

M8-021 EMISI PEMBAKARAN BIOMASSA BATANG KAYU

Nukman

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya
Jalan Raya Prabumulih km 32 Inderalaya 30662 Ogan Ilir
Sumatera Selatan
email: ir_nukman2001@yahoo.com

ABSTRAK

Pemakaian bahan bakar yaitu bahan bakar minyak, gas bumi dan batubara saat ini semakin meningkat seiring dengan bertambahnya aktivitas manusia sehingga berakibat pada cadangan dari ketiga bahan bakar tersebut akan habis dalam jangka waktu dekat. Selain masalah kekurangan cadangan, pemakaian bahan bakar yang berlebihan juga dapat menimbulkan polusi yang berakibat langsung dan tidak langsung bagi kehidupan di bumi khususnya pada manusia.

Beberapa polutan penting yang perlu diperhatikan dari bahan bakar minyak, gas bumi, dan batubara diantaranya adalah CO_2 (Karbon Dioksida), CO (Karbon Monoksida), HC (Hidro Karbon), O_2 (Oksigen) dan NO_x (Nitrogen Oksida dan Nitrogen Dioksida) karena telah lama diketahui dapat mencemari lingkungan. Sehubungan dengan itu saat ini telah mulai dikembangkan bahan bakar alternatif yang memanfaatkan limbah pertanian, kehutanan maupun industri perkebunan dan bukan bahan pangan, bahan bakar tersebut salah satunya adalah biomassa. Biomassa merupakan bahan bakar yang dapat diperbaharui yang utamanya berasal dari tumbuhan bukan pangan.

Pembakaran bahan bakar biomassa juga menimbulkan polutan namun, setidaknya telah diperoleh bahan bakar alternatif yang melimpah atau cadangannya sangat besar, dapat diperbaharui (renewable) dan tidak habis-habisnya khususnya di Indonesia yang tergolong negara kaya akan hasil hutan dan memiliki keanekaragaman tumbuhan yang merupakan sumber bahan bakar biomassa yang sangat tinggi.

*Penelitian ini dilakukan terhadap tumbuhan batang kayu antara lain serbuk kayu Akasia (*Acacia mangium*), Gelam (*Melaleuca leucadendron*), Jati (*Tectona grandis*), Karet (*Hevea brasiliensis*), Meranti (*Shorea sp.*) dan Pelawan (*Tristianium sp.*). Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi sifat-sifat fisik dan kimia serta emisi gas buang dari beberapa tumbuhan batang tersebut.*

Analisa yang digunakan untuk mengidentifikasi ini meliputi analisa proksimat yaitu untuk menguji kadar air (Moisture content), zat terbang (Volatile Matter) dan abu (ash content) serta karbon tetap (Fixed Carbon). Analisa ultimat yaitu untuk menganalisa kadar karbon hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N) dan sulfur (S). Nilai kalor diperhitungkan sebagai besarnya kalor yang dapat dihasilkan oleh suatu bahan bakar apabila bahan bakar tersebut dibakar.

Pengujian emisi gas buang dilakukan untuk berbagai jenis polutan. Alat yang dipakai untuk pembakaran adalah Pressurized Fluidized Bed Combustion (PFBC), alat ini dirancang untuk dapat menghasilkan emisi gas buang yang bersih. Sedangkan alat ukur emisi gas buang yang dipakai adalah Gas Emission Analyzer.

*Analisa proksimat menunjukkan nilai maksimum untuk kadar air (Moisture content) pada serbuk kayu karet (*Hevea raziliensis*) sebesar 13,24%, kadar zat terbang (Volatile Matter) pada serbuk kayu Pelawan (*Tristanium sp.*) sebesar 71,52% dan kadar abu (ash content) pada serbuk kayu Jati (*Tectona grandis*) sebesar 1,57% serta kadar karbon tetap (Fixed Carbon) pada serbuk kayu Meranti (*Shorea sp.*) sebesar 16,86%. Analisa ultimat menunjukkan nilai maksimum kadar karbon (C) pada serbuk kayu Akasia (*Acacia mangium*) sebesar 45,26%, kadar Hidrogen (H) pada serbuk kayu Meranti (*Shorea sp.*) sebesar 6,46%, kadar Nitrogen (N) pada serbuk kayu Akasia (*Acacia mangium*) dan Karet (*Hevea raziliensis*) sebesar 0,38%, kadar Sulfur (S) pada serbuk kayu Karet (*Hevea raziliensis*) sebesar 0,17%.*

