

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biomassa

Biomassa adalah bahan bakar yang dapat diperbaharui dan secara umum berasal dari makhluk hidup (non-fosil) yang didalamnya tersimpan energi atau dalam definisi lain, biomassa merupakan keseluruhan materi yang berasal dari makhluk hidup, termasuk bahan organik yang hidup maupun yang mati, baik di atas permukaan tanah maupun yang ada di bawah permukaan tanah. Biomassa merupakan produk fotosintesa dimana energi yang diserap digunakan untuk mengkonversi karbon dioksida dengan air menjadi senyawa karbon, hidrogen, dan oksigen.

Biomassa bersifat mudah didapatkan, ramah lingkungan dan terbarukan. Secara umum potensi energi biomassa berasal dari limbah tujuh komoditif yang berasal dari sektor kehutanan, perkebunan dan pertanian. Contoh biomassa antara lain adalah tanaman, pepohonan, rumput, ubi, limbah pertanian, limbah hutan, tinja dan kotoran ternak. Sumber energi biomassa mempunyai beberapa kelebihan, antara lain merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui (*renewable*) sehingga dapat menyediakan sumber energi secara berkesinambungan (*sustainable*). (Rakhmat Kurniawan, 2017)

Potensi biomassa di Indonesia yang bisa digunakan sebagai sumber energi jumlahnya sangat melimpah. Biomassa meliputi semua bahan yang bersifat organik yaitu semua makhluk yang hidup atau mengalami pertumbuhan dan juga residunya (El Bassam dan Maegaard, 2004). Secara keseluruhan potensi energi limbah biomassa Indonesia diperkirakan sebesar 49.807,43 MW. Dari jumlah tersebut, kapasitas terpasang hanya sekitar 178 MW atau 0,36% dari potensi yang ada (Hendrison, 2003; Agustina, 2004). Bahan yang termasuk biomassa antara lain sisa hasil hutan dan perkebunan, biji dan limbah pertanian, kayu dan limbah kayu, limbah hewan, tanaman air, tanaman kecil, dan limbah industri serta limbah permukiman (Bergman dan Zerbe, 2004). Biomassa dapat menghasilkan bahan bakar untuk panas, listrik dan transportasi (Siemers, 2006).

Biomassa merupakan bahan energi yang dapat diperbaharui karena dapat diproduksi dengan cepat. Karena itu bahan organik yang diproses melalui proses geologi seperti minyak dan batubara tidak dapat digolongkan dalam kelompok biomassa. Biomassa umumnya mempunyai kadar volatile relatif tinggi, dengan kadar karbon tetap yang rendah dan kadar abu lebih rendah dibandingkan batubara. Biomassa juga memiliki kadar volatil yang tinggi (sekitar 60-80%) dibanding kadar volatile batubara, sehingga biomassa lebih reaktif dibandingkan batubara.

Teknologi biomassa telah diterapkan sejak zaman dahulu dan telah mengalami banyak perkembangan. Biomassa memegang peran penting dalam menyelamatkan kelangsungan energi di bumi ditinjau dari pengaruhnya terhadap kelestarian lingkungan. Sifat biomassa yang merupakan energi dengan kategori sumber energi terbarukan mendorong penggunaannya menuju ke skala yang lebih besar lagi sehingga manusia tidak hanya tergantung dengan energi fosil. Biomassa memiliki kelebihan yang memberi pandangan positif terhadap keberadaan energi ini sebagai alternatif energi pengganti energi fosil. Beberapa kelebihan itu antara lain, biomassa dapat mengurangi efek rumah kaca, mengurangi limbah organik, melindungi kebersihan air dan tanah, mengurangi polusi udara, dan mengurangi adanya hujan asam dan kabut asap.

