dengan unsur-unsur CO, CO₂, H₂, CH₄, N₂, H₂O dan sejumlah kecil hidrokarbon ringan dan mungkin sedikit O₂. Untuk memperkirakan komposisi gas hasil ini, ada 2 model yang biasanya dipakai yaitu :

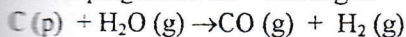
1. Model Kesetimbangan Heterogen

Model ini pertama kali dikembangkan oleh Gumz menurutnya : komposisi gas terutama ditentukan oleh adanya kesetimbangan sistem heterogen dari reaksi-reaksi berikut:

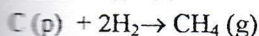
a. Reaksi Boudouard :



b. Reaksi pergeseran air - heterogen

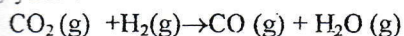


c. Reaksi Metanasi



2. Model Kesetimbangan Homogen

Model kesetimbangan ini pertama kali dikemukakan oleh Schlapfer dimana reaksi pergeseran air homogen (homogeneous water shift reaction) dianggap sebagai reaksi yang menentukan komposisi gas hasil. Reaksi yang ditinjau sebenarnya merupakan gabungan antara reaksi Boudouard dengan reaksi pergeseran air heterogen (heterogen water shift reaction) yaitu :



Secara keseluruhan Schlapfer berhasil mengungkapkan hasil percobaan yang relatif

sama dengan hasil perhitungan dengan menggunakan model termodinamika.

Komposisi Kayu

Komposisi kayu dinyatakan sebagai berikut :

Kadar C = 100 x C% - berat kayu basah
Kadar H = 100 x H% - berat kayu basah
Kadar O = 100 x O% - berat kayu basah

Yang ekuivalen dengan gas ideal dengan komponen sebagai berikut :

$$C : C_B = 22,4 / 12 C \quad Nm^3$$

$$H_2 : H_B = 22,4 / 2 H \quad Nm^3$$

$$O_2 : O_B = 22,4 / 32 O \quad Nm^3$$

Komposisi Udara

Komposisi udara dinyatakan sebagai berikut :

Uap air = w %

Udara kering = (100 - w)%, yang terdiri dari :

$$O_2 = 0,21 \times (100 - w) \%$$

$$N_2 = 0,79 \times (100 - w) \%$$

Sehingga setiap 1 Nm³ udara mengandung :

$$O_2 : O_M = 0,01 \cdot w / 2 + 0,21 (100 - w) / 100 \text{ Nm}^3$$

$$H_2 : H_M = 0,01 \cdot w \text{ Nm}^3$$

$$N_2 : N_M = 0,079 (100 - W) / 100 \text{ Nm}^3$$

Panas yang masuk terdiri dari panas pembakaran umpan (NHV kayu) dan panas pembakaran arang, sedangkan panas yang keluar terdiri atas NHV gas hasil (HG), panas sensible gas (SG) dan kehilangan panas di reactor (HL). Gas hasil mengandung CO, CO₂, H₂, H₂O, CH₄ dan N₂, Abu dan tar yang dibawa gas hasil jumlahnya dapat diabaikan. Yang akan diukur dalam penelitian ini adalah kandungan gas metana.

Kualitas gas dan performance dari motor diesel akan sangat ditentukan oleh perangkat pemurnian gas hasil gasifikasi, maka gas produksinya akan mengandung cukup banyak gas nitrogen dan dikategorikan ke dalam gas kalor rendah dengan LHV berkisar antara 3500-5000 KJ/Nm³. Gas dengan nilai kalor ini sudah cukup baik untuk dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk

suatu motor bakar. Walaupun demikian, tinggi rendahnya nilai kalor gas bukanlah satu-satunya tolak ukur akan baik buruknya kualitas gas hasil, karena masih ada factor lain

yang harus diperhatikan yaitu bahwa kadar tar di dalam gas hasil harus ditekan serendah mungkin (lebih kecil dari 1 gr/Nm³)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 2. Komposisi gas hasil, pada kondisi operasi gasifyer T 660 °C dan t = 2 jam

SAMPSEL/ Berat kayu, kg	Laju Alir Udara Nm ³ /jam	Kadar Air Kayu %	Berat K. Karet (Kg)	ANALISA KOMPOSISI PERMEASI GAS HASIL KELUAR MEMBRAN (% BERAT)					
				%CH ₄	%H ₂	%O ₂	%N ₂	%CO	%CO ₂
A1	3	11,2	3	0,82	12,0	12,05	45,3	15,4	14,4
A2	3	10,7	3	0,80	12,6	11,84	44,56	15,7	14,5
A3	3	12,9	3	0,78	12,8	11,89	44,73	15,2	14,6
B1	3	12,3	5	0,90	13,4	11,53	43,37	15,6	15,2
B2	3	11,6	5	0,98	13,6	11,38	42,83	15,8	15,4
B3	3	14,0	5	0,92	13,5	11,52	43,35	15,7	15,0

DAFTAR PUSTAKA

- A. Wiley-Intercine Publication, 1987., *Biomass, Renewable Energy*, Edited by D.O. Hall, King's Collage, London; R.P. Overend, National Research Council, Ottawa, John Wiley & Sons, Chichester-New York - Brisbane- Toronto- Singapore, ISBN 0 471 90919 X.
- Bambang S, dan Agus Surono., 1985., *Gasifikasi Kayu Karet dengan System Injeksi Udara dari Samping*, Laporan Penelitian Laboratorium ITB.
- Donald L. Klass, 1991, *Biomass for Renewable Energy Fuels, and Chemicals*, Academic Press; San Diego-London-Boston-New York-Sydney-Tokyo-Toronto.
- Ismail, S., 1985, *Kinetika Gasifikasi arang Batubara*, ITB
- Ismail, S., and A.A.C.M. Beenackers, 1987., *Power from Biomassa from Gasification and Combustion*, ISIS Congress.
- Hatta, M, 1987., *Model Termodinamika untuk Gasifikasi Biomassa*, Laporan Penelitian Lab. Termodinamika Pusat Antar Universitas-Ilmu Rekayasa, ITB.