*Hasil penelitian menunjukkan dengan supply bahan bakar 500 gram, emisi gas buang pembakaran terendah adalah serbuk kayu meranti (*Shorea sp.*) dengan komposisi kadar CO₂ (Karbon Dioksida) sebesar 9,01%, CO (Karbon Monoksida) sebesar 0,24%, HC (Hidro Karbon) : 28 ppm, O₂ (Oksigen) sebesar 9,33% dan NO_x sebesar 42 ppm.*

Kata Kunci: Biomassa, Kayu, Emisi

1. Pendahuluan

Latar Belakang

Kebutuhan energi di dunia semakin meningkat, hal ini disebabkan jumlah manusia yang bertambah. Pemakaian bahan bakar untuk energi telah diketahui sejak lama menimbulkan perusakan lingkungan. Pembakaran bahan bakar akan menimbulkan gas buang yang merupakan polutan bagi makhluk hidup. Pemanfaatan bahan bakar tanpa kontrol emisi gas buang sangat membahayakan lingkungan. Peningkatan pembakaran dipastikan akan menimbulkan polusi. Namun dengan begitu, polusi tidak akan bisa dihilangkan, tetapi dapat dikontrol dengan teknologi yang ada.

Cadangan minyak bumi yang semakin menipis dan eksplorasi batubara secara besar-besaran untuk memenuhi kebutuhan energi manusia telah membuat para ahli memikirkan energi alternatif. Salahsatu bentuk energi alternatif yang dikembangkan saat ini adalah biomassa yang merupakan salahsatu sumber energi terbarukan. Pengembangan biomassa yang memanfaatkan limbah pertanian, kehutanan maupun industri perkebunan, bukan bahan pangan, merupakan alternatif dalam pengembangan energi dari sumber terbarukan yang akan menjadi pengganti BBM [1].

Biomassa merupakan salah satu sumber energi terpenting dan terutama untuk negara berkembang, karena begitu pentingnya kegiatan konversi bahan bakar fosil ke bahan bakar alternatif, maka perlu dilakukan penelitian ini guna mencari sumber bahan bakar biomassa yang paling efektif dalam hal ini menurut Suyitno dan Istanto [2]. adalah bahan bakar yang memiliki nilai kalor tinggi, kadar abu rendah, kandungan zat terbang yang tinggi, kandungan *fixed carbon* sedang, emisi gas buang rendah, ketersediaannya yang melimpah dan yang dapat diperbaharui.

Biomassa didefinisikan sebagai bagian dari tumbuhan yang dapat digunakan sebagai bahan bakar padat atau diubah ke dalam bentuk cair atau bentuk gas untuk menghasilkan energi listrik,

panas, bahan kimia atau bahan bakar. Bahan bakar biomassa secara umum dapat dibagi ke dalam 4 (empat) kelas utama [3]:

- a. Residu primer : hasil-hasil dari perkebunan pangan dan hasil-hasil hutan (kayu, jerami, gandum, jagung dan lain-lain).
- b. Residu sekunder : sisa dari hasil proses produksi makanan yang dijadikan bahan biomassa atau bahan-bahan biomassa (serbuk gergaji, gilingan kertas, industri minuman, bibit-bibit apricot dan lain-lain).
- c. Residu tersier: Hasil dari komoditas biomassa yang telah digunakan (sampah dan limbah-limbah kayu).
- d. Energi dari hasil Perkebunan.

Sifat-sifat bahan bakar Biomassa

Sifat-sifat bahan bakar sering merupakan bentuk dasar untuk memilih teknologi untuk proses pembakaran. Dengan mengandalkan sifat ini sebuah bahan bakar dapat mengeluarkan pilihan pembakaran yang spesifik, sebagian untuk alasan teknis dan sebagian untuk alasan kesehatan lingkungan. Karakteristik dari biomassa dipengaruhi oleh keaslian dari biomassa tersebut. [3].