2.2 Biopellet

Biopellet adalah jenis bahan bakar padat berbasis limbah dengan ukuran lebih kecil dari ukuran briket. Biopellet dapat dibuat dari beberapa bahan biomassa seperti limbah serbuk kayu jati, serbuk kayu sengon, dan serbuk kayu akasia dengan campuran arang tempurung kelapa. Pellet diproduksi oleh suatu alat dengan mekanisme pemasukan bahan secara terus-menerus serta mendorong bahan yang telah dikeringkan dan termampatkan melewati lingkaran baja dengan beberapa beberapa lubang yang memiliki ukuran tertentu. Proses pemampatan ini menghasilkan bahan padat dan akan patah ketika mencapai panjang yang diinginkan (Suyoko et al., 2020). (Buratti & Fantozzi, 2009) menyatakan terdapat 6 tahapan proses pembuatan biopellet, yaitu: perlakuan pendahuluan bahan baku (*pre-*

treatment), pengeringan (*drying*), pengecilan ukuran (*size reduction*), pencetakan biopelet (*peletization*), pendinginan (*cooling*), dan *silage*. Residu hutan, sisa penggergajian, sisa tanaman pertanian, dan *energy crops* dapat didensifikasi menjadi pelet. Proses peletisasi dapat meningkatkan kerapatan spesifik biomassa lebih dari 1000kg/m³ (Lehtikangas 2001 dan Mani *et al.* 2004).

Berikut standar kualitas dari biopelet menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) dapat dilihat di Tabel 2.2.

Tabel 2.1 Standar Kualitas Biopelet Berdasarkan SNI 8021-2014

Parameter	Nilai
Kadar Air (%)	≤ 12%
Kadar Abu (%)	≤ 1,5 %
Kadar Zat Terbang (%)	≤ 80 %
Kadar Karbon Terikat (%)	≥ 14 %
Kerapatan (g/cm ³)	≥ 0,8 %
Nilai Kalor (kal/g)	≥ 4000

(Sumber: Mawardi *et al.* 2019)

2.3 Kompor Biomassa

Kompor gas biomassa merupakan kompor berbahan bakar biomassa padat. Bahan biomassa adalah semua yang berasal dari makhluk hidup, seperti kayu, tumbuh-tumbuhan, dedaunan, rumput, limbah pertanian, limbah rumah tangga, sampah dan lain-lainnya. Komponen terpenting biomassa yang digunakan untuk pembakaran adalah selulosa dan ligno-selulosa. Sejauh ini biomassa padat terutama kayu sudah dimanfaatkan secara tradisional untuk memasak di daerah-daerah pedesaan, baik melalui dapur tradisional maupun pembakaran langsung. Namun, kualitas pembakaran yang buruk mengakibatkan efisiensi pembakaran biomassa sangat rendah. Disamping itu, asap pembakaran mengakibatkan polusi udara yang berbahaya bagi kesehatan. Pada Gambar 2.1, dapat dilihat tungku tradisional secara umum yang ada di masyarakat Indonesia. Kompor gasifikasi (gas biomassa) mengubah bahan bakar padat seperti biopelet menjadi gas mudah terbakar seperti karbonmonoksida

(CO), hidrogen (H₂), dan metana (CH₄) yang selanjutnya bereaksi dengan oksigen menjadi nyala api (Karmiza & Helianty, 2014).



