

PENERAPAN TEKNOLOGI TUNGKU PEMBAKARAN YANG RAMAH LINGKUNGAN DENGAN PEMANFAATAN POTENSI BIOMASSA

Rina Krisnayana

ABSTRAK

Limbah ampas aren yang berada di dukuh Margo Luwih desa Daleman kecamatan Tulung kabupaten Klaten selama ini belum dimanfaatkan sama sekali, padahal menurut warga sekita setiap harinya dihasilkan sekitar 50 ton limbah ampas aren. Sekam padi merupakan hasil samping dari proses penggilingan padi. Diperkirakan saat ini penggunaan sekam padi belum maksimal masih sebatas pada beberapa hal seperti untuk campuran makanan ternak dan bahan bakar pembuatan batubata, sedangkan produksi padi di Indonesia semakin banyak. Dengan demikian, perlu mencampurkan biomassa (ampas aren dan sekam padi) dengan batubara untuk membuat bahan bakar padat buatan berupa biobriket.

Kata Kunci : Limbah Pertanian, Biobriket, Bahan Bakar.

1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Biomassa merupakan bahan hayati yang selama ini dianggap sebagai sampah. Biomassa yang berasal dari limbah pertanian ini mempunyai sifat mudah terbakar, tetapi pembakarannya sulit dikontrol (cepat habis). Limbah pertanian ini menjadi masalah umum didaerah pedesaan karena mengganggu lingkungan. Sebagai contohnya adalah ampas aren dan sekam padi. Ampas aren merupakan hasil samping pemerahan batang pohon aren yang diambil tepungnya. Limbah ampas aren yang berada di dukuh Margo Luwih desa Daleman kecamatan Tulung kabupaten Klaten selama ini belum dimanfaatkan sama sekali, padahal menurut warga sekita setiap harinya dihasilkan sekitar 50 ton limbah ampas aren. Sekam padi merupakan hasil samping dari proses penggilingan padi.

Diperkirakan saat ini penggunaan sekam padi belum maksimal masih sebatas pada beberapa hal seperti untuk campuran makanan ternak dan bahan bakar pembuatan batubata, sedangkan produksi padi di Indonesia semakin banyak. Industri penggilingan padi mampu mengolah lebih dari 40 juta ton gabah menjadi beras giling dengan rendemen 66-80%. Bila kondisi ini berjalan sesuai dengan kapasitasnya, terdapat sekam yang dapat mengganggu lingkungan sebesar 8 juta ton.(www.disperindag-jabar.go.id, 2004).

Disisi lain, Indonesia memiliki cadangan batubara yang cukup besar untuk memasok energi selama ratusan tahun. Namun selama ini pemakaian batubara hanya sekitar 14% dari total konsumsi energi nasional. Pemakaian batubara kurang disukai karena batubara mempunyai sifat sulit terbakar,tetapi jika terbakar nyalanya cukup lama. Situasi tersebut mengakibatkan produksi batubara dalam negeri kurang optimal,(www.tekMIRA.esdm.go.id,2007).

Melihat kenyataan diatas, maka ada pemikiran untuk mencampurkan biomassa (ampas aren dan sekam padi) dengan batubara untuk membuat bahan bakar padat buatan berupa biobriket.

1.2 Perumusan Masalah

Mengingat kompleksnya permasalahan maka dalam penelitian ini didasarkan pada suatu rumusan masalah adalah “Mampukah limbah pertanian yang berupa ampas aren dan sekam padi diolah menjadi bahan bakar? Bagaimanakah karakteristik pembakaran biobriket campuran ampas aren, sekam padi, dan batubara dengan bahan perekat Aspal?”.

1.3 Pembatasan Masalah

Dalam penelitian ini masalah yang diteliti adalah karakteristik pembakaran biomassa 100% ampas aren, 100% sekam padi, dan biobriket campuran ampas aren, sekam padi, dan batubara dengan variasi komposisi 20%,20%,60%; 30%,30%,40%; dan 40%,40%,20%, serta 100% briket batubara dengan bahan perekat aspal.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang dilakukan ini adalah:

- a. Memperbaiki sifat pembakaran biomassa (ampas aren dan sekam padi) dan batubara.
- b. Menguji karakteristik pembakaran yang dihasilkan dari biomassa 100% ampas aren, 100% sekam padi, dan biobriket campuran ampas aren, sekam padi, dan batubara dengan variasi komposisi 20%,20%,60%; 30%,30%,40%; 40%,40%,20%; serta 100% briket batubara.

2 LANDASAN TEORI

2.1 Definisi Energi

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), energi adalah tenaga atau gaya untuk berbuat sesuatu. Definisi ini merupakan perumusan yang lebih luas dari pada pengertian-pengertian mengenai energi pada umumnya dianut di dunia ilmu pengetahuan. Dalam pengertian sehari-hari energi dapat didefinisikan sebagai kemampuan untuk melakukan sesuatu pekerjaan (Kadir, 1995 dikutip oleh Nodali, 2009).

Energi merupakan sektor utama dalam perekonomian Indonesia dewasa ini dan akan mengambil peranan yang lebih besar diwaktu yang akan datang baik dalam rangka penyediaan devisa, penyerapan tenaga kerja, pelestarian sumber daya energi, pembangunan nasional serta pembangunan daerah. Situasi energi di Indonesia tidak terlepas dari situasi energi dunia. Konsumsi energi dunia yang semakin meningkat menimbulkan kesempatan bagi Indonesia untuk mencari energi alternative untuk memenuhi kebutuhannya sendiri. Untuk itu perlu dilakukannya identifikasi sector mana yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber daya energi alternatif.

Seperti diketahui, Indonesia sangat berkepentingan untuk menggantikan sumber daya energi minyak dengan sumber energi lainnya karena minyak merupakan sumber daya energi yang menghasilkan devisa selain gas alam. Oleh karena itu, sector-sektor perekonomian yang dimanfaatkan minyak sedapat mungkin menggantikannya dengan sumber daya lain seperti gas alam, batubara, panas bumi, listrik tenaga air, dan biomassa yang tersedia dalam jumlah besar (Reksohadiprojo, 1988 dikutip oleh Nodali, 2009).

2.2 Definisi Bioenergi

Bioenergi adalah bahan bakar alternatif terbarukan yang prospektif untuk dikembangkan, tidak hanya karena harga minyak bumi dunia yang melonjak naik seperti sekarang ini, tetapi juga karena terbatasnya produksi minyak bumi Indonesia. Terlebih lagi dengan kondisi perenergian Indonesia saat ini, sehingga pengembangan

bioenergi semakin mendesak untuk segera dilaksanakan. Ketersediaan energi fosil yang diramalkan tidak akan berlangsung lama lagi memerlukan solusi yang tepat, yakni dengan mencari sumber energi alternatif (Hambali dkk, 2007).

Kelebihan bioenergi, selain bisa diperbaharui, adalah bersifat ramah lingkungan, dapat terurai, mampu mengeliminasi efek rumah kaca, dan kontinuitas bahan bakunya terjamin. Bioenergi dapat diperoleh dengan cara yang sederhana, yaitu melalui budi daya tanaman penghasil biofuel dan memelihara ternak.

Bioenergi diturunkan dari biomassa, yaitu material yang dihasilkan oleh makhluk hidup (tanaman, hewan, dan mikroorganisme). Indonesia memiliki banyak sumber daya alam hayati yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku bioenergi. Pengembangan bioenergi sebagai sumber energi alternatif sangat cocok diaplikasikan karena didukung oleh ketersediaan lahan yang mencukupi untuk membudidayakan tanaman penghasil bioenergi.

2.3 Peraturan Tentang Energi Baru Terbarukan Di Indonesia

Peraturan tentang energi baru terbarukan secara khusus masih diatur pada Peraturan Presiden RI No. 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional. Perpres ini bertujuan untuk menjamin keamanan pasokan energi dalam negeri dan untuk mendukung pembangunan yang berkelanjutan.

Beberapa hal yang diatur dalam Perpres No. 5 Tahun 2006 adalah :

1. Energi adalah daya yang dapat digunakan untuk melakukan berbagai proses kegiatan meliputi listrik, energi mekanik dan panas.
2. Sumber energi adalah sebagian sumber daya alam antara lain berupaminyak dan gas bumi, batubara, air, panas bumi, gambut, biomassa dan sebagainya, baik secara langsung maupun tidak langsung dapat dimanfaatkan sebagai energi.
3. Energi baru adalah bentuk energi yang dihasilkan oleh teknologi baru baik yang berasal dari energi terbarukan maupun energi tak terbarukan, antara lain : Hidrogen, Coal Bed Methane, Coal Liquefaction, Coal Gasification dan Nuklir.
4. Energi terbarukan adalah sumber energi yang dihasilkan dari sumber daya energi yang secara alamiah tidak akan habis dan dapat berkelanjutan jika dikelola dengan baik, antara lain : panas bumi, biofuel, aliran air sungai, panas surya, angin, biomassa, biogas, ombak laut, dan suhu kedalaman laut.
5. Diversifikasi energi adalah penganekaragaman penyediaan dan pemanfaatan berbagai sumber energi dalam rangka optimasi penyediaan energi.
6. Konservasi energi adalah penggunaan energi secara efisien dan rasional tanpa mengurangi penggunaan energi yang memang benar-benar diperlukan.
7. Sumber energi alternatif tertentu adalah jenis sumber energi tertentu pengganti Bahan Bakar Minyak.
8. Elastisitas energi adalah rasio atau perbandingan antara tingkat pertumbuhan konsumsi energi dengan tingkat pertumbuhan ekonomi.
9. Harga keekonomian adalah biaya produksi per unit energi termasuk biaya lingkungan ditambah biaya margin.