Sifat bahan bakar yang paling penting yang memberikan pengaruh pertama dari bahan bakar khusus adalah analisa proksimat dan ultimat, nilai kalori dan nilai peleburan abu. Analisa proksimat menyediakan nilai karbon tetap, zat terbang, kadar air dan kadar abu pada suatu bahan bakar, sedangkan analisa ultimat memberikan persentasi dasar dari C (*carbon*), S (*sulfur*), H (*hidrogen*), N (*nitrogen*), dan O (*oksigen*) yang tepat. [3].

Biomassa Kayu

Limbah industri pengolahan kayu terdiri dari limbah yang dihasilkan industri kayu lapis, pengergajian dan penggerjaan kayu yang berupa potongan ujung, sabetan, sisa kupasan, tatal dan serbuk gergajian. Menurut Gustan Pari [4]., beberapa alternatif pemanfaatan limbah pengolahan kayu industri adalah sebagai berikut:

1. Arang Serbuk dan Arang bongkah.
2. Arang aktif.
3. Briket arang.
4. Soil conditioning.
5. Kompos dan Arang Kompos.
6. Energi.

Jenis limbah yang digunakan sebagai sumber energi dapat berupa potongan ujung, sisa pemotongan kupasan, serutan dan seruk gergajian kayu yang kesemuanya digunakan untuk memanaskan ketel uap. Pada industri kayu lapis keperluan pemakaian bahan bakar untuk ketel uap sebesar 19,7 atau 40 % dari total limbah yang dihasilkan [4].

Batang kayu merupakan contoh aplikasi biomassa untuk energi yang pertama kali dikenal. Pembakaran kayu untuk penerangan dan penghangat telah dikenal oleh manusia sejak ribuan tahun yang lalu.

Menurut Departemen Kehutanan Republik Indonesia [5]. penggunaan kayu untuk suatu tujuan pemakaian tertentu tergantung dari sifat-sifat kayu yang bersangkutan dan persyaratan teknis yang diperlukan. Salah satu jenis kayu yang mempunyai persyaratan untuk tujuan pemakaian sebagai bahan bakar harus mempunyai berat jenis yang tinggi.

Umumnya kayu bakar yang baik adalah kayu-kayu yang mempunyai berat jenis yang besar. Balai Penelitian Kehutanan Bogor dalam Sumardjani, [6]. telah menetapkan kelas kayu bakar yang didasarkan pada berat jenis kayu yaitu:

1. Kelas I (luar biasa) Berat Jenis 900 kg/m^3 keatas.
2. Kelas II (baik sekali) Berat Jenis $750 - 950 \text{ kg/m}^3$
3. Kelas III (baik) Berat Jenis $600 - 750 \text{ kg/m}^3$.
4. Kelas IV (sederhana) Berat Jenis $450 - 600 \text{ kg/m}^3$.
5. Kelas V (buruk) Berat Jenis kurang dari 450 kg/m^3 .

Saat uji coba di Amerika, total emisi karbon yang mampu dikurangi dengan Penggunaan bio-fuel dari kayu (biomasa hutan) mencapai 22,8% sampai 80,7%. Penggunaan bio-fuel dari kayu (biomasa hutan) juga meminimalisasi potensi kebakaran hutan, yang berarti mendukung pencapaian manajemen hutan lestari, sekaligus menjadi opsi menarik ketersediaan listrik murah di pedesaan. Sekitar 500 pembangkit listrik di Amerika, pada tahun 2002, telah menggunakan kayu dan limbah kayu. Rata-rata kapasitas energinya mencapai 20 MW. [7].

Emisi Gas Buang Hasil Pembakaran

Emisi gas buang adalah sisa hasil pembakaran bahan bakar didalam mesin pembakaran dalam, mesin pembakaran luar, mesin jet yang dikeluarkan melalui sistem pembuangan mesin. Sisa hasil pembakaran berupa air (H_2O), gas CO atau disebut juga karbon monoksida yang beracun, CO_2 atau disebut juga karbon dioksida yang merupakan gas rumah kaca, NO_x senyawa nitrogen oksida, dan HC berupa senyawa Hidrat arang sebagai akibat ketidak sempurnaan proses pembakara serta partikel lepas [8].

Emisi karbon monoksida merupakan hasil pembakaran yang tidak sempurna dan merupakan bagian dari polutan yang tidak bisa terbakar. Dapat dikategorikan sebagai sebuah angka dari efisiensi pembakaran, walaupun beberapa pembelajaran menjelaskan efisiensi – efisiensi pembakaran yang semakin tinggi dengan emisi karbon monoksida yang semakin tinggi [3].

