**EMISI GAS BUANG BIOMASSA DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM PRESSURIZED FLUIDIZED BED COMBUSTION**

Erna Yuliwati\*

*cDepartment of Industrial Engineering, Faculty of Engineering,*

*Universitas Bina Darma, Sumatera Selatan, Indonesia*

*Tel. +62 (711) 515-679*

\**Corresponding author:* erna\_yuliwati@yahoo.com

***Ringkasan***

*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 CO2 (Karbon Dioksida), CO (Karbon Monoksida), HC (Hidro Karbon),dan NOx (Nitrogen Oksida)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.Penelitian ini dilakukan terhadap tumbuhan batang kayu antara lain serbuk kayu Jati (Tectona grandis), Karet (Hevea raziliensis), Meranti (Shorea sp.)dan Pelawan (Tristania sp.).Tujuan penelitian ini adalah mengetahui secara umum perbandingan nilai kalori, analisa proksimat, analisa ultimat, dan khususnya pada gas buang hasil pembakaran serbuk biomassa.Sistem pembakaran yang dipakai adalah Pressurized Fluidized Bed Combustion (PFBC), sistem ini dirancang untuk dapat menghasilkan emisi gas buang yang bersih. Sedangkan alat ukur emisi gas buang yang dipakai adalah Gas Emission Analizer.Analisa proksimat menunjukkan nilai maksimum untuk kadar air pada serbuk kayu karetsebesar 13,24%, kadar zat terbang pada serbuk kayu Pelawansebesar 71,52% dan kadar abu pada serbuk kayu Jatisebesar 1,57% serta kadar karbon tetap pada serbuk kayu Merantisebesar16,86%.Analisaultimatmenunjukkan nilai maksimum kadar karbon pada serbuk kayu Pelawan sebesar 44,90%, kadar Hidrogen pada serbuk kayu Merantisebesar 6,46%, kadar Nitrogenpada serbuk kayuKaret sebesar 0,38%, kadar Sulfur pada serbuk kayu Karetsebesar 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 CO2sebesar 9,01%, CO sebesar 0,24%, HC sebesar 28 ppm, dan NOx  sebesar 42 ppm.*

***Kata Kunci*** *: Biomassa, Serbuk Kayu, Emisi dan Pressurized Fluidized Bed Combustion.*

**1. PENDAHULUAN**

**Latar Belakang**

Beberapa tahun terakhir ini energi merupakan persoalan yang krusial didunia. Peningkatan permintaan energi yang disebabkan oleh pertumbuhan populasi penduduk dan menipisnya sumber cadangan minyak dunia serta permasalahan emisi dari bahan bakar fosil memberikan tekanan kepada setiap negara untuk segera memproduksi dan menggunakan energi terbaharukan. Selain itu, peningkatan harga minyak dunia hingga mencapai 100 U$ per barel juga menjadi alasan yang serius yang menimpa banyak negara di dunia terutama negara Indonesia (Pambudi, 2009).

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 (Rohman, 2009).

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 halini menurut Suyitno dan Istanto (2005) 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 didefenisikan 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 (Khan-dkk, 2008) :

1. Residu primer : hasil-hasil dari perkebunan pangan dan hasil-hasil hutan (kayu, jerami, gandum, jagung dan lain-lain).
2. Residu sekunder :sisa dari hasilproses produksi makanan yang dijadikan bahan biomassa atau bahan-bahan biomassa (serbuk gergaji, gilingan kertas, industri minuman, bibit-bibit apricot dan lain-lain).
3. Residu tersier :Hasil dari komoditas biomassa yang telah digunakan (sampah dan limbah-limbah kayu).
4. Energidari 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.(Khan-dkk, 2008).

Sifat bahan bakar yang paling penting yang memberikan pengaruh pertama dari bahan bakar khusus adalah analisa proksimat dan ultimat, nilai panas 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 (Khan-dkk, 2008).

1. **Nilai Kalori (*Heating value*)**

Nilai panas disebut juga dengan nilai kalor dari biomassa dapat didefenisikan dengan *Higher Heating Value* (HHV), yang secara dasar kandungan energi pada saat keadaan kering. Nilai panas yang rendah dihitung dengan mengurangkan energi yang dibutuhkan dengan penguapan kadar kelembaban pada bahan bakar. Bahan bakar biomassa mempunyai nilai kalor yang lebih rendah dibandingkan dengan batubara.C (*carbon*) dan H (*hidrogen*) cenderung menaikkan nilai kalor sementara oksigen menguranginya.Kadar *lignin* dari *lignoselulotik* bahan bakar umumnya memiliki korelasi yang kuat dengan nilai kalor.Nilai kalor yang tinggi dari *lignin*dilaporkan menjadi lebih tinggi di bandingkan *selulosa* dan *hemiselulosa*. Kemudian nilai kalor yang rendah akan menaikkan derajat dari oksidasi (Khan-dkk, 2008, p.26).