Sasaran Kebijakan Energi Nasional adalah :

1. Tercapainya elastisitas energi lebih kecil dari 1 (satu) pada tahun 2025.
2. Terwujudnya energi (primer) mix yang optimal pada tahun 2025, yaitu peranan masing-masing jenis energi terhadap konsumsi energi nasional
 - a. minyak bumi menjadi kurang dari 20% (dua puluh persen).
 - b. gas bumi menjadi lebih dari 30% (tiga puluh persen).
 - c. batubara menjadi lebih dari 33% (tiga puluh tiga persen).

- d. biofuel menjadi lebih dari 5% (lima persen).
- e. Panas bumi menjadi lebih dari 5% (lima persen).
- f. energi baru dan terbarukan lainnya, khususnya, Biomasa, Nuklir, Tenaga Air Skala Kecil, Tenaga Surya, dan Tenaga Angin menjadi lebih dari 5% (lima persen).
- g. Bahan Bakar Lain yang berasal dari pencairan batubara menjadi lebih dari 2% (dua persen).

Selain itu untuk menggairahkan kegiatan Energi Baru Terbarukan (EBT) diatur pula pada :

1. Undang-undang No. 30 Tahun 2007 tentang Energi
2. Undang-undang No. 15/1985 tentang Ketenagalistrikan
3. PP No. 10/1989 sebagaimana yang telah diubah dengan PP No. 03/2005 Tentang Perubahan.
4. Peraturan Pemerintah No. 10 Tahun 1989 tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Tenaga Listrik.
5. PP No. 26/2006 tentang Penyediaan & Pemanfaatan Tenaga Listrik.
6. Permen ESDM No. 002/2006 tentang Pengusahaan Pembangkit Listrik Energi Terbarukan Skala Menengah
7. Kepmen ESDM No. 1122K/30/MEM/2002 tentang Pembangkit Skala Kecil

2.4 Biomassa

Biomassa didefinisikan sebagai material tanaman, tumbuh-tumbuhan, atau sisa hasil pertanian yang digunakan sebagai bahan bakar atau sumber bahan bakar. Secara umum sumber-sumber biomassa antara lain tongkol jagung, jerami dan lain sebagainya; material kayu atau kulit kayu, potongan kayu, dan lain sebagainya; sampah kota misalnya sampah kertas dan tanaman sumber energi seperti minyak kedelai, alfafa, poplar, dan lain sebagainya (Nodali, 2009). Sedangkan menurut (Silalahi, 2000 dikutip oleh Nodali, 2009) biomassa adalah campuran material organik yang kompleks, biasanya terdiri dari karbohidrat, lemak, protein, dan beberapa mineral lain yang jumlahnya sedikit seperti sodium, fosfor, kalsium dan besi. Komponen utama tanaman biomassa

adalah karbohidrat (berat kering kira-kira sampai 75%), lignin (sampai dengan 25%) dimana dalam beberapa tanaman komposisinya bisa berbeda-beda.

Keuntungan penggunaan biomassa untuk sumber bahan bakar adalah keberlanjutannya, diperkirakan 140 juta ton metric biomassa digunakan pertahunnya. Keterbatasan dari biomassa adalah banyaknya kendala dalam penggunaan untuk bahan bakar kendaraan bermobil. Biomassa merupakan produk fotosintesis, yakni butir-butir hijau daun yang bekerja sebagai sel surya, menyerap energi matahari yang mengkonversi dioksida karbon dengan air menjadi suatu senyawa karbon, hydrogen dan oksigen. Senyawa ini dapat dipandang sebagai suatu penyerapan energi yang dapat dikonversi menjadi suatu produk lain. Hasil konversi dari senyawa itu dapat berbentuk arang atau karbon, alkohol kayu, dan lain sebagainya. Energi yang tersimpan itu dapat dimanfaatkan dengan langsung membakar kayu itu, panas yang dihasilkan digunakan untuk memasak atau keperluan lain.

2.5 Briket

Briket (*briquette*) diartikan sebagai bahan bakar yang berwujud padat dan dibuat dari berbagai bahan dasar. Briket dapat digolongkan menjadi dua, yakni biobriket dan briket batu bara. Briket merupakan bahan bakar yang potensial dan dapat diandalkan untuk rumah tangga. Biobriket didefinisikan sebagai bahan bakar yang berwujud padat dan berasal dari sisa-sisa bahan organik yang telah mengalami proses

pemampatan dengan daya tekan tertentu. Pemanfaatan biobriket sebagai energi alternative merupakan langkah yang tepat. Biobriket dapat menggantikan penggunaan kayu bakar yang mulai meningkat konsumsinya dan berpotensi merusak ekologi hutan. Selain itu, harga biobriket relative murah dan terjangkau oleh masyarakat, terutama yang berdomisili di daerah terpencil, dan pengusaha biobriket dapat menyerap tenaga kerja, baik pabrik briketnya, distributor, industri tungku dan mesin briket. Pembuatan biobriket tergolong mudah, karena teknologinya sangat sederhana. Proses pembuatannya meliputi empat tahap, yaitu pengeringan, penggerusan, pencampuran, dan pembentuk campuran briket. (Hambali dkk, 2007).

Biomassa hasil pertanian, khususnya limbah agroindustri, merupakan bahan baku yang dapat dimanfaatkan untuk biobriket. Bahan tersebut antara lain tempurung kelapa, tempurung kelapa sawit, serbuk gergaji, dan bungkil sisapengepresan biji-bijian. Pemanfaatan limbah agroindustri memberikan dampak positif, baik bagi perusahaan maupun bagi lingkungan sekitar. Pemanfaatan limbah agroindustri yang kurang memiliki nilai ekonomi sebagai bahan baku biobriket akan berdampak terhadap pengurangan biaya produksi perusahaan. Pembuatan briket arang dari limbah pertanian dapat dilakukan dengan menambahkan bahan perekat, dimana bahan baku diarrangkan terlebih dahulu kemudian ditumbuk, dicampur perekat, dicetak dengan system hidrolik maupun manual dan selanjutnya dikeringkan. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Hartoyo menyimpulkan bahwa briket arang yang dihasilkan setara dengan briket arang buatan Inggris dan memenuhi persyaratan yang berlaku di Jepang karena menghasilkan kadar abu dan zat yang mudah menguap (*volatile matter*) yang rendah serta kadar karbon terikat (*fixed carbon*) dan nilai kalor yang tinggi. Kualitas briket bioarang juga ditentukan oleh bahan pembuat atau penyusunnya, sehingga mempengaruhi kualitas nilai kalor, kadar air, kadar abu, kadar bahan menguap, dan kadar karbon terikat pada briket tersebut (Hartoyo, 1983 dikutip oleh Nodali, 2009).

2.6 Karbonisasi

Proses karbonisasi (proses pengarangan), adalah proses mengubah bahan baku asal menjadi karbon berwarna hitam melalui pembakaran dalam ruang tertutup dengan udara terbatas atau seminimal mungkin. Proses karbonisasi atau pengarangan dilakukan dengan memasukkan bahan organik ke dalam lubang atau ruangan yang dindingnya tertutup seperti di dalam tanah atau tangki yang terbuat dari plat baja dan nyala api dikontrol. Tujuan pengendalian tersebut agar bahan yang dibakar tidak menjadi abu, tetapi menjadi arang yang masih terdapat energi di dalamnya sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar. Bahan tersebut masih terdapat sisa energi yang dimanfaatkan untuk keperluan, seperti memasak, memanggang, dan mengeringkan. Bahan organik yang sudah menjadi arang tersebut akan mengeluarkan sedikit asap dibandingkan dibakar langsung menjadi abu.

Lamanya proses pengarangan ditentukan oleh jumlah atau volume bahan organik, ukuran parsial bahan, kerapatan bahan, tingkat kekeringan bahan, jumlah oksigen yang masuk dan asap yang keluar dari ruang pembakaran. Sebagai gambaran, arang sekam padi lebih cepat dan lebih mudah dibuat dari pada arang serbuk gergaji sehingga pertukan gas yang terjadi di dalam ruang pembakaran lebih leluasa.