Gambar 2.1 Dapur tradisional konsumsi banyak kayu

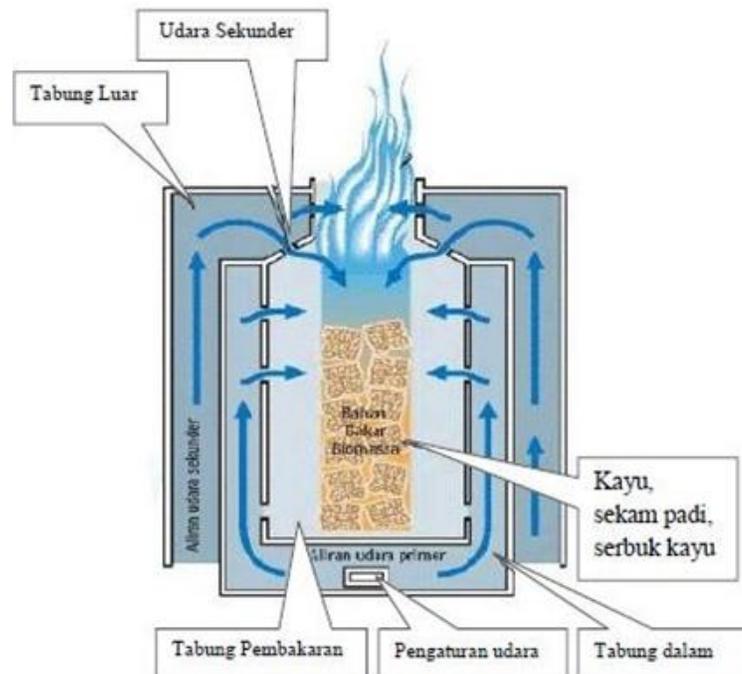
(Sumber: Google.com)

Dapat dilihat pada Gambar 2.2, kompor biomassa menggunakan bahan bakar pelet biasanya memiliki desain yang sederhana yaitu menggunakan sistem *top-lit updraft* (TLUD) yang terdiri dari mekanisme pembakaran secara *preheating*, *counter-flow*, dan *co-firing* (Giyanto, 2020). Prinsip TLUD pada dasarnya adalah melakukan penyalaan di bagian atas sehingga terjadi perpindahan panas ke arah bawah. Udara dari bagian bawah unggun dalam jumlah terbatas (udara primer) dialirkan ke bagian atas unggun sehingga terjadi perpindahan massa udara ke arah atas. Pertemuan antara panas kebawah dan massa udara ke atas menyebabkan terbentuknya panas disekitar unggun biomassa yang bergerak kearah bawah sehingga gas-gas dari pelet biomassa terlepas (proses pirolisa) dan bereaksi secara tak sempurna dengan udara primer. Gas-gas yang terbentuk seperti karbonmonoksida (CO) dan asap hidrokarbon. Selanjutnya seluruh gas tersebut mengalir naik dan dibakar sempurna dibagian atas dengan udara sekunder berlebih sehingga dihasilkan emisi CO yang rendah. Pada saat bersamaan, panas tetap mengalir kebawah dan melanjutkan pembentukan gas pirolisa (Supramono & Winata, 2015).

Tahapan reaksi yang berlangsung simultan dan kontinu dalam reaktor gasifikasi sebagai berikut:

- a. Pengeringan (25°C - 150°C), ditujukan untuk menguapkan air biomassa yang sebagiannya digunakan untuk reaksi selanjutnya.

- b. Pirolisa ($150^{\circ}\text{C} - 800^{\circ}\text{C}$), merupakan reaksi endotermis dalam kondisi tanpa oksigen untuk mendekomposisi biomassa menjadi karbon (C), tar, minyak, gas dan produk pirolisa lainnya secara endotermis.
- c. Oksidasi ($800^{\circ}\text{C} - 1400^{\circ}\text{C}$), merupakan reaksi sangat eksotermis yang ditandai dengan temperatur yang tinggi dan dapat dimanfaatkan kembali oleh tahap pengeringan dan pirolisa.
- d. Reduksi ($600^{\circ}\text{C} - 900^{\circ}\text{C}$), berlangsung pada zona reduksi *gasifier* sehingga gas produser terkonversi menjadi *syngas* (H_2 , CO , dan CH_4). Selanjutnya gas tersebut dengan oksigen dalam udara menghasilkan nyala api (Karmiza & Helianty, 2014).