Gas buang karbon monoksida (CO) tidak berbau, tetapi beracun akibat pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna. Gas CO dapat bereaksi dengan *haemoglobin* membentuk *karbonhaemoglobin* (CO-Hb) yang selanjutnya menurunkan kemampuan darah dalam membawa oksigen. Seperseribu bagian CO dalam darah akan menyebabkan 50% haemoglobin dalam darah terikat CO [9].

Senyawa Nitrogen seperti Nitrogen Oksida (NO) dan Nitrogen Dioksida (NO_2), yang pada umumnya dikenal dengan NO_x dan N_2O . Emisi NO_x mempunyai peran penting dalam reaksi atmosfer yang dapat membentuk partikel-partikel yang berbahaya, berpengaruh pada lapisan *ozon* dan hujan asam [3].

Pengaruh gas buang *Nitrogen oksida* (NOx) terhadap lingkungan adalah gas yang tidak berbau, tidak berwarna, tetapi beracun yang dihasilkan dari proses pembakaran. Gas NO_x dapat bergabung dengan *haemoglobin* dan mengganggu penyerapan oksigen dalam darah.

NO₂ dapat menyebabkan iritasi di bagian tertentu paru-paru [9]. N₂O merupakan bagian dari gas efek rumah kaca karena perannya yang begitu potensial dalam penipisan lapisan stratosfer (*ozone*). N₂O dianggap sebagai penyebab utama dalam bencana efek rumah kaca dan penipisan *ozone*. Walaupun konsentrasi N₂O di atmosfer tergolong rendah (1100 kali lebih kecil dari CO₂), kekuatan relatif N₂O sebagai penyerap sinar inframerah diyakini sekitar 250 kali lebih besar dari CO₂. Selain itu, N₂O merupakan senyawa yang stabil, yang ditransfer ke lapisan stratosfer dimana secara fotokimia terjadi oksidasi menjadi NO, hal ini menyebabkan lapisan ozon menipis [3].

Sama halnya dengan gas karbon monoksida, gas hidrokarbon terbentuk pada pembakaran yang sangat tidak sempurna. Asap terutama terdiri dari partikel-partikel karbon yang tidak terbakar. Sedangkan gas-gas hidrokarbon adalah senyawa-senyawa karbon dan hidrogen hasil pemecahan bahan organik batubara yang belum mengalami oksida oksigen lebih lanjut. Seperti karbon monoksida, pembentukan asap dan gas-gas hidrokarbon menyebabkan rendahnya efisiensi pembakaran bahkan jauh lebih rendah dari yang diakibatkan oleh pembentukan karbon monoksida.

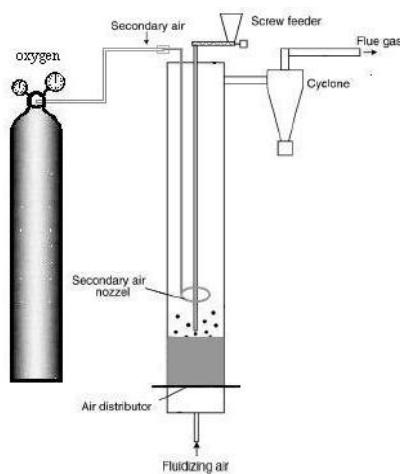
2. Metodologi Penelitian

Alat yang Dipakai

Metode pembakaran yaitu memakai *Pressurized Fluidized Bed Combustion*. Sistem pembakaran dengan metode ini dikemukakan oleh *Elliot* pada tahun 1968 dan *Malik* 1998 [10]. Pada awalnya sistem pembakaran ini dengan cara *Bubbling Fluidized Bed* (BFB), yaitu dengan membuat partikel-partikel batubara terfluida oleh gelembung-gelembung udara pada tekanan atmosfir. Sistem pembakaran BFB hampir sama dengan sistem pembakaran PFB.

Pada sistem PFB aliran udara pada bagian bawah melalui lubang-lubang halus dari distributor sehingga bahan bakar serbuk akan mengambang. Sedangkan secondary air dialirkan melalui nozel dari tabung oksigen untuk dijadikan sebagai suplai oksigen pembakaran. Oleh karena itu laju pertukaran panas di dalam *fluidized bed* semakin meninggi. Pada proses pembakaran ini, pembakaran terjadi pada tekanan tinggi yang artinya ruang pembakaran tertutup di dalam tangki bertekanan (silinder bertekanan).