Proses pembakaran dikatakan sempurna jika hasil akhir pembakaran berupa abu berwarna keputihan dan seluruh energi di dalam bahan organik dibebaskan. Namun dalam pengarangan, energi pada bahan akan dibebaskan secara perlahan. Apabila proses

pembakaran dihentikan secara tiba-tiba ketika bahan masih membara, bahan tersebut akan menjadi arang yang berwarna kehitaman. Pada bahan masih terdapat sisa energi yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, seperti memasak, memanggang dan mengeringkan. Bahan organik yang sudah menjadi arang tersebut akan mengeluarkan sedikit asap dibandingkan dibakar langsung menjadi abu (Kurniawan dkk, 2008 dikutip oleh Juanedi, 2013).

Prinsip proses karbonisasi adalah pembakaran biomassa tanpa adanya kehadiran oksigen. Sehingga yang terlepas hanya bagian volatile matter, sedangkan karbonnya tetap tinggal di dalamnya. Temperatur karbonisasi akan sangat berpengaruh terhadap arang yang dihasilkan sehingga penentuan temperatur yang tepat akan menentukan kualitas arang. (Pari dkk, 1983 dikutip oleh Junaedi, 2013).

Menyatakan bahwa pelaksanaan karbonisasi meliputi teknik yang paling sederhana hingga yang paling canggih. Tentu saja metode pengarangan yang dipilih disesuaikan dengan kemampuan dan kondisi keuangan. Berikut dijelaskan beberapa metode karbonisasi (pengarangan). (Sinurat, 2011 dikutip oleh Junaedi, 2013).

a. Pengarangan terbuka

Metode pengarangan terbuka artinya pengarangan tidak di dalam ruangan sebagaimana mestinya. Risiko kegagalannya lebih besar karena udara langsung kontak dengan bahan baku. Metode pengarangan ini paling murah dan paling cepat, tetapi bagian yang menjadi abu juga paling banyak, terutama jika selama proses pengarangan tidak ditunggu dan dijaga. Selain itu bahan baku harus selalu dibolak-balik agar arang yang diperoleh seragam dan merata warnanya.

b. Pengarangan di dalam drum

Drum bekas aspal atau oli yang masih baik bisa digunakan sebagai tempat proses pengarangan. Metode pengarangan di dalam drum cukup praktis karena bahan baku tidak perlu ditunggu terus-menerus sampai menjadi arang

c. Pengarangan di dalam silo

Sistem pengarangan silo dapat diterapkan untuk produksi arang dalam jumlah banyak. Dinding dalam silo terbuat dari batu bata tahan api. Sementara itu, dinding luarnya disemen dan dipasang besi beton sedikitnya 4 buah tiang yang jaraknya disesuaikan dengan keliling silo.

d. Pengarangan semi modern

Metode pengarangan semi modern sumber apinya berasal dari plat yang dipanasi atau batu bara yang dibakar. Akibatnya udara disekeliling bara ikut menjadi panas dan memuai ke seluruh ruangan pembakaran. Panas yang timbul dihembuskan oleh blower atau kipas angin bertenaga listrik.

e. Pengarangan super cepat

Pengarangan super cepat hanya membutuhkan waktu pengarangan hanya dalam hitungan menit. Metode ini menggunakan penerapan roda berjalan. Bahan baku dalam metode ini bergerak melewati lorong besi yang sangat panas dengan suhu mendekati 70°C

2.7 Pencetakan dan Pengeringan

Proses penekanan dilakukan untuk membantu proses pengikatan dan pengisian ruang-ruang kosong, ukuran partikel-partikel yang kurang seragam akan menyebabkan ikatan antar partikel kurang sempurna. Keteguhan akan meningkatnya kerapatan briket yang dihasilkan penekanan dilakukan menggunakan mesin pres hidrolik dengan tekanan 2 ton

(2500 KN/m²). Lalubriket yang sudah dicetak lalu dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 1000C (Mulia, 2007)

2.8 Bioarang

Bioarang merupakan arang (salah satu jenis bahan bakar) yang dibuat dari aneka macam bahan hayati atau biomassa, misalnya kayu, ranting, daun-daunan, rumput, jerami, kertas, ataupun limbah pertanian lainnya yang dapat dikarbonisasi. Bioarang ini dapat digunakan melalui proses pengolahan, salah satunya adalah menjadi briket bioarang (Bredes dkk, 2008 dikutip oleh Nodali,

2009). Suatu bahan akan murah jika bahan baku yang digunakan murah, banyak tersedia, dan cara atau teknologi yang dipakai untuk mengelolanya sederhana. Itulah sebabnya diperkenalkan bioarang. Bioarang adalah arang (salah satu jenis bahan bakar) yang dibuat dari aneka macam bahan hayati atau biomassa, misalnya kayu, ranting, daun-daunan, sekam padi dan limbah pertanian lainnya. Biasanya bahan bakar tersebut dianggap sampah yang tidak berguna sehingga sering dimusnahkan dengan cara dibakar. Namun, bahan-bahan tersebut sebenarnya dapat diolah menjadi arang, yang selanjutnya disebut bioarang. Bioarang yang dihasilkan selain memperhatikan faktor internal harus memperhatikan faktor eksternal seperti persaingan di pasar global yang memerlukan teknologi yang dapat meningkatkan nilai tambah dan juga mutu produk (Hendra dkk, 2000 dikutip oleh Nodali, 2009).

2.9 Briket Arang

Briket arang adalah arang yang diperoleh dengan membakar biomassa kering dengan sedikit udara (karbonisasi). Biomassa adalah bahan organik yang berasal dari jasad hidup baik dari tumbuh-tumbuhan maupun hewan. Contoh biomassa adalah dedaunan, rerumputan, ranting, serta limbah pertanian dan perternakan (Johannes, 1991).

Beberapa kelebihan briket arang dibandingkan dengan arang konvensional adalah: (Widarto dkk, 1995 dikutip oleh Arganda, 2007)

- a. Bentuk ukurannya seragam, karena briket arang dibuat dengan alat pencetak khusus bentuk besar kecilnya bisa diatur sesuai dengan yang dikehendaki
- b. Mempunyai panas pembakaran yang lebih tinggi dibandingkan dengan arang biasa.
- c. Tidak berasap (jumlah asap kecil sekali) dibandingkan dengan arang biasa yang banyak mengandung asap tebal. Tampak lebih menarik, karena bentuk dan ukurannya bisa dibuat sesuai dengan kehendak kita, disamping bentuk dan ukurannya menarik, pengemasannya juga mudah

2.10 Standar briket

Briket yang baik juga harus memenuhi standar yang telah ditentukan, kualitas briket yang dihasilkan menurut standart mutu Jepang, Inggris, USA, dan Indonesia sebagai data pembandingan, sehingga dapat diketahui kualitas briket yang dihasilkan dalam penelitian ini.

2.11 Spesifikasi Bahan Bakar

Spesifikasi bahan bakar yang perlu diketahui diantaranya adalah (Williams, 2001 dikutip oleh Widiarti 2011) :

1. Nilai Kalor

Nilai kalor merupakan ukuran panas atau energi yang dihasilkan, dan diukur sebagai nilai kalor kotor (*gross calorific value*) atau nilai kalor netto (*net calorific value*)

2. Kadar Air

Kadar air merupakan kandungan air pada bahan bakar padat. Semakin besar kadar air yang terdapat pada bahan bakar padat maka nilai kalorinya semakin kecil, begitu juga sebaliknya

3. Kandungan Abu

Abu yang terkandung dalam bahan bakar padat adalah mineral yang tidak dapat terbakar tertinggal setelah proses pembakaran dan reaksi-reaksi yang menyertainya selesai. Abu berperan menurunkan mutu bahan bakar padat karena dapat menurunkan nilai kalor.

2.12 Pembakaran Bahan Bakar Padat

Mekanisme pembakaran biomassa terdiri dari tiga tahap yaitu pengeringan (*drying*), devolatilisasi (*devolatilization*), dan pembakaran arang (*char combustion*). (Himawanto, 2005 dikutip oleh Widarti, 2011)

1. Pengeringan (*drying*)

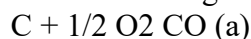
Dalam proses ini bahan bakar mengalami proses kenaikan temperatur yang akan mengakibatkan menguapnya kadar air yang berada pada permukaan bahan bakar tersebut, sedangkan untuk kadar air yang berada di dalam akan menguap melalui pori-pori bahan bakar padat tersebut. Devolatilisasi

(*devolatilization*) Setelah proses pengeringan, bahan bakar mulai mengalami dekomposisi, yaitu pecahnya ikatan kimia secara termal dan zat terbang (*volatile matter*) akan keluar dari partikel. *Volatile matter* adalah hasil dari proses devolatilisasi.