Gambar 2.2 Struktur kompor gas biomassa

(Sumber: Nurhuda, 2008)

Komponen dan fungsi dari bagian-bagian kompor biomassa gasifikasi yaitu:

- a. Reaktor

Bagian reaktor berfungsi sebagai tempat bahan bakar biomassa dan tempat dimana proses gasifikasi dan combustion berlangsung. Bagian reaktor ini terdiri dari dua lapis silinder seng yaitu tabung luar dan tabung dalam.

b. Lubang udara

Kompor biomassa gasifikasi terdapat 2 jenis lubang udara yaitu lubang udara primer dan lubang udara sekunder. Lubang udara primer mempunyai fungsi membantu proses pembakaran gasifikasi yang akan menghasilkan gas. Lubang udara sekunder mempunyai fungsi pembentukan gas yang dihasilkan dari proses gasifikasi biomassa.

c. *Burner*

Burner berfungsi sebagai tempat berlangsungnya pembakaran gas hasil gasifikasi yang digunakan untuk memasak, burner juga merupakan tempat masuknya udara sekunder untuk membantu pembakaran gas. Karena itu burner juga merupakan tempat menaruh wajan atau panci.

Besarnya energi yang dihasilkan oleh pembakaran suatu bahan bakar bergantung pada:

- Jumlah karbon yang dikandung dan bentuk senyawanya.
- Sempurna atau tidaknya pembakaran.
- Terjadinya pembakaran habis.

2.4 Proses Pembakaran

Pengertian pembakaran secara umum yaitu terjadinya oksidasi cepat dari bahan bakar disertai dengan produksi panas dan cahaya. Pembakaran sempurna bahan bakar terjadi jika ada pasokan oksigen yang cukup. Dalam setiap bahan bakar, unsur yang mudah terbakar adalah karbon, hidrogen, dan sulfur. Tujuan dari pembakaran yang sempurna adalah melepaskan seluruh panas yang terdapat dalam bahan bakar. Hal ini dilakukan dengan pengontrolan “Tiga T” yaitu :

a. T-Temperatur

Temperatur yang digunakan dalam pembakaran yang baik harus cukup tinggi sehingga dapat menyebabkan terjadinya reaksi kimia

b. T-Turbulensi

Turbulensi yang tinggi menyebabkan terjadinya pencampuran yang baik antara bahan bakar dan pengoksidasi

c. T-Time

(Waktu) Waktu yang cukup agar input panas dapat terserap oleh reaktan sehingga berlangsung proses termokimia

Dalam proses pembakaran tidak terlepas dari tahap awal yaitu penyalaan dimana keadaan transisi dari tidak reaktif menjadi reaktif karena dorongan eksternal yang memicu reaksi termokimia diikuti dengan transisi yang cepat sehingga pembakaran dapat berlangsung.

Penyalaan terjadi bila panas yang dihasilkan oleh pembakaran lebih besar dari panas yang hilang ke lingkungan. Dalam proses penyalaan ini dapat dipicu oleh energi termal yang merupakan transfer energi termal ke reaktan oleh konduksi, konveksi, radiasi atau kombinasi dari ketiga macam proses tersebut.

Pembakaran yang sempurna akan menghasilkan tingkat konsumsi bahan bakar ekonomis dan berkurangnya besar kepekatan asap hitam gas buang karena pada pembakaran sempurna campuran bahan bakar dan udara dapat terbakar seluruhnya dalam waktu dan kondisi yang tepat. Kualitas bahan bakar perlu diperhatikan sesuai dengan karakteristiknya sehingga homogenitas campuran bahan bakar dengan udara dapat terjadi secara sempurna agar terjadi pembakaran yang sempurna. Viskositas bahan bakar adalah salah satu karakteristik bahan bakar yang sangat menentukan kesempurnaan proses pembakaran. Viskositas yang tinggi menyebabkan aliran bahan bakar terlalu lambat. Tingginya viskositas menyebabkan beban pada pompa injeksi menjadi lebih besar dan pengabutan saat injeksi kurang sempurna sehingga bahan bakar sulit terbakar.