1. **Kadar Air (*Moisture content*)**

Kadar air biomassa dapat berbeda-beda pada rentang yang bermacam-macam, berkisar 10 s.d.70 %.Kadar air mempengaruhi pembakaran dan volume produksi pipa gas per unit energi. Nilai kalor dari bahan bakar berkurang dengan menaiknya kadarair. Untuk biofuel yang mempunyai kadarair yang sangat tinggi, beberapa masalah mungkin dialami selama pembakaran. Kadar air tinggi dapat menyebabkan persoalan pembakaran dan mengurangi temperatur pembakaran yang mengganggu pembakaran dari hasil reaksi dan sebagai akibat efek kualitas pembakaran. Selanjutnya, kadarair yang tinggi berperan penting untuk pemakaian bahan bakar yang menghasilkan jumlah sisa gas yang besar oleh karena itu memerlukan ukuran alat yang besar. Kehadiran air pada biomassa mempengaruhi sifat selama proses *pirolisis* (tingkat pengubahan utama selama proses pembakaran) dan efek sifat fisik serta kualitas dari gas *pirolisis* (Khan-dkk, 2008).

1. **Zat Terbang (*Volatile Matter*)**

Biomassa umumnya mempunyai kadar volatile yang sangat tinggi, volatile selanjutnya dibagi dengan gas seperti HC, CO, CO2, Hidrogen, air dan arang. Hasilnya bergantung pada temperatur dan tingkat panas dari *pirolisis*.Keuntungan tingginya bagian *volatile*, biofuel adalah mudah membakar dalam temperatur rendah.Kadar *volatile* tinggi dari biomassa mempengaruhi sistem dalam jalur yang berbeda.Pembakaran biomassa diharapkan terjadi pada tingkat aliran yang tepat sehingga dapat dikontrol sedemikian rupa.Jumlah dari *devolatilisasi* bahan bakar selama tingkat *pirolisis* dari pembakaran meningkat dengan meningkatnya hidrogen pada perbandingan karbon dan sebuah tingkat yang lebih sedikit dengan peningkatan oksigen ke perbandingan karbon. Dalam perbandingan dengan batubara *antrasit* atau batubara keras yang mengkilap kurang dari 10% dan batubara muda 5 s.d.6%, Biomass dapat kehilangan massanya hingga 10% dalam tahap pertama pembakaran. Sebuah *volatille* khas hilang selama pirolisis awal dari biomassa kira-kira 75% (Khan-dkk, 2008).

1. **Kadar Abu (*Ash Content*)**

Abu adalah bagian anorganik yang tidak dapat terbakar dari bahan bakar yang tertinggal setelah pembakaran sempurna, mengandung sebagian besar mineral dari biomassa asli. Material anorganik dalam biomassa dapat dibagi menjadi dua bagian, satu yang menjadi sifat dasarnya atau melekat dalam bahan bakar dan yang lain adalah yang ditambahkan ke dalam bahan bakar dengan proses yang teliti (Khan-dkk, 2008).

Sifat dasar abu yang penting dari elemen-elemen dasar biomassa menyertakan Si, Al, Ti, Fe, Ca, Mg, Na, K, S dan P. Kadar abu bervariasi dari beberapa biofuel dengan yang lain. Dapat berbeda hingga < 1% (kayu atau serbuk kayu) mencapai 30 s.d. 40% (*residu green house*). Dengan abu yang tinggi terkandung dalam bahan bakar, efesiensi sistem penghilangan debu yang cocok adalah dengan penanganan emisi yang khusus. Juga persentasi abu yang tinggi dapat menurunkan nilai panas dari bahan bakar. Pelepasan secara otomatis yang diedarkan material anorganik dari partikel bahan bakar adalah dipengaruhi oleh sifat dasar volatile dan reaksi dari bagian organik bahan bakar (Khan-dkk, 2008).