Bahan bakar berupa serbuk biomassa dimasukkan dengan menggunakan saluran distributornya yang dilengkapi dengan *screw feeder*. Temperatur pembakaran pada sistem *fluidized bed* ini sekitar 850 °C. Gas hasil pembakaran yang bertekanan, akan keluar dari ruang pembakaran dan selanjutnya akan dibersihkan secara mekanis melalui *cyclone*.



Gambar: Pressurized Fluidized Bed Combustion

Alat ukur emisi gas buang adalah *Gas Emission Analyzer*.

Bahan

Sampel biomassa terdiri atas serbuk kayu Akasia, Gelam, Jati, Karet, Meranti dan Pelawan dalam ukuran ≤ 60 mesh. Kemudian dilakukan analisa proksimat, analisa ultimatum serta melakukan analisa emisi gas buang. Dari hasil analisa akan didapat data mengenai perbandingan antara material biomassa yaitu serbuk kayu Akasia, Gelam, Jati, Karet, Meranti dan Pelawan terhadap emisi gas buang.

3. Hasil dan Pembahasan

Dari tabel 1 data hasil menunjukkan pengujian analisa Ultimatum. Kadar untuk masing-masing kayu hampir tidak berbeda jauh. Ditinjau dari sisi lingkungan maka kayu karet mempunyai kadar sulfur terbesar.

Tabel 1: Analisa Ultimatum

| Biomassa Kayu | Analisa Ultimatum (%) | | | | |
|---------------|-----------------------|------|------|------|----------------|
| | C | H | N | S | O ₂ |
| Akasia | 45,26 | 5,99 | 0,38 | 0,13 | 47,99 |
| Gelam | 44,31 | 5,79 | 0,24 | 0,14 | 49,20 |
| Jati | 43,68 | 6,00 | 0,33 | 0,13 | 48,69 |
| Karet | 42,32 | 6,12 | 0,38 | 0,17 | 50,05 |
| Meranti | 44,87 | 6,46 | 0,25 | 0,11 | 47,98 |
| Pelawan | 44,90 | 5,87 | 0,20 | 0,13 | 48,13 |

Tabel 2: Analisa Proksimat

| Biomas sa Kayu | Analisa Proksimat (%) | | | | Nilai kalor i (kal/ gr) |
|----------------------|-----------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------------------------|
| | Abu | Air Lem bab | Zat Terba ng | Kar bon tetap | |
| Akasia | 0,40 | 12,8 4 | 70,78 | 15,9 8 | 3998 ,95 |
| Gelam | 0,60 | 12,2 9 | 70,69 | 16,4 2 | 3717 ,10 |
| Jati | 1,57 | 12,7 2 | 70,56 | 15,1 5 | 4067 ,60 |
| Karet | 0,82 | 13,2 4 | 70,76 | 15,1 8 | 3933 ,51 |
| Meranti | 0,35 | 12,9 2 | 69,87 | 16,8 6 | 4173 ,10 |
| Pelawa n | 0,36 | 12,3 6 | 71,52 | 15,7 6 | 3956 ,70 |

Untuk analisa proksimat (tabel 2), kayu jati berkadar abu terbesar yaitu 1,57%. Dalam hal ini, kadar abu yang tinggi merupakan satu bentuk polutan, dan abu ini bisa berupa abu terbang atau abu tertinggal. Air lembab dari kayu karet menunjukkan kayu ini pada saat awal pembakaran akan lebih sulit terbakar dibanding dengan jenis kayu lainnya.

Nilai kalori dari berbagai kayu ini menunjukkan variasi nilai yang cukup signifikan. Nilai kalori terbesar adalah dari kayu Meranti diikuti kayu Jati, dan yang terendah kayu Gelam. Untuk dapat dijadikan arang kayu, maka dari hasil proses karbonisasi, akan didapat arang kayu berupa karbon tetap. Kayu Gelam setelah kayu Meranti. ternyata terbaik diantara kayu lain, untuk dijadikan arang kayu. Nilai kalori terbesar terdapat pada kayu Meranti dengan besaran 4173,1 kal/gram. Dengan Nilai kalori terbesar dan kadar abu terendah (0,35 %) dan kadar Karbon terbesar, maka dapat dikatakan kayu Meranti adalah kayu bakar terbaik, untuk dijadikan bahan bakar biomassa.