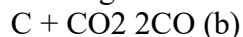
2. Pembakaran arang (*char combustion*)

Sisa dari pirolisis adalah arang (*fixed carbon*) dan sedikit abu, kemudian partikel bahan bakar mengalami tahapan oksidasi arang yang memerlukan 70% - 80% dari total waktu pembakaran. Laju pembakaran arang tergantung pada konsentrasi oksigen, temperature gas, bilangan Reynolds,

ukuran, dan porositas arang. Arang mempunyai porositas yang tinggi. Laju reaksi global dirumuskan dalam istilah laju reaksi massa arang persatuan luas permukaan luar dan persatuan konsentrasi oksigen diluar lapis batas partikel, Sehingga reaksi global bisa dituliskan sebagai berikut:



Dimana permukaan karbon juga bereaksi dengan karbon dioksida dan uap air dengan reaksi reduksi sebagai berikut:



Reaksi reduksi (b) dan (c) secara umum lebih lambat dari pada reaksi oksidasi (a), dan untuk pembakaran biasanya hanya reaksi (a) yang diperhitungkan.

2.18 Pengertian Biaya Produksi

Dalam membicarakan biaya sebenarnya diketahui ada dua istilah atau terminologi biaya yang perlu mendapat perhatian, yaitu sebagai berikut:

1. Biaya (*cost*), yang dimaksud dengan biaya di sini adalah semua pengorbanan yang dibutuhkan dalam rangka mencapai suatu tujuan yang diukur dengan nilai uang.

2. Pengeluaran (*expenditure*), yang dimaksud dengan biaya di sini adalah semua pengorbanan yang dibutuhkan dalam rangka mencapai suatu tujuan yang diukur dengan nilai uang. Sesuai dengan kebutuhan dan tujuan tentang biaya produksi, klasifikasi biaya sebagai berikut:

1. Biaya berdasarkan waktunya

Biaya berdasarkan waktu dapat dibedakan atas:

a. Biaya masa lalu (*historical cost*)

Biaya yang secara riil telah dikeluarkan yang dibuktikan dengan catatan historis pengeluaran kegiatan

b. Biaya perkiraan (*predictive cost*),

Perkiraan biaya yang akan dikeluarkan bila kegiatan itu dilaksanakan.

c. Biaya aktual

Biaya yang sebenarnya dikeluarkan. Biaya ini perlu diperhitungkan bila panjangnya jarak waktu antara pembelian bahan dengan waktu proses atau penjualan, sehingga terjadi perubahan harga pasar.

2. Biaya berdasarkan kelompok sifat penggunaannya

a. Biaya investasi (*Investment cost*)

Biaya yang ditanamkan dalam rangka menyiapkan kebutuhan usaha untuk siap beroperasi dengan baik.

b. Biaya operasional (*Operational Cost*)

Biaya yang dikeluarkan dalam rangka menjalankan aktivitas usaha tersebut sesuai dengan tujuan.

c. Biaya perawatan (*Maintenance cost*)

Biaya yang diperuntukan dalam rangka menjaga atau menjamin performance kerja fasilitas atau peralatan agar selalu prima.

3. Biaya berdasarkan produknya

a. Biaya pabrikasi (*Factory cost*)

Jumlah dari tiga unsur biaya, yaitu bahan langsung, tenaga kerja langsung, dan overhead pabrik.

b. Biaya Kormesial

Biaya kormesial merupakan akumulasi biaya yang untuk membuat produk itu dapat dijual diluar biaya produksi, dan digunakan biasanya untuk menghitung harga jual produk.

4. Biaya berdasarkan volume produk

a. Biaya tetap (*fixed cost*)

Biaya yang harus dikeluarkan relative sama walaupun volume produksi berubah dalam batas-batas tertentu .

b. Biaya variabel (*Variable cost*)

Biaya yang berubah besarnya secara proporsional dengan jumlah produk dibuat.

c. Biaya semi variabel (*Semi variable cost*)

Biaya yang berubah tidak proporsional dengan perubahan volume, misalnya perubahan volume melewati kapasitas fasilitas yang adasehingga diperlukan penambahan kapasitas mesin, biaya perbaikan mesin, dan sebagainya.

2.19 Pengertian Harga Pokok Produksi

Bagi manajer informasi harga pokok produksi merupakan suatu informasi yang sangat penting karena harga pokok produksi dipakai sebagai dasar dalam pengambilan keputusan. Harga pokok produksi merupakan biaya yang dilekatkan pada unit produk. Harga pokok produksi memiliki arti lain yaitu aktivitas perusahaan dalam bentuk persediaan sampai produksi dimana biaya tersebut melekat sampai dijual. (Hansen dkk, 2000 dikutip oleh Anton, 2012) mendefinisikan harga pokok

produk adalah total biaya yang diikatkan pada setiap unit produk., biaya yang melekat pada setiap produk merupakan biaya yang dikeluarkan untuk memproduksi/ membuat suatu produk untuk kepentingan manajemen guna membantu mereka di dalam mengelola perusahaan. Pihak manajemen dalam mengambil keputusan memerlukan data biaya yang akurat dari data biaya akurat tersebut dapat ditentukan harga pokok

produksi secara tepat. Untuk menentukan harga pokok produk secara tepat perlu diklasifikasi atau digolongkan sehingga dapat dipisah antara biaya produksi dan biaya non produksi. Adapun manfaat dari biaya yang akurat sebagai berikut :

1. Untuk tujuan pengawasan

Biaya yang dihasilkan merupakan salah satu data yang digunakan manajemen dalam membuat perencanaan anggaran / budget.

2. Membantu dalam penetapan harga jual

Penentuan harga jual yang menguntungkan dapat dilakukan untuk waktu yang diinginkan, melalui data biaya dan volume penjualan sebelumnya.

3. Untuk menghitung rugi - laba periodik

Untuk suatu perusahaan dilakukan dengan perhitungan antara penjualan dengan biaya – biaya yang terjadi dan telah expired dalam suatu dasar perhitungan yang sama dan konsisten.

4. Untuk pengendalian biaya

Yang dimaksud pengendalian biaya adalah pengendalian melalui akuntansi pertanggung jawaban.

5. Untuk pengambilan keputusan

Data biaya sangat diperlukan oleh manajer dalam pengambilan keputusan. Dalam proses produksi untuk menghasilkan suatu produk, perusahaan

biasanya mengeluarkan berbagai macam biaya. Biaya ini dibagi menjadi 3 macam golongan yaitu: (Sadeli dkk, 2001)

1. Biaya Bahan Mentah (*Raw Material Cost*)

Semua bahan mentah secara fisik dapat diidentifikasi sebagai bagian dari bahan jadi dan dapat ditelusuri pada barang jadi tersebut dengan cara yang sederhana dan ekonomis. Contohnya adalah besi cetakan, kayu, lembaran aluminium, dan bahan perakitan. Bahan mentah langsung biasanya tidak termasuk barang-barang kecil seperti paku dan lem. Hal ini disebabkan karena biaya untuk menelusuri barang-barang tersebut tampaknya tidak sebanding dengan manfaat yang diperoleh. Benda-benda remeh seperti itu biasanya disebut perlengkapan atau bahan mentah tidak langsung dan digolongkan sebagai bagian dari biaya overhead pabrik yang akan dipelajari pada uraian berikut ini

2. Biaya Tenaga kerja Langsung (*Factory Overhead Cost*) Tenaga kerja langsung adalah seluruh tenaga kerja yang dapat ditelusuri secara fisik pada barang jadi dengan cara yang ekonomis. Contohnya adalah operator mesin dan perakitan. Banyak upah seperti upah satpam, penjaga pabrik, dan pegawai administrasi gudang, termasuk upah tidak langsung, karena tidak mungkin atau tidak ekonomis untuk menelusuri aktivitas seperti itu pada setiap produksi melalui observasi fisik. Upah

tidak langsung digolongkan sebagai bagian dari biaya overhead pabrik.

3. Biaya Overhead Pabrik (*Factory Overhead Cost*)

Biaya overhead pabrik adalah semua biaya selain biaya bahan mentah atau upah langsung yang berkaitan dengan proses produksi. Istilah lain yang digunakan: biaya overhead pabrik, overhead produksi, pengeluaran produksi, dan biaya produksi tidak langsung. Istilah terakhir yang lebih jelas dari pada biaya overhead pabrik, tetapi overhead pabrik lebih sering digunakan, ada dua subklasifikasi overhead pabrik, yaitu:

a. Overhead pabrik variabel (*Factory overhead Variable*)

Contohnya adalah energi, perlengkapan, dan sebagian besar upah tidak langsung dari suatu kategori tertentu adalah biaya variabel atau biaya tetap, bergantung pada perlakuannya dalam perusahaan tertentu.

b. Overhead pabrik tetap (*Factory overhead fixed*)

Contohnya adalah gaji penyelia, pajak kekayaan, penyusutan mesin, gedung, asuransi, sewa dan sebagainya.

2.20 Metode Full Costing

Full Costing adalah metode penentuan harga pokok produk dengan memasukkan seluruh komponen biaya produksi sebagai unsur harga pokok, yang meliputi biaya bahan baku, biaya tenaga kerja langsung, biaya *overhead* pabrik variabel dan biaya *overhead* pabrik tetap. Didalam metode *full costing*, biaya *overhead* pabrik yang bersifat variabel maupun tetap dibebankan kepada produk yang dihasilkan atas dasar tarif yang ditentukan dimuka pada kapasitas normal atau atas dasar biaya *overhead* pabrik sesungguhnya. Oleh karena itu biaya *overhead* pabrik tetap akan melekat pada harga pokok persediaan produk selesai yang belum dijual, dan baru dianggap sebagai biaya (elemen harga pokok penjualan) apabila produk selesai tersebut tidak terjual. (Mulyadi, 1999) Menurut metode *full costing*, karena produk yang dihasilkan ternyata menyerap jasa FOH tetap walaupun tidak secara langsung, maka wajar apabila biaya tadi dimasukkan kedalam komponen pembentuk komponen tersebut.