Limbah industri pengolahan kayu terdiri dari limbah yang dihasilkan industri kayu lapis, pengergajian dan pengerjaan kayu yang berupa potongan ujung, sabetan, sisa kupasan, tatal dan serbuk gergajian. Menurut Gustan Pari (2002),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 (Pari, 2002).

* **Biomassa Kayu**

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 (2007), 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 (B.J) yang tinggi.

Umumnya kayu bakar yang baik adalah kayu-kayu yang mempunyai berat jenis yang besar. Balai Penelitian Kehutanan Bogor dalam Sumardjani, 2007 telah menetapkan kelas kayu bakar yang didasarkan pada berat jenis kayu yaitu:

• 1. Kelas I (luar biasa) Berat Jenis900 kg/m3 keatas.

• 2. Kelas II (baik sekali) Berat Jenis750 – 950 kg/m3.

• 3. Kelas III (baik) Berat Jenis600 – 750 kg/m3.

• 4. Kelas IV (sederhana) Berat Jenis450 – 600 kg/m3.

• 5. Kelas V (buruk) Berat Jeniskurang dari 450 kg/m3.

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.(Hariyanto, 2008).

* **Emisi Gas Buang Hasil Pembakaran Biomassa**

Emisi gas buang adalah sisa hasil pembakaran bahan bakar didalam [mesin pembakaran dalam](http://id.wikipedia.org/wiki/Mesin_pembakaran_dalam), mesin pembakaran luar, mesin jet yang dikeluarkan melalui [sistem pembuangan](http://id.wikipedia.org/wiki/Sistem_pembuangan)[mesin](http://id.wikipedia.org/wiki/Mesin).Sisa hasil pembakaran berupa [air](http://id.wikipedia.org/wiki/Air) (H2O), gas CO atau disebut juga [karbon monoksida](http://id.wikipedia.org/wiki/Karbon_monooksida) yang beracun, CO2 atau disebut juga [karbon dioksida](http://id.wikipedia.org/wiki/Karbon_dioksida) yang merupakan [gas rumah kaca](http://id.wikipedia.org/wiki/Gas_rumah_kaca), NOx senyawa [nitrogen](http://id.wikipedia.org/wiki/Nitrogen) oksida, dan HC berupa senyawa Hidrat arang sebagai akibat ketidaksempurnaan proses pembakara serta partikel lepas (Wikipedia bahasa Indonesia, 2008).

* ***Emisi CO***

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 (Khan-dkk, 2008., p.35).

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 (Suganal, 2000 dalam Nukman dan Hasan Basri, 2007).

* ***Emisi NOx***

Senyawa Nitrogen seperti Nitrogen Oksida (NO) dan Nitrogen Dioksida (NO2), yang pada umumnya dikenal dengan NOx dan N2O. Emisi NOx mempunyai peran penting dalam reaksi atmosfer yang dapat membentuk partikel–partikel yang berbahaya, berpengaruh pada lapisan *ozon* dan hujan asam (Khan-dkk, 2008.,p.35).

Pengaruh gas buang *Nitrogen oksida* (NOx) terhadap lingkungan adalah gas yang tidak berbau, tidak berwarna, tetapi beracun yang dihasilkan dari proses pembakaran. Gas NOx dapat bergabung dengan *haemoglobin*  dan mengganggu penyerapan oksigen dalam darah. NO2 dapat menyebabkan iritasi di bagian tertentu paru-paru (Suganal, 2000 dalam Nukman dan Hasan Basri, 2007).

* ***Emisi N2O***

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 (Khan-dkk, 2008.,p. 38).

* ***Emisi SOx***

Merupakan fakta yang tak dapat dipungkiri bahwa SOx merupakan penyebab terjadinya hujan asam.Juga, sulfur dan klorin dapat berperan penting dalam korosi komponen ketel uap.Sulfur terdapat pada tumbuh – tumbuhan yang organic (*asam amino dan sulfolipid*) dan pada inorganik (*sulfat*). Konsentrasi sulfur yang organik umumnya konstan tetapi sulfur inorganik dapat bermacam – macam (Khan-dkk, 2008., p. 39).

Menurut Suganal, 2000 dalam Nukman dan Hasan Basri, 2007. Pengaruh gas buang *Sulfur Oksida* (SOx) terhadap lingkungan adalah gas yang bersifat korosif dan beracun.Gas SO2 menyebabkan iritasi membran lendir pada daerah pernapasan serta menyebabkan penyakit pernapasan kronis khususnya *bronchitis*.

* **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.