Energi panas yang dihasilkan dari suatu proses pembakaran senyawa hidrokarbon merupakan kebutuhan energi yang paling dominan dalam *refinery*. Pengelolaan energi yang tepat dan efisien merupakan langkah penting dalam upaya penghematan biaya produksi secara menyeluruh. Pembakaran merupakan reaksi kimia yang bersifat eksotermis dari unsur-unsur yang ada di dalam bahan bakar dengan oksigen serta menghasilkan panas. Proses pembakaran memerlukan udara, namun jumlah udara yang dibutuhkan tidak diberikan dalam jumlah yang tepat secara stoikiometri, namun dlebihkan. Hal ini bertujuan supaya pembakaran berlangsung sempurna. Kelebihan udara ini disebut *excess air* (udara yang berlebih).

Pembakaran yang sempurna akan menghasilkan jumlah panas yang maksimum. Pembakaran dinyatakan secara kualitatif atau kuantitatif dengan reaksi kimia. Jumlah panas yang dihasilkan bahan bakar dinyatakan sebagai nilai kalori pembakaran (*Calorific Value*). Reaksi kimia terjadi melalui suatu proses oksidasi senyawa-senyawa karbon, hidrogen dan sulfur yang ada dalam bahan bakar. Reaksi ini umumnya menghasilkan nyala api.

Terdapat dua istilah pembakaran yang berhubungan dengan udara *excess*, yaitu :

- a. *Neutral combustion*, merupakan pembakaran tanpa *excess* atau defisit udara dan tanpa bahan bakar yang tidak terbakar
- b. *Oxidizing combustion*, merupakan pembakaran dengan *excess* udara. Udara yang berlebih bukan merupakan jaminan pembakaran yang sempurna (Abrar, 2019).

2.5 Stainless Steel

Baja tahan karat atau lebih dikenal dengan *Stainles steel* adalah senyawa besi yang mengandung setidaknya 10,5% Kromium untuk mencegah proses korosi (pengkaratan logam). Komposisi ini membentuk *protective layer* (lapisan pelindung anti korosi) yang merupakan hasil oksidasi oksigen terhadap Krom yang terjadi secara spontan. Kemampuan tahan karat diperoleh dari terbentuknya lapisan film oksida Kromium, dimana lapisan oksida ini menghalangi proses oksidasi besi (Ferum). Tentunya harus dibedakan mekanisme *protective layer* ini dibandingkan baja yang dilindungi dengan coating (misal Seng dan Cadmium) ataupun cat (Masduki. 2011).

2.5.1 Sifat Fisik Stainless Steel

Stainless steel juga dikenal dengan nama lain seperti *cres* atau baja tahan korosi, baja *Inox*. Komponen *stainless steel* adalah Besi, Krom, Karbon, Nikel, Molibdenum dan sejumlah kecil logam lainnya. Komponen ini hadir dalam proporsi yang bervariasi dalam varietas yang berbeda. Dalam *stainless steel*, kandungan Krom tidak boleh kurang dari 11%. Beberapa sifat fisik penting dari *stainless steel* tercantum di bawah ini:

- *Stainless steel* adalah zat keras dan kuat.

- *Stainless steel* bukan konduktor yang baik (panas dan listrik).
- *Stainless steel* memiliki kekuatan ulet tinggi. Ini berarti dapat dengan mudah dibentuk atau bengkok atau digambar dalam bentuk kabel.
- Sebagian varietas dari *stainless steel* memiliki permeabilitas magnetis.
- Tahan terhadap korosi.
- Tidak bisa teroksidasi dengan mudah.
- *Stainless steel* dapat mempertahankan ujung tombak untuk suatu jangka waktu yang panjang.
- Bahkan pada suhu yang sangat tinggi, *stainless steel* mampu mempertahankan kekuatan dan tahanan terhadap oksidasi dan korosi.
- Pada temperatur cryogenic, *stainless* bisa tetap sulit berubah.