Harga pokok produksi yang dihitung dengan pendekatan *full costing* terdiri dari unsur harga pokok produksi ditambah dengan biaya non produksi. Dalam metode ini, biaya –biaya produksi dikumpulkan untuk periode tertentu dan harga pokok produksi persatuan produk yang dihasilkan dalam periode tersebut, dengan cara membagi total biaya produksi untuk periode tersebut dengan jumlah satuan pokok yang dihasilkan dalam periode yang bersangkutan.

2.21 Penyusutan (Depresiasi)

Depresiasi adalah penyusutan atau penurunan nilai aset bersamaan dengan berlalunya waktu. Sebagaimana diketahui pengertian aset mencakup *current asset* dan *fixed asset*, namun aset yang terkena depresiasi hanya *fixed asset* (aset tetap) yang pada umumnya bersifat fisik, seperti bangunan, mesin atau peralatan, armada, dan lain-lain. Oleh karena itu, aset yang dimaksud adalah *fixed asset*. Depresiasi dapat dibedakan atas beberapa sebab berikut: (Giatman, 2007)

1. Penyusutan fisik (*Deterioration*), yaitu penyusutan yang disebabkan oleh berkurangnya kemampuan fisik (*performance*) dari suatu aset untuk menghasilkan produksi karena keausan dan kemerosotan. Hal ini akan menyebabkan biaya-biaya operasional dan perawatan meningkat, sedangkan kemampuan produksi menurun. Penyusutan fisik terutama disebabkan dengan fungsi dari intensitas pemakaian. Untuk mengatasinya sangat dipengaruhi system perawatan. Jika system perawatannya baik, kemungkinan penyusutan fisik dapat diperlambat.

2. Penyusutan Fungsional (*Obsolescence*), yaitu penyusutan dan penurunan karena kekunoan atau using. Bentuk ini lebih sulit ditentukan, karena penurunan nilai disebabkan berkurangnya permintaan, tugas, atau fungsinya sebagaimana rencana semula. Pengurangan ini dapat ditimbulkan oleh berbagai cara, antara lain pergantian mode, pusat-pusat kependudukan berpindah, munculnya mesin atau alat yang lebih efisien, pasar telah jenuh, atau sebaliknya dengan meningkatnya permintaan produk perlu mengganti mesin dengan kapasitas yang lebih besar karena mesin lama dianggap tidak cukup lagi (*inadequancy*). Penyusutan bentuk ini relatif sulit dipahami sehingga relatif sukar ditentukan, tetapi tidak boleh diabaikan. Oleh karena itu, dalam biaya penyusutan total seyogyanya sudah diakomodasikan factor penyusutan fungsionalnya.

3. Penyusutan Moneter (Monetary Depreciation), yaitu penyusutan yang disebabkan adanya perubahan tingkat suku bunga moneter. Karena perubahan moneter ini hampir tidak bisa diramalkan, mulai jarang dijelaskan dalam studi-studi ekonomi.

2.22.1 Tujuan Depresiasi

Karena aset atau barang kekayaan akan menurun nilainya dengan berjalannya waktu, maka perlu dipikirkan akibatnya pada proyek-proyek Teknik ataupun kegiatan usaha. Pada suatu ketika nilai aset dimaksud akan berkurang ataupun performancenya menurun sehingga tidak mampu ataupun tidak efektif lagi menjalankan fungsinya. Oleh karena itu perlu adanya pertimbangan atau kebijakan yang tepat dengan adanya penyusutan tersebut. (Giatman, 2007) Secara umum ada beberapa alasan dilakukannya perhitungan depresiasi ini, yaitu:

1. Untuk menyediakan dana pengembalian modal yang telah diinvestasikan dalam kekayaan fisik, dana ini sifatnya sebagai *saving* untuk menjamin kontinuitas atau berkelanjutan usaha bila mesin habis masa pakainya dan perlu diganti dengan yang baru, secara teoretis dana depresiasi yang telah disimpan sebelumnya dapat dibayarkan untuk pembelian mesin baru.
2. Untuk memungkinkan adanya biaya penyusutan yang dibebankan pada biaya produksi atau jasa yang dihasilkan dari penggunaan aset-aset.
3. Sebagai dasar pengurangan pembayaran pajak-pajak pendapat atau usaha yang harus dibayarkan.

2.22.2 Metode Depresiasi

Secara teori ada berbagai macam metode perhitungan depresiasi yang dapat digunakan yaitu:

1. Metode Depresiasi garis lurus/Straight of line Depreciation (SLD)

Metode depresiasi garis lurus (SLD) adalah metode paling sederhana dan paling sering dipakai didalam perhitungan depresiasi aset, karena metode ini relatif sederhana. Metode ini pada dasarnya memberikan hasil perhitungan depresiasi yang sama setiap tahun selama umur perhitungan aset.

3. Declining Balance Depreciation (DBD)

Metode ini mempunyai asumsi bahwa nilai aset menurun lebih cepat pada tahun-tahun permulaan dari pada tahun-tahun akhir dari usia kegunaannya. Yang amat penting dengan metode ini ialah nilai jual (nilai sisa) harus lebih besar dari pada nol. Depresiasi dihitung berdasarkan laju/tingkat penyusutan tetap (R) yang dikalikan dengan nilai aset tahun sebelumnya.

3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus 2015 sampai dengan bulan Januari 2016 di bengkel Mekanisasi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri.

3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam perancangan kompor biomassa ini yaitu panci, bor listrik, mesin pelipat, gergaji besi, gerinda, *stop watch*, timbangan, termokopel, alat ukur, penjepit bahan bakar, dan alat tulis. Bahan yang digunakan dalam perancangan kompor biomassa dengan prinsip gasifikasi ini adalah kayu kering, air, besi batangan, seng 0,5 cm, tiner dan cat.

3.3. Prosedur Penelitian

Penelitian ini dirancang menggunakan 4 perlakuan tabung bakar dengan letak lubang yang berbeda dengan 6 pengulangan yaitu:

- 1) Lubang berada di bawah dan di sisi atas.
- 2) Tabung bakar dengan lubang di bawah, di sisi tabung dengan tinggi $\frac{1}{4}$ dari tabung bakar, dan di sisi atas.
- 3) Lubang berada di bawah, di sisi tabung dengan tinggi $\frac{1}{4}$ dari tabung bakar, dan di sisi atas.
- 4) Lubang berada di seluruh bagian tabung.

□ Rancangan Tungku Sederhana

Reaktor ini berfungsi sebagai tempat meletakkan dan membakar bahan bakar yang akan digunakan untuk memasak. Reaktor terdiri dari tabung luar dan tabung dalam. Tabung luar dibuat dari seng 0,5 mm yang dibentuk melingkar berdiameter 28 cm dan memiliki tinggi 40 cm, sedangkan tabung dalam atau tabung bakar berdiameter 14 cm dan memiliki tinggi 30 cm. Tabung luar terdapat satu buah pemasukkan bahan bakar yang berfungsi untuk memudahkan mengisi ulang bahan bakar yang mempunyai ukuran panjang 6 cm, dan lebar 4 cm. Tabung luar juga terdapat pengaturan udara dan tempat pengambilan abu yang berbentuk persegi panjang dengan ukuran panjang 10 cm, lebar 6 cm. Pada tabung dalam atau tabung bakar alas tabung terdapat lubang udara yang berdiameter 1 cm yang berfungsi sebagai aliran udara primer dan juga berfungsi sebagai tempat keluarnya abu dari hasil pembakaran. Tabung bakar pada bagian samping terdapat lubang udara berdiameter 0,3 mm yang berfungsi sebagai aliran udara sekunder. Tabung bakar pada penelitian ini terdapat 4 jenis tabung bakar yang mempunyai letak lubang yang berbeda. Penjelasan 4 jenis tabung bakar dapat dilihat pada Gambar 8 dan diuji dengan 6 kali ulangan:

(A) (B)

(C) (D)

□ Tabung bakar yang pertama, lubang udara hanya berada di alas tabung dan bagian tepi atas tabung. Lubang pada alas berdiameter 1 cm dengan jumlah 20 lubang udara yang berfungsi sebagai aliran udara primer dan pada sisi atas lubang berdiameter 5 mm dengan jumlah 30 lubang udara yang berfungsi sebagai aliran udara sekunder.

□ Tabung bakar yang kedua lubang udara berada di alas tabung, di sisi tabung dengan ketinggian $\frac{1}{4}$ dari tabung bakar atau 7,5 cm dari alas tabung, dan sisi atas tabung. Lubang di sisi berdiameter 3 mm dengan jumlah 224 lubang.