* ***Pressurized Fluidized Bed Combustion***

Sistem pembakaran dengan metode ini dikemukakan oleh *Elliot*pada tahun 1968 (*Malik* 1998*dalam* Sukandarrumidi, 2006). 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 dengan sistem pembakaran PFB.

Pada sistem PFB aliran udara untuk pembakaran diberi tekanan 10 *bar* atau lebih dengan menggunakan kompresor udara. 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 (*pressure vessel*).

Ukuran biomassa yang dipakai dalam sistem pembakaran ini adalah 6 s.d. 20 mm, yang dimasukkan dengan menggunakan saluran distributornya. Kemudian pada sistem pembakaran ini juga dimasukan batu kapur *(limestone)* agar pada saat pembakaran juga terjadi *desulfurisasi*.Temperatur pembakaran pada sistem *fluidized bed* ini sekitar 850 0C.

Pada pembakaran ini terdapat pipa-pipa yang berfungsi sebagai pendingin. Sehingga dapat membatasi temperatur pembakaran sekitar850 0C. Temperatur pembakaran yang relatif rendah ini menyababkan produksi NOx menjadi lebih sedikit dan mencegah proses *slagging*.

Gas hasil pembakaran yang bertekanan, akan keluar dari ruang pembakaran dan selanjutnya akan dibersihkan secara mekanis melalui *cyclone*. Untuk skala besar ditambah modofikasi pada alat ini gas yang telah dibersihkan ini selanjutnya dapat dimanfaatkan sebagai penggerak dari pada turbin gas. Output dari turbin gas ini sebagian digunakan untuk menggerakkan kompresor dan sebagian untuk menggerakkan generator penghasil listrik.

 Sampel biomassa terdiri atas serbuk kayu Akasia, Gelam, Jati, Karet, Meranti dan Pelawan.Sedangkan alat yang digunakan adalah Kemudian dilakukan analisa proksimat,analisa ultimat 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 Pelawanterhadap emisi gas buang setelah data didapat kita dapat menarik kesimpulan mengenai percobaan yang telah dilakukan.



**2. METODOLOGI PENELITIAN**

* **Alat dan Bahan**

 Alat yang digunakan dalam pengujian emisi gas buang ini adalah : Fluidizing Air, Air Distributor, Bed, Pipa Combustor, Plat penutup bagian atas, Screw Feeder, Secondary Air, Pipa Penghubung, Cyclone, Tabung Oksigen dan Regulator, Kompresor, Kaca mata, Masker dan sarung Tangan, Penyangga pipa Combustor, Selang Oksigen, selang Kompresor, Gergaji, Mortal, Ayakan, Gas Emission Analizer, Termokopel dan Stopwatch.

Bahan yang digunakan dalam pengujian emisi gas buang adalah :serbuk kayu Akasia, Gelam, Jati, Karet, Meranti dan Pelawan, dengan ukuran ≤ 60 mesh.

***Gambar 1.1 Pressurized Fluidized Bed Combustion***

* **Diagram alir Metodelogi Eksperimental**

**Mulai**

Preparasi Bahan

**BIOMASSA**

**Serbuk kayu**

Uji Emisi Gas Buang

Analisa Proksimat

Analisa Ultimat

Data Eksperimental

Pembahasan

* **Prosedur Percobaan**

 Berikut ini merupakan prosedur percobaan dari pengujian emisi gas buang menggunakan *Gas Emission Analizer*:

1. Siapkan Alat dan Bahan
2. Susun atau rakit alat sesuai yang dibutuhkan (lihat lampiran, *Pressurized Fluidized Bed Combution*).
3. Masukkan kayu tipis berbentuk lidi yang telah terbakar ke dalam lubang pengukur temperatur pada pipa *combustion* yang bertujuan sebagai pemicu pada pembakaran biomassa didalam tabung.
4. Masukan sampel serbuk kayu kedalam pipa *combustor* sedikit demi sedikit melalui *Screw feeder* , sambil dialirkan oksigen murni melalui *secondary air* yang bertujuan untuk membantu terjadinya pembakaran diruang bakar.
5. Dari bagian bawah ruang pembakaran dialirkan udara yang berasal dari *kompresor* yang melalui *primary air*, *airdistributor* dan kemudian melalui *bed*. didalam ruang bakar akan terjadi pengadukan atau akan terjadinya pergerakan partikel yang turbulen.
6. Biarkan pembakaran didalam ruang bakar selama ± 15 menit, diikuti dengan penambahan serbuk kayu sedikit demi sedikit. Agar pembakaran didalam ruang bakar tetap terjaga.
7. Hitung Temperatur yang terjadi pada saat pembakarn terjadi dengan menggunakan *Termokopel*.
8. Gas buang (*flue gas*) yang keluar dari *cyclone* diukur dengan menggunakan *Gas Emission Analizer.*
9. Masukkan selang dari alat ukur *Gas Emission Analizer* kedalam pipa *flue gas* pada *cyclone*, lalu lihat, catat, dan print data yang terbaca pada alat *Gas Emission Analizer* tersebut.