2.5.2 Sifat Kimia *Stainless Steel*

Stainless steel adalah paduan logam yang lebih disukai untuk membuat peralatan dapur, karena tidak mempengaruhi rasa makanan. Permukaan peralatan *stainless steel* yang mudah dibersihkan. Minimal pemeliharaan dan daur ulang total peralatan *stainless steel* juga berkontribusi terhadap popularitas mereka. *Stainless steel* adalah nama universal untuk paduan logam, yang terdiri dari Kromium dan Besi. Sering disebut juga dengan baja tahan karat karena sangat tahan terhadap noda (berkarat).

Besi murni adalah unsur utama dari *stainless steel*. Besi murni adalah rentan terhadap karat dan sangat tidak stabil, seperti yang diekstraksi dari bijih besi. Karat besi adalah karena reaksi dengan oksigen, di hadapan air. Kromium membentuk lapisan transparan dan pasif kromium oksida, yang mencegah kerusakan mekanik dan kimia. Konstituen kecil lainnya dari baja adalah Nikel, Nitrogen dan Molibdenum. Kandungan kecil Nikel meningkatkan ketahanan korosi lebih lanjut, dan melindungi *stainless steel* dari penggunaan kasar dan kondisi lingkungan yang keras. Pitting atau jaringan parut dihindari dengan menambahkan Molybdenum untuk baja.

Sifat kimia dan struktur baja stainless ditingkatkan menggunakan paduan lainnya. Titanium, Vanadium dan Tembaga adalah paduan yang membuat stainless steel lebih cocok untuk keperluan tertentu. Tidak hanya logam, tetapi juga non-logam seperti Nitrogen, Karbon dan Silikon yang digunakan untuk membuat *stainless steel*.

Sifat kimia bertanggung jawab atas ketahanan korosi dan struktur mekanik dari baja stainless yang penting untuk memilih nilai sempurna untuk aplikasi yang diperlukan. Baja stainless memiliki properti dasar perlawanan-korosi. Faktor-faktor yang mempengaruhi properti ini adalah komposisi kimia dari media korosif, komposisi kimia logam yang digunakan, variasi suhu dan kandungan oksigen dan aerasi medium. Dengan demikian, variasi-variasi kecil dalam komposisi kimia dapat digunakan untuk berbagai stainless steel.

2.6 Galvanis

Galvanization (atau galvanisasi) adalah proses penerapan protective zinc coating pada baja atau besi, untuk mencegah berkarat. Istilah ini berasal dari nama ilmuwan Italia Luigi Galvani. Meskipun galvanisasi dapat dilakukan dengan elektrokimia dan proses elektrodeposisi, metode yang paling umum digunakan saat ini adalah hot-dip galvanisasi, bahan baja di rendam didalam bak zinc cair (molten zinc). Sedangkan disini lebih dikenal dua teknik dasar dalam pelapisan anti-karat pada besi yaitu Galvanis atau Galvanized atau Galvalume. Untuk Galvalum finishingnya terdiri dari: 55% unsur coatingnya adalah aluminium, 43,5% adalah unsur seng/zinc dan 1,5% unsur silikon. Teknik Kedua disebut Zincalume. Zincalume pelapisannya terdiri dari: 98% unsur coatingnya adalah seng/zinc dan 2% adalah unsur aluminium. Zincalume sering dipakai untuk pelapisan besi atau baja ringan dengan berat perbatangnya kurang dari 5 kg.

Secara kasatmata apa beda antara galvanis dan zincalume? Galvanis dapat dikenali dengan warnanya yang silver atau bronze namun tidak mengkilat atau doff. Warna ini disebut juga dull silver. Sedangkan zincalume karena kandungan zinc-nya

tinggi, maka akan berwarna silver mengkilat atau glossy silver. Meski tentunya tingkat kilapnya masih dibawah stainless steel.