□ Tabung bakar yang ketiga lubang udara berada di alas tabung, di sisi tabung dengan ketinggian $\frac{1}{2}$ dari tabung bakar atau 15 cm dari alas tabung, dan sisi atas tabung. Lubang disamping berdiameter 3 mm dengan jumlah 448 lubang udara sekunder. Lubang di alas tabung dan sisi atas mempunyai ukuran yang sama dengan tabung bakar pertama dengan jumlah 16.

□ Tabung bakar yang keempat lubang udara terdapat pada seluruh bagian tabung lubang pada alas berdiameter 1 cm berjumlah 40 lubang udara primer. Lubang disamping berdiameter 3 mm dengan jumlah 896 lubang udara. Pada pengaturan udara berfungsi sebagai pengatur masuknya udara pada saat penyulutan, proses gasifikasi berlangsung, dan pada saat mematikan kompor gasifikasi ini, sedangkan mematakannya pengaturan udara ditutup secara penuh.

Langkah-langkah melakukan pengujian kompor dengan menggunakan tiap-tiap jenis bahan bakar biomassa:

1) Masukkan bahan bakar ke reaktor dengan 4 perlakuan yaitu

a) Tabung bakar dengan lubang di bawah dan di sisi atas.

b) Tabung bakar dengan lubang di bawah, di sisi tabung dengan tinggi $\frac{1}{4}$ dari tabung bakar, dan di sisi atas.

- c) Tabung bakar dengan lubang di bawah, di sisi tabung dengan tinggi $\frac{1}{2}$ dari tabung bakar, dan di sisi atas.
- d) Tabung bakar dengan lubang di seluruh bagian tabung bakar.
- 2) Mengisi tabung bakar dengan bahan bakar yaitu kayu kering dengan tinggi 75 % dari tabung bakar. Dari masing-masing perlakuan akan dilakukan 6 kali pengulangan.
- 3) Bahan bakar yang akan digunakan ditimbang dahulu sebelum dimasukkan ke reaktor.
- 4) Setelah tabung reaktor terisi bahan bakar, kemudian dinyalakan dengan menggunakan minyak tanah sebagai pancingan. Lubang volume api dibuka.
- 5) Lalu masak air dalam panci sebanyak 5 liter hingga mendidih. Suhu air diukur sebelum dimasak dan setelah air mendidih dengan termometer. Lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mendidihkan akan dihitung juga dengan *stopwatch*.
- 6) Warna nyala api akan diamati secara visual.
- 7) Setelah air mendidih, dihitung waktu mendidihnya. Kompor dibiarkan menyala hingga bahan bakar habis terbakar semua dan dicatat waktunya.
- 8) Berat air ditimbang dan buka saringan dibawah kompor untuk mengeluarkan bahan bakar yang habis terpakai, lalu ditimbang juga.

Langkah-langkah penyulutan api :

- 1) Isi tabung bakar dengan bahan bakar dengan tinggi 75 % dari tabung bakar.
- 2) Jika bahan bakar memiliki kepadatan tumpukan yang besar, maka hendaknya disiram minyak tanah lebih dari satu kali (+ 10 ml).
- 3) Nyalakan api dengan korek api.
- 4) Apabila api kira-kira sudah mulai stabil kurangi volume api dengan cara menggeser pada bagian volume api.

Pengujian dan perhitungannya adalah sebagai berikut:

- 1) Untuk mengetahui kapasitas bahan bakar yang mampu ditampung oleh sebuah kompor dilakukan pengujian dengan cara menghitung volume tabung reaktor menggunakan rumus:

$$V = \pi r^2 t \dots\dots\dots(4)$$

Dimana: V = Volume reaktor (m³)

r = Jari-jari silinder dalam (m)

t = Tinggi silinder dalam (m)

Cara lainnya mengetahui kapasitas bahan bakar yang mampu ditampung kompor adalah dengan cara memasukan bahan bakar hingga penuh setelah itu mengeluarkannya dan menimbanginya.

- 2) Mengetahui berapa waktu yang dibutuhkan kompor memanaskan air hingga mencapai titik didih dilakukan pengujian dengan perlakuan merebus 5 liter air. Waktu dicatat dari mulai kompor dinyalakan hingga suhu air mencapai 100o C.
- 3) Mengukur jumlah panas laten yang terjadi, dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus:

$$\dots\dots\dots(5)$$

Dimana : Ql = panas laten (kJ)

Mam = berat rata-rata air yang menguap (kg)

Pl = panas laten air (2260 kJ/kg)

- 4) Untuk mengukur panas sensibel, digunakan rumus :

$$\dots\dots\dots(6)$$

Dimana : Qs = panas sensibel (kJ)

Ma = berat rata-rata air (kg)

Ps = panas spesifik air (4,186 kJ/kg)

T2 = suhu rata-rata air akhir (oC)

T1 = suhu rata-rata air awal (oC)

5) Untuk mengetahui efisiensi energi kompor (Ef) digunakan persamaan (3):

6) Banyaknya energi pemakaian minyak tanah yang terpakai sebagai penyulutan nyala api, dapat digunakan dengan rumus:

.....(7)

Dimana : E2 = energi untuk penyalaan awal (minyak tanah) (kJ)

Nm = nilai kalori minyak tanah (37.674 kJ/l)

Bm = banyaknya minyak yang terpakai (l)

3.4. Pengamatan

Pengamatan yang dilakukan dalam penelitian ini antara lain : (1) Kebutuhan bahan bakar, (2) Kebutuhan energi spesifik, (3) Warna nyala api, (4) Waktu untuk mendidihkan air, dan (5) Efisiensi konversi energi oleh kompor

1) Kebutuhan Bahan Bakar

Kebutuhan bahan bakar dihitung berdasarkan total penggunaan bahan bakar dari setiap jenis tabung bakar tersebut (kg) selama proses pembakaran bahan bakar habis terpakai semua. Data akan dianalisis secara statistik.

2) Kebutuhan Energi Spesifik

Energi spesifik dalam kompor gasifikasi dapat diitung dengan jumlah energi konsumsi yang pakai per massa air yang dididihkan ketika memasak. Dapat menggunakan persamaan (2).

3) Warna Nyala Api

Untuk warna nyala api dapat dilakukan dari hasil pengamatan langsung secara visual ketika kompor telah dinyalakan dengan setiap jenis tabung bakar yang digunakan pada tungku gasifikasi. Data akan dianalisis secara statistik.

4) Waktu Untuk Mendidihkan Air 5 Liter

Pengujian dilakukan dengan cara memasak air dengan panci sebanyak 5 liter. Suhu air sebelum dimasak dan setelah mendidih diukur. Lalu dihitung lama waktunya untuk mendidih dengan menggunakan *stopwatch*. Data akan dianalisis secara statistik.

5) Efisiensi Konversi Energi oleh Kompor Gasifikasi

Efisiensi konversi energi oleh kompor gasifikasi pada penggunaan bahan bakardari masing-masing jenis bahan bakar dihitung berdasarkan total penggunaanbahan bakar tersebut (kg) selama proses pembakaran dikalikan dengan nilai kalordari masing-masing jenis bahan bakar. Lalu dihitung pula berapa besar energijumlah energi dari minyak tanah yang terpakai sebagai penyulutan nyala api danenergi bahan bakar sisa. Data kemudian akan dianalisis secara statistik.

3.5. Analisis Data

Data yang dianalisis dalam penelitian ini meliputi kebutuhan bahan bakar, waktu opereasi optimal kompor, waktu mendidihkan air 5 liter, panas laten, panas sensibel, dan efisiensi energi kompor dan jumlah energi minyak yang terpakai sebagai penyulutan nyala api. Data percobaan, pengamatan, dan perhitungan yang diperoleh akan dianalisis serta disajikan dalam bentuk tabel, grafik, dan uraian untuk membandingkan.

4 ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Setelah melakukan penelitian pengujian kompor “Belonio” dengan menggunakan 4 macam bahan bakar biomassa yaitu sekam padi, serutan kayu, tatal kayu dan ampas biji jarak, maka diperoleh hasil sebagai berikut :

1. Sekam Padi

Bahan bakar biomassa yang pertama kali digunakan untuk pengujian kompor gas berbahan bakar biomassa dengan menggunakan sekam padi. Pada Tabel 4 dan 5, menyajikan hubungan antara tiga jenis perlakuan dengan berbagai parameter pengamatan. Dengan setelah melakukan pengujian maka didapatkan hasil yang berbeda antara satu perlakuan dengan perlakuan lainnya. Perhitungan rata-rata dari pemakaian sekam padi dapat dilihat pada lampiran 1. Sekam padi memiliki potensi yang sangat besar dan tersebar di berbagai wilayah di Indonesia. Dengan pengelolaan limbah dari sekam padi ini membuktikan bahwa sekam padi dapat dijadikan salah satu sumber energi alternatif. Begitu pula dengan pemakaian limbah lainnya seperti serutan kayu, tatal kayu dan ampas biji jarak.