Data Analisa Emisi Gas Buang

Emisi CO₂

Tingkat CO₂ yang tinggi mengindikasikan suatu proses pembakaran yang efisien dan tingkat CO₂ yang rendah mengindikasikan proses pembakaran yang tidak sempurna atau tidak efisien. Kadar emisi karbon dioksida (CO₂) pada serbuk kayu gelam (*Melaleuca leucadendron*) mencapai nilai tertinggi yaitu sebesar 10,64%.

Hal ini disebabkan karena serbuk kayu Gelam memiliki kadar air yang sedikit yaitu 12,29 % dan *fixed Carbon* yang cukup tinggi sebesar 16,42 % serta kadar oksigen yang rendah sebesar 9%. Dengan semakin banyaknya unsur C (*karbon*) yang diubah menjadi CO₂ maka energi yang dihasilkan akan semakin tinggi. Kandungan CO₂ dibawah 5% pada manusia tidak berakibat apa-apa, tetapi apabila lebih dari 5% dapat menyesakkan pernapasan.

Tabel 3: Data Emisi Gas Buang

| Serbuk Biomassa Kayu | Emisi Gas Buang | | | |
|----------------------------|----------------------|---------|-----------|------------------------|
| | CO ₂ % | CO % | HC ppm | NO _x ppm |
| Akasia | 8,51 | 0,38 | 27 | 53 |
| Gelam | 10,64 | 0,44 | 46 | 65 |
| Jati | 8,29 | 0,53 | 45 | 60 |
| Karet | 7,56 | 0,18 | 29 | 52 |
| Meranti | 9,01 | 0,24 | 28 | 42 |
| Pelawan | 8,11 | 0,23 | 30 | 36 |

Emisi CO

Gas karbon monoksida (CO) terbentuk pada pembakaran tidak sempurna. Gas ini dihasilkan dari proses oksidasi bahan bakar yang tidak sempurna.

Pada pembakaran biomassa serbuk kayu, kadar CO tertinggi terdapat pada serbuk kayu jati sebesar 0,53 %, ini disebabkan pada serbuk kayu tersebut memiliki kadar karbon tetap (*fixed Carbon*) sangat rendah yaitu 15,15 %, kadar air cukup tinggi 12,72 % dan kandungan abu yang sangat tinggi sebesar 1,57% hal ini dapat menghambat terjadinya pembakaran sempurna dan menghasilkan gas CO, serta zat terbang yang cukup rendah, dimana zat terbang tersebut sangat membantu dalam proses penyalaan serbuk kayu.

Pengaruh gas buang karbon monoksida (CO) adalah tidak berbau, tetapi beracun akibat pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna. Gas CO dapat bereaksi dengan *haemoglobin* membentuk *karbonhaemoglobin* (CO-Hb) yang selanjutnya menurunkan kemampuan darah dalam

membawa oksigen. Seperseribu bagian CO dalam darah akan menyebabkan 50% haemoglobin dalam darah terikat CO [9].

Emisi HC

Sama halnya dengan gas karbon monoksida, gas hidrokarbon terbentuk pada pembakaran yang sangat tidak sempurna. Asap terutama terdiri dari partikel-partikel karbon yang tidak terbakar. Sedangkan gas-gas hidrokarbon adalah senyawa-senyawa karbon dan hidrogen hasil pemecahan bahan organik batubara yang belum mengalami oksida oksigen lebih lanjut. Seperti karbon monoksida, pembentukan asap dan gas-gas hidrokarbon menyebabkan rendahnya efisiensi pembakaran bahkan jauh lebih rendah dari yang diakibatkan oleh pembentukan karbon monoksida.

Pada penelitian ini serbuk kayu akasia memiliki nilai hidrokarbon yang paling kecil, yaitu mencapai 27 ppm. Ini disebabkan karena serbuk kayu akasia mengandung kadar abu cukup kecil yaitu 0,40%, kadar air yang tinggi yaitu sebesar 12,84% dan zat terbang yang cukup tinggi 70,78%. Dengan kadar air yang rendah dan zat terbang yang tinggi dapat menyebabkan serbuk kayu ini lebih mudah terbakar sehingga dapat mengurangi emisi HC.