|  |  |
| --- | --- |
| **Serbuk Biomassa** | **Analisa Ultimat** |
| **Karbon (C)%** | **Hidrogen (H)%** | **Nitrogen (N)%** | **Sulfur (S)%** | **Oksigen (O2) %** |
| **kayu Jati** | **43,68** | **6,00** | **0,33** | **0,13** | **48,69** |
| **kayu Karet** | **42,32** | **6,12** | **0,38** | **0,17** | **50,05** |
| **kayu Meranti** | **44,87** | **6,46** | **0,25** | **0,11** | **47,98** |
| **kayu Pelawan** | **44,90** | **5,87** | **0,20** | **0,13** | **48,13** |

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

* **Tabel Data Hasil Analisa Ultimat**

 Dari tabel data hasil diatas menunjukkan pengujian analisa Ultimat, berupa kadar karbon yang terkandung pada setiap sampel serbuk biomassa yaitu sebagai berikut serbuk kayu Pelawan (*Tristania*sp.*)* 44,90% ; serbuk kayu Meranti (*Shorea* sp.) 44,87% ; serbuk kayu Jati (*Tectona grandis*) 43,68%; dan serbuk kayu Karet (*Hevearaziliensis)* 42,32%.

 Untuk kadar Hidrogen yang terkandung pada setiap sampel serbuk biomassa dapat diurutkan sebagai berikut serbuk kayu Meranti (*Shorea* sp.) 6,46% ; serbuk kayu Karet (*Hevearaziliensis)* 6,12% ; serbuk kayu Jati (*Tectona grandis*) 6,00%; serbuk kayu Pelawan (*Tristania*sp.*)* 5,87%.

Kadar Nitrogen yang terkandung pada setiap sampel serbuk biomassa dapat diurutkan sebagai berikut serbuk kayu Karet (*Hevearaziliensis)* 0,38%; serbuk kayu Jati (*Tectona grandis*) 0,33% ; serbuk kayu Meranti (*Shorea* sp.) 0,25% ; serbuk kayu Pelawan (*Tristanium* sp.*)* 0,20%.

 Untuk kadar Sulfur yang terkandung pada setiap sampel serbuk biomassa dapat diurutkan sebagai berikut serbuk kayu Karet (*Hevearaziliensis)* 0,17% ; serbuk kayu Jati (*Tectona grandis*) 0,13% ; serbuk kayu Pelawan (*Tristanium* sp.*)* 0,13% ; serbuk kayu Meranti (*Shorea* sp.) 0,11%.

 Sedangkan untuk Oksigen yang terkandung pada setiap sampel serbuk biomassa dapat diurutkan sebagai berikut serbuk kayu Karet (*Hevearaziliensis)* 50,05%; serbuk kayu Jati (*Tectona grandis*) 48,69% ; serbuk kayu Pelawan (*Tristania*sp.*)* 48,13%; serbuk kayu Meranti (*Shorea* sp.) 47,98%.

* **Tabel Data Hasil Analisa Proksimat**

|  |  |
| --- | --- |
| **Serbuk Biomassa** | **Analisa Proksimat** |
| **Kadar Abu****%** | **Kadar Air Lembab****%** | **Kadar Zat Terbang****%** | **Kadar karbon tetap****%** |
| **kayu Jati** | **1,57** | **12,72** | **70,56** | **15,15** |
| **kayu Karet** | **0,82** | **13,24** | **70,76** | **15,18** |
| **kayu Meranti** | **0,35** | **12,92** | **69,87** | **16,86** |
| **kayu Pelawan** | **0,36** | **12,36** | **71,52** | **15,76** |

Dari tabel uji proksimat di atas dapat dilihat kadar Air lembab (*Moisture in air died*), dengan metode ASTM : D 3173-03(06) yang terkandung pada setiap sampel serbuk biomassa dapat diurutkan sebagai berikut serbuk kayu Karet (*Hevearaziliensis)* 13,24% ; serbuk kayu Meranti (*Shorea* sp.) 12,92%; serbuk kayu Jati (*Tectona grandis*) 12,72% ; serbuk kayu Pelawan (*Tristania*sp.*)* 12,36%.