Galvanis punya tingkat ketebalan beragam. Mulai dari 1 micron (seperseribu milimeter) sampai 9 micron bahkan lebih. Untuk ketebalan 1 micron biasanya produsen memberi jaminan 3 tahun anti karat (3years rustfree) dan untuk ketebalan 7 micron produsen bisa memberi jaminan hingga 30 tahun. Sedang proses galvanis ada dua macam. Pertama adalah electro-plating atau UCP Galvanis. Proses ini dengan cara memberi aliran listrik dalam kolam galvanis. Sehingga partikel galvanis menempel pada besi sampai ketebalan yang diinginkan.

Sedang proses kedua adalah hot-dip galvanis (hot dipped galvanized), yaitu dengan mencelupkan besi ke dalam kolam galvanis panas. Semakin sering dicelup semakin tebal lapisan galvanisnya. Selain pelapisan logam, untuk proses antikorosi dikenal juga pengecatan dengan cat zinc chromate. Cat zincromat dipakai pada industri kapal dan konstruksi yang bersentuhan dengan air. Ketahanan zincromat dengan 2 kali aplikasi bisa sampai 2 tahun

2.7 Isolator

Isolasi termal adalah cara atau proses yang digunakan untuk mengurangi perpindahan panas (kalor). Bahan yang digunakan untuk mengurangi laju perpindahan panas disebut isolator. Energi panas (kalor) ditransfer secara konduksi, konveksi, dan radiasi. Oleh karena itu, panas masih dapat lolos meskipun ada upaya untuk menutupinya, akan tetapi isolator berfungsi mengurangi panas yang lolos tersebut. Isolator digunakan untuk memperkecil perpindahan energi panas. Aliran panas dapat dikurangi dengan menangani satu atau lebih dari tiga mekanisme perpindahan panas dan tergantung pada sifat fisik bahan isolator yang akan digunakan. Adapun syarat-syarat isolator yang baik yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan jenis bahan yang akan dibuat sebagai isolator panas pada dinding kompor gas biomassa menurut (Burlian et al., 2014) adalah sebagai berikut:

1. Memiliki nilai konduktivitas termal yang rendah
2. Bahan isolator yang digunakan mudah untuk didapatkan

3. Memiliki harga yang cukup ekonomis
4. Mudah dibuat dan dipasangkan pada dinding kompor

2.7.1 Asbestos

Asbes atau asbestos merupakan bahan tambang, yang terdiri dari serat silikat mineral dan komposit kimiawi yang berbeda, lebih tahan dengan asam dan api daripada bahan lainnya. Asbes memiliki 2 bentuk, *serpentine* dan *amphibole*, terbuat dari magnesium silikat murni. Asbes biasa digunakan untuk isolasi termal, isolasi listrik, pelapis rem, dan telah banyak digunakan diberbagai industri dunia seperti isolasi pipa uap, turbin, *boiler*, *kiln*, *oven*, dan peralatan produk bertemperatur tinggi lainnya (Wiranjaya dkk, 2014). Isolator jenis asbestos dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Serat Asbestos

Sumber: Google.com

2.7.2 Fiberglass

Fiberglass adalah bahan yang diproduksi dengan menggabungkan filamen kaca yang sangat tipis dikombinasikan dengan komposisi resin, biasanya poliester. *Fiberglass* dapat disusun ulang, diratakan menjadi bentuk lembaran atau ditenun menjadi kain. Bahan *fiberglass* sudah sejak lama digunakan secara luas terutama untuk bidang konstruksi mengingat sifat konstruksinya yang sangat kuat dan ringan. Selain digunakan dalam bidang konstruksi, *fiberglass* juga digunakan dalam bidang pengisolasian. Selain mempunyai sifat konstruksi yang kuat, *fiberglass* juga mempunyai sifat-sifat lain yang mendukung untuk digunakan dalam bidang pengisolasian. Sifat-sifat tersebut diantaranya kedap air dan udara, dan memiliki konduktivitas termal yang kecil dimana sifat ini merupakan syarat agar suatu bahan bisa dijadikan isolator yang baik (Amung dkk, 2017). Isolator jenis *fiberglass* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Serat *fiberglass*

Sumber: Google.com

2.7.3 *Rockwool*

Rockwool adalah jenis wol mineral yang sering berfungsi sebagai bahan isolasi untuk rumah tinggal dan bangunan. *Rockwool* sering dibandingkan dengan *glasswool*, karena keduanya adalah jenis umum dari isolasi bangunan. Keuntungan menggunakan *rockwool* untuk mengisolasi/*insulation* lebih banyak dibanding kerugiannya, karena jenis isolasi ini dapat menawarkan perlindungan tambahan terhadap kebakaran, kerusakan air, dan kebisingan.