Tabel 4. Perhitungan rata-rata berat sekam padi, suhu air dan berat air dari awal hingga akhir

No.	Parameter pengamatan (rata-rata)	Perlakuan
		75%
1.	Berat sekam padi awal	0,553 kg
2.	Berat sekam padi akhir	0,233 kg
3.	Suhu air awal	29,33 °C
4.	Suhu air akhir	100 °C
5.	Berat air awal	5 kg
6.	Berat air akhir	4,506 kg

Tabel 5. Waktu rata-rata dari penyalaan awal hingga sekam padi menjadi abu

No.	Parameter pengamatan (rata-rata)	Perlakuan
		75%
1.	t penyalaan awal sampai burner ditutup	00 : 04 : 10
2.	t penyalaan burner sampai memasak	00 : 06 : 53
3.	t air mendidih	00 : 30 : 44
4.	t sekam padi menjadi abu	00 : 32 : 12

Keterangan : t = waktu (jam : menit : detik)

2. Serutan Kayu

Bahan bakar biomassa yang kedua digunakan untuk pengujian kompor gas berbahan bakar biomassa dengan menggunakan serutan kayu. Pada Tabel 6 dan 7, menyajikan hubungan antara tiga jenis perlakuan dengan berbagai parameter pengamatan. Dengan setelah melakukan pengujian maka didapatkan hasil yang berbeda antara satu perlakuan dengan perlakuan lainnya. Perhitungan rata-rata dari pemakaian serutan kayu dapat dilihat pada lampiran 2.

Tabel 6. Perhitungan rata-rata berat serutan kayu, suhu air dan berat air dari awal hingga akhir

No.	Parameter pengamatan (rata-rata)	Perlakuan
		75%
1.	Berat serutan kayu awal	0,346 kg
2.	Berat serutan kayu akhir	0,067 kg
3.	Suhu air awal	29,67 °C
4.	Suhu air akhir	84 °C
5.	Berat air awal	5 kg
6.	Berat air akhir	4,863 kg

Tabel 7. Waktu rata-rata dari penyalaaan awal hingga serutan kayu menjadi abu

No.	Parameter pengamatan (rata-rata)	Perlakuan
		75%
1.	t penyalaaan awal sampai burner ditutup	00 : 02 : 25
2.	t penyalaaan burner sampai memasak	00 : 04 : 53
3.	t air mendidih	00 : 16 : 37
4.	t serutan kayu menjadi abu	00 : 16 : 37

Keterangan : t = waktu (jam : menit : detik)

3. Tatal Kayu

Bahan bakar biomassa yang ketiga digunakan untuk pengujian kompor gas berbahan bakar biomassa dengan menggunakan tatal kayu. Pada Tabel 8 dan 9, menyajikan hubungan antara tiga jenis perlakuan dengan berbagai parameter pengamatan. Dengan setelah melakukan pengujian maka didapatkan hasil yang berbeda antara satu perlakuan dengan perlakuan lainnya. Perhitungan rata-rata dari pemakaian tatal kayu dapat dilihat pada lampiran 3.

Tabel 8. Perhitungan rata-rata berat tatal kayu, suhu air dan berat air dari awal hingga akhir

No.	Parameter pengamatan (rata-rata)	Perlakuan
		75%
1.	Berat tatal kayu awal	0,446 kg
2.	Berat tatal kayu akhir	0,033 kg
3.	Suhu air awal	30 °C
4.	Suhu air akhir	57 °C
5.	Berat air awal	5 kg
6.	Berat air akhir	4,953 kg

Tabel 9. Waktu dari penyalaaan awal hingga tatal kayu menjadi abu

No.	Parameter pengamatan (rata-rata)	Perlakuan
		75%
1.	t penyalaaan awal sampai burner ditutup	00 : 01 : 41
2.	t penyalaaan burner sampai memasak	00 : 03 : 27
3.	t air mendidih	00 : 10 : 30
4.	t tatal kayu menjadi abu	00 : 10 : 30

Keterangan : t = waktu (jam : menit : detik)

4. Ampas Biji Jarak

Bahan bakar biomassa yang terakhir digunakan untuk pengujian kompor gas berbahan bakar biomassa dengan menggunakan ampas biji jarak. Pada Tabel 10 dan 11, menyajikan hubungan antara tiga jenis perlakuan dengan berbagai parameter pengamatan. Dengan setelah melakukan pengujian maka didapatkan hasil yang berbeda antara satu perlakuan dengan perlakuan lainnya. Perhitungan rata-rata dari pemakaian ampas biji jarak dapat dilihat pada lampiran 4.

Tabel 10. Perhitungan rata-rata berat ampas biji jarak, suhu air dan berat air dari awal hingga akhir

No.	Parameter pengamatan (rata-rata)	Perlakuan
		75%
1.	Berat ampas biji jarak awal	2,373 kg
2.	Berat ampas biji jarak akhir	0,273 kg
3.	Suhu air awal	29 °C
4.	Suhu air akhir	100 °C
5.	Berat air awal	5 kg
6.	Berat air akhir	1,806 kg

Tabel 11. Waktu rata-rata dari penyalaan awal hingga ampas biji jarak menjadi abu

No.	Parameter pengamatan (rata-rata)	Perlakuan
		75%
1.	t penyalaan awal sampai burner ditutup	00 : 15 : 06
2.	t penyalaan burner sampai memasak	00 : 16 : 44
3.	t air mendidih	00 : 36 : 41
4.	t ampas biji jarak menjadi abu	03 : 22 : 58

Keterangan : t = waktu (jam : menit : detik)

B. Pembahasan

Pada pembakaran tiap-tiap jenis bahan bakar biomassa yang digunakan ternyata diperoleh hasil yang berbeda. Perbedaan dapat diketahui baik dalam proses penyalaan api, lama waktu terjadinya pembakaran, jumlah energi yang terpakai, kapasitas bahan bakar dalam reaktor dan nilai efisiensi dari tiap-tiap jenis bahan biomassa. Penelitian ini dilakukan secara sistematis dimana setelah pembuatan kompor "Belonio" selesai, dilakukan pengumpulan empat jenis bahan bakar yang berbeda. Setelah itu dilakukan penelitian pendahuluan di Bengkel Mekanisasi Pertanian, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

Penelitian pendahuluan ini dilakukan untuk mendapatkan penyalaan api kompor sehingga dapat diketahui penyalaan api kompor yang optimal. Lamanya penelitian pendahuluan ini berlangsung sekitar 3 minggu. Banyak kendala yang terjadi dalam penyalaan api kompor ini.

Diantaranya yang pertama, tidak mudahnya menangkap gas hasil pembakaran dengan *burner*. Pada saat pembakaran bahan bakar biomassa dalam reaktor, terjadi reaksi yang menghasilkan gas dari hasil proses *gasifikasi*.

Gas hasil dari *gasifikasi* ini akan cepat menyebar melalui udara sehingga ketika ujung reaktor ditutup dengan *burner* harus tertutup dengan rapat. Tidak boleh adanya kebocoran sedikitpun karena akan menyebabkan gas keluar dari sisi tempat ujung

reaktor dan *burner* dirapatkan. Fungsi dari *burner* itu sendiri ialah untuk menangkap dan menampung gas dari hasil proses *gasifikasi*, lalu dilakukan penyalaan api pada lubang-lubang yang berada di *burner*.

Kedua, faktor udara luar yang dapat mengakibatkan api yang menyala akan mati. Kecepatan dan jumlah angin yang berasal dari luar akan sangat berpengaruh pada saat penyalaan api kompor. Untuk mengatasi hal ini hendaknya kompor biomassa ini diletakkan di dalam ruangan, agar pada saat penyalaan api kompor dapat diminimalkan dari gangguan udara luar. Ketiga, kecepatan kipas dan kepadatan tumpukan dari tiap-tiap jenis bahan bakar yang digunakan pada saat penyalaan api.

Semakin padat tumpukan bahan bakar yang dimasukkan ke dalam tabung reaktor, maka kecepatan kipas yang dibutuhkan semakin tinggi. Hal ini dilakukan karena susahny pembakaran tanpa adanya udara, sebab udara mengandung gas oksigen yang dibutuhkan untuk proses pembakaran. Penyuplaian udara dari bawah ke atas reaktor harus tersalurkan dengan baik.

Pada saat penyalaan dari tiap-tiap jenis bahan bakar biomassa yang telah digunakan, hanya sekam padi yang dalam penyalaannya sulit dilakukan. Hal ini disebabkan karena sekam padi sulit terbakar dalam jumlah yang banyak. Kepadatan tumpukan yang dimiliki oleh sekam padi paling tinggi dibandingkan dengan serutan kayu, tatal kayu dan ampas biji jarak. Sulitnya penyuplaian udara dari bawah ke atas reaktor karena udara sulit menembus rongga-rongga yang kosong tetapi sangat kecil sekali. Untuk mengatasi ini diperlukan pemakaian kipas dengan kecepatan tinggi agar dapat menembus rongga-rongga yang sangat kecil tersebut.