 Untuk kadar Air abu (*Ash Content*), dengan metode ASTM : D 3174-04(06) yang terkandung pada setiap sampel serbuk biomassa dapat diurutkan sebagai berikut serbuk kayu Jati (*Tectona grandis*) 1,57% ; serbuk kayu Karet (*Hevearaziliensis)* 0,82%; serbuk kayu Pelawan (*Tristania*sp.*)* 0,36% ; serbuk kayu Meranti (*Shorea* sp.) 0,3 % .

 Kadar Zat terbang (*Volatile Matter*), dengan metode ASTM : D.3175-02(05) yang terkandung pada setiap sampel serbuk biomassa dapat diurutkan sebagai berikut serbuk kayu Pelawan (*Tristanium* sp.*)* 71,52%; serbuk kayu Karet (*Hevearaziliensis)* 70,76% ; serbuk kayu Jati (*Tectona grandis*) 70,56% ; serbuk kayu Meranti (*Shorea* sp.) 69,87% Dan untuk kadar Karbon tetap (*Fixed Carbon*), yang terkandung pada setiap sampel serbuk biomassa dapat diurutkan sebagai berikut serbuk kayu Meranti (*Shorea* sp.) 16,86%; serbuk kayu Pelawan (*Tristanium* sp.*)* 15,76% ; serbuk kayu Karet (*Hevearaziliensis)* 15,18% ; serbuk kayu Jati (*Tectona grandis*) 15,15%.

* **Data Hasil Nilai Kalor**

|  |  |
| --- | --- |
| **Serbuk Biomassa** | **Nilai kalor****(kal/gr)** |
| **kayu Jati** | **4067,60** |
| **kayu Karet** | **3933,51** |
| **kayu Meranti** | **4173,10** |
| **kayu Pelawan** | **3956,70** |

 Data hasil nilai kalor yang terkandung pada setiap sampel serbuk biomassa dapat diurutkan sebagai berikut serbuk serbuk kayu Meranti (*Shorea* sp.) 4173,10 kal/gr ; serbuk kayu Jati (*Tectona grandis*) 4067,60 kal/gr; serbuk kayu Pelawan (*Tristanium* sp.*)* 3956,70 kal/gr ; kayu Karet (*Hevearaziliensis)* 3933,51 kal/gr.

* **Data Hasil Analisa Emisi Gas Buang**

|  |  |
| --- | --- |
| **Serbuk Biomassa** | **Emisi Gas Buang** |
| **CO2****%** | **CO****%** | **HC****ppm** | **NOx****ppm** |
| **kayu Jati** | **8,29** | **0,53** | **45** | **60** |
| **kayu Karet** | **7,56** | **0,18** | **29** | **52** |
| **kayu Meranti** | **9,01** | **0,24** | **28** | **42** |
| **kayu Pelawan** | **8,11** | **0,23** | **30** | **36** |

 Pada pengujian emisi gas buang ini bahan bakar biomassa dipakai sebanyak 500 gram, supply oksigen murni 5 s.d. 10 kg/cm2, supply oksigen dari kompresor sebesar ½ (setengah) bukaan katup, dan pada pengujian emisi gas buang dilakukan juga perhitungkan nilai dari temperatur pembakaran.

* **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 meranti mencapai nilai tertinggi yaitu sebesar 9,01%. Hal ini disebabkan karena serbuk kayu meranti memiliki kadar air yang sedikit yaitu 12,92 % dan *fixed Carbon* yang cukup tinggi sebesar 16,86 % serta kadar oksigen yang rendah. 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.Gas ini juga dapat menyebabkan kenaikan temperatur bumi, mencairkan es di kutub dan menaikkan permukaan air laut.

* **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 (Suganal, 2000 dalam Nukman dan Hasan Basri, 2007).

* **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 28 ppm. Ini disebabkan karena serbuk kayu meranti mengandung kadar abu kecil yaitu 0,35%, kadar air yang tinggi yaitu sebesar 12,92% dan zat terbang 69,87%. Dengan kadar air yang rendah dan zat terbang yang tinggi dapat menyebabkan serbuk kayu ini lebih mudah terbakar sehingga dapat mengurangi emisi HC

* **Emisi NOx**.