Emisi NO_x.

Emisi NO_x yang pada umumnya dikenal dengan Nitrogen Oksida (NO) dan Nitrogen Dioksida (NO₂), merupakan emisi yang mempunyai peran penting dalam reaksi atmosfer yang dapat membentuk partikel-partikel yang berbahaya dan berpengaruh pada lapisan *ozon* dan hujan asam (*acid rain*).

Pada penelitian yang dilakukan emisi NO_x pada serbuk kayu gelam sangat tinggi yaitu sebesar 65 ppm, hal ini disebabkan supply oksigen yang sedikit yaitu sebesar 9,00%. Pengaruh gas buang *Nitrogen oksida* (NO_x) terhadap lingkungan adalah gas yang tidak berbau, tidak berwarna, tetapi beracun yang dihasilkan dari proses pembakaran. Gas NO_x dapat bergabung dengan *haemoglobin* dan mengganggu penyerapan oksigen dalam darah. NO₂ dapat menyebabkan iritasi di bagian tertentu paru-paru.

4. Kesimpulan

Dari enam jenis serbuk Biomassa yang dipakai sebagai sampel, serbuk kayu Meranti (*Shorea* sp.) merupakan jenis kayu yang mempunyai komposisi kadar emisi gas buang terendah yaitu CO₂ sebesar 9,01% ; CO sebesar 0,24% ; HC sebesar 28 ppm ; O₂ sebesar 9,33% dan NO_x sebesar 42 ppm.

Kayu Meranti (*Shorea* sp.) juga memiliki nilai kalori yang tinggi dibandingkan serbuk biomassa lainnya (serbuk kayu Akasia, Gelam, Jati, Karet dan Pelawan), yaitu sebesar 4173,10 kal/gr.

DAFTAR PUSTAKA

- [1].Rohman, Saepul. *Biomass To Liquid (Kayu dan Rerumputan)*. [1952](http://majarimagazine.com/2009/02/biomass-to-liquid-kayu-dan-rerumputan/>.2009.,(diunduh 5/02/2009).</p></div><div data-bbox=)

SEMINAR NASIONAL TAHUNAN TEKNIK MESIN (SNTTM) - VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-14 Agustus 2009

- [2].Suyitno dan Istanto. *Pengolahan Biomassa*. <http://kajian-energi.blogspot.com/2008/06/pengolahan-biomass.html>. 2008. (diunduh 17/05/2009).
- [3].Khan, A.A; De Jong, W; Jansens, P.J; Spliethoff, H., *"Biomass Combustion in Fluidized Bed Boilers: Potential Problems and Remedies"*, www.sciencedirect.com. 2008., p. 21-50.
- [4].Pari, G. *"Teknologi Alternatif Pemanfaatan Limbah Industri Pengolahan kayu"*. http://tumoutou.net/702_04212/gustan_pari.htm. 2002., (diunduh 22/03/2009).
- [5].Departemen Kehutanan R.I. *"Sifat-sifat Kayu dan Penggunaannya"*. <http://materialsupply.wordpress.com/2007/08/13/sifat-sifat-kayu-dan-penggunaannya/>. 2007. (diunduh 14/03/2009).
- [6].Sumardjani & Waluyo. *"Analisa Konsumsi Kayu nasional"* www.rimbawan.com/APHI0611/KUMPULAN_TULISAN/2007/agustus_2007/KKN_02mei07_a.pdf. 2007., (diunduh 25/02/2009).
- [7].Hariyanto. *"Kayu Bakar, Bio-fuel, dan Kelestarian Hutan"*. <http://www.pewarta-kabarindonesia.blogspot.com/>. 2008., (diunduh 22/03/2009).
- [8].*"Emisi Gas Buang"*. Wikipedia Bahasa Indonesia. <http://cepot.wordpress.com/2006/11/04/analisa-emisi-gas-buang/>. 2008.
- [9]. Nukman dan Hasan Basri. *"Clean Coal Technology : Pengurangan Kadar Abu dan Sulfur dari Batubara dengan Metode Aglomerasi Air – Minyak Sawit"*. Internasional Seminar On Green Technology and Engineering. Malahayati University. 2007.
- [10].Sukandarrumidi, *"Batubara dan Pemanfaatannya; Pengantar Teknologi Batubara Menuju Lingkungan Bersih"*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, 2006.