Penyulutan nyala api dibutuhkan juga dengan disiram minyak tanah secara berkala. Minyak tanah disiram 4 kali yaitu pada saat ketinggian bahan bakar 25%, 50%, 75% dan 90% tergantung kepadatan tumpukan dari jenis bahan bakar biomassa. Banyaknya minyak tanah yang disiram ke bahan bakar hanya sebanyak ± 10 ml. Pada pengujian ini ternyata sekam padi susah untuk penyulutan apinya. Untuk itu berlaku penyiraman minyak tanah sebanyak 4 kali. Sedangkan untuk serutan kayu, tatal kayu dan ampas biji jarak hanya bagian permukaan paling atas saja yang disiram dengan minyak tanah. Hal ini dikarenakan ketiga jenis bahan bakar ini mudah dilakukan penyulutan apinya.

Setelah melakukan penelitian pendahuluan, maka penelitian dilanjutkan dengan pengujian langsung dengan cara merebus air sebanyak 5 liter. Dalam merebus air 5 liter ini ada beberapa tahapan yang telah dilakukan. Tahapan yang pertama ialah mengukur suhu dan berat air sebelum direbus. Kedua, menimbang berat bahan bakar yang akan digunakan. Ketiga, penyalaan api kompor. Keempat, merebus air 5 liter sampai bahan bakar habis terbakar atau tidak menghasilkan gas lagi. Kelima, yaitu mengukur suhu dan berat air setelah perebusan. Pengukuran suhu dan penimbangan berat air, dilakukan untuk mengetahui berapa nilai efisiensi dari tiap-tiap jenis bahan bakar. Terakhir, dilakukan penimbangan berat dari bahan bakar yang tersisa.

Kebutuhan Bahan Bakar

Setelah melakukan penelitian diperoleh berapa banyaknya bahan bakar yang dimasukkan ke dalam reaktor. Pada perlakuan yang telah dilakukan yaitu dengan mengisi bahan bakar biomassa sebanyak 75% dari total volume reaktor. Untuk melakukannya diperoleh dengan cara menimbang dari tiap-tiap jenis bahan bakar biomassa. Apabila ditimbang dari semua bahan bakar biomassa yang telah digunakan, ampas biji jarak paling berat jika diukur dengan perlakuan 75% volume tabung reaktor dibandingkan dengan yang lain. Pada Tabel 12 dan Gambar 14 grafik, menyajikan

perbandingan rata-rata berat bahan bakar biomassa yang telah digunakan dengan memakai tiga perlakuan.

Tabel 12. Perbandingan rata-rata berat bahan bakar biomassa.

No.	Jenis bahan bakar biomassa	Perlakuan
		75%
1.	Sekam padi	0,553 kg
2.	Serutan kayu	0,346 kg
3.	Tatal kayu	0,446 kg
4.	Ampas biji jarak	2,373 kg

5KESIMPULAN

Setelah melakukan pengujian kompor gas “Belonio” berbahan bakar biomassa dengan menggunakan sekam padi, serutan kayu, tatal kayu dan ampas biji jarak, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Semakin padat tumpukan bahan bakar pada tabung reaktor, maka semakin tinggi pula kecepatan kipas yang dibutuhkan untuk menyuplai oksigen dari udara luar menuju dalam tabung reaktor kompor “Belonio”.
2. Ampas biji jarak paling cepat dalam rata-rata waktu mendidihkan air sebanyak 5 liter yaitu 19 menit 41 detik jika dibandingkan dengan sekam padi, serutan kayu dan tatal kayu sebagai bahan bakar kompor biomassa.
3. Ampas biji jarak paling lama dalam rata-rata waktu operasi optimal bahan bakar yaitu 4 jam 15 menit 45 detik jika dibandingkan dengan sekam padi, serutan kayu dan tatal kayu.
4. Warna nyala api paling biru dihasilkan dari penyalaan api dengan menggunakan sekam padi jika dibandingkan dengan bahan bakar biomassa yang lain.
5. Nilai efisiensi kompor dengan penggunaan sekam padi paling tinggi yaitu mencapai 29,57% jika dibandingkan dengan serutan kayu 20,98%, ampas biji jarak 20,83% dan tatal kayu 7,65%.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulkareem, A. S. 2005. *Refining Biogas Produced from Biomass: An Alternative to Cooking Gas*. Leonardo Journal of Sciences. Issue 7, page 1-8.
- Anonim. 1981. *Biogas Fertilizer System. Technical Report on a Training Seminar in China, United Nations Environment Programme, Nairobi*.
- Arsana, I.M.Y. 2005. Pemanfaatan biogas sebagai energi alternatif. Bali Post, 10 Juli 2005.
- Bagi, Z. 2004. *Toward an efficient and integrated biogas technology*. Acta Biologica Szegediensis. **48** (1-4), page 47.
- Brown, V. J. 2006. *Biogas a Bright Idea for Africa*. Environmental Health Perspectives. **114** (5), page A301-A303.
- Burke, D. A. 2001. *Dairy Waste Anaerobic Digestion Handbook*. Environmental Energy Company. Page 1-51.
- Dahlman, J. and C. Forst. 2001. *Technologies Demonstrated at Echo: Floating Drum Biogas Digester*. An Echo Technical Note. Page 1-3.
- Forst, C. 2002. *Technologies Demonstrated At Echo: Horizontal Biogas Digester*. An Echo Concept Paper. Page 1-4.

- Horikawa, M. S., F. Rossi, M. L. Gimenes, C. M. M. Costa and M. G. C. Da Silva. 2004. *Chemical Absorption of H₂S for Biogas Purification*. Brazilian Journal of Chemical Engineering. **21** (03), page 415-422.
- Indartono, Y. S. 2006. *Reaktor Biogas Skala Kecil/Menengah*. Indonesia Energy Information Center.
- Jenangi, L. *Producing Methane gas from Effluent*. Adelaide University. Page 1-22
- Jensen, J. K and A. B. Jensen. 2000. *Biogas and Natural Gas Fuel Mixture for The Future*. Exhibition Centre. Page 1-8.
- Jonsson, O. and M. Persson. 2003. *Biogas as Transportation Fuel*. Factagung. Session **1**, page 99-111.
- Kramer, J. M. 2002. *Agricultural Biogas Casebook*. Foxit Software Company. Page 1-83.
- Landahl, G. 2003. *Biogas as Vehicle Fuel*. A European Overview. Trendsetter Report 2003:3, page 1-50.
- Lehtomaki, A. 2006. *Biogas Production from Energy Crops and crops Residues*. University of Jyvaskyla. Page 1-83.
- Marchaim, U. 2007. *Biogas Processes for Sustainable Development*. Food and Agriculture Organizations of The United Nations.
- Matthews, E. G. 2007. *Biogas for Overseas Volunteers*. Wimborne Energy Consultancy.
- Meynell P.J., 1980, Feasibility Studi for a Sanitation Scheme to Produce Biogas. Technology Consultants Ltd., LondonUK.
- Munasinghe, S. 2000. *Biogas Technology and Integrated Development*. Practical Action (formerly ITDG), page 1-5.
- Nagamani, B. and K. Ramasamy. *Biogas Production Technology: An Indian Perspective*. Tamil Nadu Agricultural University.
- Pambudi, N. A. 2008. *Pemanfaatan Biogas Sebagai Energi Alternatif*. Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
- Roos, C. J. 2007. *A Guide to Pumping Manure Slurries in Centralized Biogas Digester Systems*. Northwest CHP Application Center. Page 1-24.
- Schmersahl, R. and V. Scholz. 2005. *Testing a PEM Fuel Cell System with Biogas Fuel*. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. VII Manuscript EE 05 002. page 1-12.
- Suyati, F., 2006, *Perancangan Awal Instalasi Biogas Pada Kandang Terpencar Kelompok Ternak Tani Mukti Andhini Dukuh Butuh Prambanan Untuk Skala Rumah Tangga*, Skripsi, Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Vijay, V. K., R. Chandra, P. M. V. Subbarao and S. S. Kapdi. 2006. *Biogas Purification and Bottling into CNG Cylinders: Producing Bio-CNG from Biomass for Rural Automotive Applications*. The 2nd Joint International Conference on “ Sustainable Energy and Environment (SEE 2006)”. **C-003** (O), page 1-6.
- Wididana, G.N. dan Wibisono, A.H., 1996, Pertanian Akrab Lingkungan Kyunsei dengan Teknologi EM4. Seminar Nasional Penerapan Teknologi Pertanian Organik, Tasikmalaya, p.1-16.
- Wilk, J. And F. Wolanczyk. 2006. *Availability of Small Combined Heat and Power Unit Fed on Biogas*. Int. J. of Applied Mechanics and Engineering. **11** (3), page 671-678.

- Williams, D. W. and J. J. Frederick. 2001. *Microturbine Operation with Biogas from a Covered Dairy Manure Lagoon*. An ASAE Meeting Presentation. Paper Number 01-1654, page 1-8.
- Yunus, M., 1987, *Teknik Membuat dan Memanfaatkan Unit Gas Bio*, Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.