 Emisi NOx 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 NOx pada serbuk kayu jati sangat tinggi yaitu sebesar 60 ppm, hal ini disebabkan supply oksigen yang sedikit.

 Pengaruh gas buang *Nitrogen oksida* (NOx) terhadap lingkungan adalah gas yang tidak berbau, tidak berwarna, tetapi beracun yang dihasilkan dari proses pembakaran. Gas NOx 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 NOx 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. Agung, Pambudi. *Pemanfaatan Biogas Sebagai Energi Alternatif.* [http://www.dikti.org/?q=node/99. 2009](http://www.dikti.org/?q=node/99.%202009)., (diunduh 25/02/2009).
2. Annonimous.”*BahanBakar”*.<http://id.wikipedia.org/wiki/Bahan_bakar>[http://id.wikipedia.org/wiki/Bahan\_bakar\_fosil. 2009](http://id.wikipedia.org/wiki/Bahan_bakar_fosil.%202009).
3. Annonimous.”*Emisi Gas Buang”*. Wikipedia Bahasa Indonesia. <http://cepot.wordpress.com/2006/11/04/analisa-emisi-gas-buang/>. 2008.
4. Asep, Suntana. *Biofuel, Begitu Burukkah?.*<http://kpshk.org/index.php?option=com_content&task=view&id=109&Itemid=59>. 2005., (diunduh 25/02/2009).
5. Badan Kehutanan Propinsi Sumatera Selatan. “*Sifat dan kegunaan 120 jenis kayu perdagangan Indonesia*. <http://www.dephut.go.id/INFORMASI/PROPINSI/SUMSEL/SUMSEL.HTM>., (diunduh 22/02/2009).
6. Badan LITBANG Departemen Kehutanan. “*Pedoman teknis penanaman jenis-jenis kayu komersil”.*[http://www.bpthsulawesi.net/index.php?option=com\_content&task=view&id=40&Itemid=57](http://www.bpth-sulawesi.net/index.php?option=com_content&task=view&id=40&Itemid=57). 1994.
7. Badan Revitalisasi Industri Kehutanan menurut [SK Nomor 163/Kpts-II/2003](http://www.brikonline.com/images/stories/brik/per2003/menhut_no_163_2003_psdh.pdf), “*Kelompok Rimba Campuran”*, [http://www.brikonline.com/images/stories/brik/per2003/menhut\_no\_163\_2003\_psdh.pdf. 2003](http://www.brikonline.com/images/stories/brik/per2003/menhut_no_163_2003_psdh.pdf.%202003). (diunduh 14/03/2009).
8. Cahyono, E. D.  “*Pemanfaatan Limba Gergaji kayu untuk Pot Organik Sebagai Pengganti Polibag”*.[http://www.digilib.brawijaya.ac.id/oai. 2000](http://www.digilib.brawijaya.ac.id/oai.%202000).
9. Chandra Robyal. *“Pengaruh Pencampuran Batubara Antrasit dan sub Bituminus terhadap emisi CO, HC dan CO2 dengan menggunakan system Pressurized Fluidized Bed Combustion”.* Universitas Sriwijaya, Palembang. 2008.
10. Departemen Kehutanan R.I. “*Sifat-sifat Kayu dan Penggunannya”.*<http://materialsupply.wordpress.com/2007/08/13/sifat-sifat-kayu-dan-penggunaannya/>. 2007.,(diunduh 14/03/2009).
11. Hariyanto. “*Kayu Bakar, Bio-fuel, dan Kelestarian Hutan”*.<http://www.pewarta-kabarindonesia.blogspot.com/>. 2008., (diunduh 22/03/2009).
12. Island Boerhendhy dan Dwi Shinta Agustina.“*Potensi Pemanfaatan Kayu Karet Untuk Mendukung Peremajaan Perkebunan Karet Rakyat”.* Jurnal Litbang Pertanian,Balai Penelitian Sembawa, Pusat Penelitian Karet. Palembang - Sumatera Selatan. 2006., (diunduh 22/03/2009).
13. Khan, A.A; De Jong, W; Jansens, P.J; Spliethoff, H., ”*Biomass Combustion in Fluidized Bed Boilers: Potential Problems and Remedies”*, [www.scienedirect.com](http://www.scienedirect.com). 2008., p. 21-50.
14. Koestoer, R. A, Yulianto SN, Iwan Masri, Martino RS dan Nandy S, “*Studi Tentang Batubara; Potensi, Teknologi dan Prosfek Pemanfaatannya”,* Depok, 1997.
15. Muslich dan Sumarni. “*Standarisasi Mutu Kayu Berdasarkan Ketahanannya Terhadap Penggerek di Laut”*. Puslitbang BSN (Badan Standardisasi Nasional). Jakarta. 2008.
16. 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.
17. Pari, G. “*Teknologi Alternatif Pemanfaatan Limbah Industri Pengolahan kayu”*. <http://tumoutou.net/> 702\_04212/gustan\_pari.htm. 2002., (diunduh 22/03/2009).
18. Pisupati, Sarma V, Bruce G Miller dan Alan W Scaroni. “*Effect of Blending Low grade Anthracite with Bituminus Coal and Combustion Characteristics in a Bench Scale Simulator”.* Journal of Fuel Processing Technology*,* 1991.
19. Saepul Rohman. “*Biomass To Liquid (Kayu dan Rerumputan)”.*<http://majarimagazine.com/2009/02/biomass-to-liquid-kayu-dan-rerumputan/>.2009., (diunduh 25/02/2009).
20. Sastrapradja. “*Kayu Indonesia”*. Proyek Sumber Daya Ekonomi Lembaga Biologi Nasional - LIPI Bogor. 1979.
21. Sariyono.  “*Manfaat Serbuk Kayu”*. <http://www.indomedia.com/Intisari/2000/april/gergaji.htm>. 2000.
22. Setyawati.  “*Komposit serbuk kayu Plastik Daur ulang: Teknologi Alternatif Pemanfaatan Limbah kayudan Plastik”*. http://tumoutou.net/702\_07134/ dina\_setyawati.htm. 2003.
23. Siregar Edi Batara. “*Potensi Budidaya Jati”*, Fakultas Pertanian Program Studi Kehutanan Universitas Sumatera Utara. Medan. 2005.
24. Sipahutar Riman. “*Sistem Pembangkit Turbin Uap*”. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya. Palembang. 2006.
25. Sonia, Helle, Alfredo Gordon, Guillemo Alfaro, Ximeno Garcia, Cladia Ulloa. “*Coal Blend Combustion : Link Between Unburnt Carbon in Fly Ash and Maceral Composition”.* Journal of Fuel Technology, 2003.
26. Sukandarrumidi, “*Batubara dan Pemanfaatannya; Pengantar Teknologi Batubara Menuju Lingkungan Bersih”,* Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, 2006.
27. Sumardjani & Waluyo. “*Analisa Konsumsi Kayu nasional”*[www.rimbawan.com/APHI0611/KUMPULAN\_TULISAN/2007/agustus\_2007/KKN\_02mei07\_a.pdf](http://www.rimbawan.com/APHI0611/KUMPULAN_TULISAN/2007/agustus_2007/KKN_02mei07_a.pdf),.2007., (diunduh 25/02/2009).
28. Suyitno dan Istanto. “*Pengolahan Biomassa”*. [http://kajian-energi.blogspot.com/2008/06/pengolahan-biomass.html. 2008](http://kajian-energi.blogspot.com/2008/06/pengolahan-biomass.html.%202008)., (diunduh 17/05/2009).
29. Suyitno dan Istanto. “*Simulasi CFD Pembakaran non-Premixed Serbuk Biomassa Kayu Jati”*.<http://72.14.235.132/search?q=cache:xU81A6uDhmgJ:www.petra.ac.id/~puslit/journals/pdf.php%3FPublishedID%3DMES05070206+kayu+jati+sebagai+energi+alternatif&hl=id&ct=clnk&cd=3&gl=id>. 2005., (diunduh 25/02/2009).
30. Syarifuddin, Ismail. “*Pengantar Perbatubaraan Jurusan Teknik Kimia Fakulatas Teknik Universitas Sriwijaya”.* Palembang. 2003.
31. Tjitra Ardi. “*Menganalisa Sendiri hasil Tes Emisi Gas Buang*”.
32. <http://saft7.com/?p=102>. 2005., (diunduh 26/02/2008).
33. Ulyatu Fitrotin, Arif Surahman, dan Sri Hastuti.*“Pemanfaatan Limbah Gergaji Kayu Sebagai Pendukung Bahan Bakar Industri Keripik Singkong Skala Rumah Tangga”.*<http://ntb.litbang.deptan.go.id/2007/SP/pemanfaatanlimbah.doc>.