Rockwool adalah material *insulation*, termasuk jenis isolasi termal. Terbuat dari bahan tambang *fiber* ringan dengan inti berupa batu alam yang dipadukan dengan damar panas. Bahan baku terdiri dari batu vulkanik atau basalt. Serat tersebut kemudian dikumpulkan dan dikompresi menjadi tikar besar. Sebelum memasuki oven perawatan *curing*, kepadatan dan struktur keseluruhan dari *rockwool* disesuaikan dan disetujui. Ketika *rockwool* telah melalui oven perawatan *curing*, *wool* dipotong menjadi lembaran dan kubus. Sementara beberapa isolasi dipotong untuk isolasi pipa, jenis lainnya yang dipotong untuk keperluan perumahan (Wiranjaya dkk, 2014). Isolator jenis *rockwool* dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 *Rockwool*

Sumber: Google.com

2.8 Water Boiling Test

Water Boiling Test (WBT) adalah metode pengujian yang digunakan untuk mengetahui kinerja suatu tungku dalam skala laboratorium, dimana kondisi iklim, bahan bakar (kelembaban, spesies, bentuk), jenis alat masak, pemasak, termasuk cara mengoperasikan tungku dipertahankan sama disepanjang pengujian (Mulyanto dkk, 2016). Air berfungsi sebagai media transfer panas untuk menghitung besarnya energi yang dihasilkan oleh kompor. Dengan menggunakan metode *Water Boiling Test* (WBT), maka dapat diukur efisiensi pembakaran dari kompor yang menggunakan biopellet (Nurhilal, 2018).

Metode WBT mengukur temperatur air dan temperatur saat air menguap. Efisiensi termal dihitung dengan membandingkan jumlah panas yang diserap oleh air untuk kenaikan temperaturnya dan panas laten penguapan air terhadap panas yang dihasilkan dari pembakaran volatile matter yang terkandung dalam biomassa (Supramono & Winata, 2015).

Parameter yang dicari dalam WBT adalah waktu yang diperlukan untuk mendidihkan air, jumlah bahan bakar yang digunakan dalam waktu tersebut, jumlah air yang menguap. Data-data tersebut dipakai untuk menghitung laju bahan bakar, daya output (*power*), dan efisiensi.

- a. FCR adalah *Fuel Consumption Rate* atau laju bahan bakar (kg/jam), m_{bt} sebagai massa bahan bakar terpakai (kg), m_a adalah massa bahan bakar awal (kg), merupakan massa bahan bakar akhir (kg), dan t adalah waktu untuk mendidihkan air (jam). (Sumber :Barlin dan Nainggolan, 2012)

$$FCR = \frac{m_{bt}}{t} \quad (1)$$

$$m_{bt} = m_a - m_{ak} \quad (2)$$

- b. Daya output / *Power* kompor (P) Menggunakan persamaan dari Mulyanto, dkk (2016) :

$$P = \frac{m_{bt} \times LHV}{t} \quad (3)$$

Dengan P adalah *Power* (kW), dan LHV adalah *Lower Heating Value* (kJ/kg).

- c. Efisiensi termal merupakan rasio perbandingan kalor yang dihasilkan oleh bahan bakar terhadap kalor yang diterima oleh air untuk menaikkan suhunya dan menguapkannya. Perhitungan efisiensi termal dilakukan dengan menggunakan persamaan umum yang biasa digunakan metode water boiling test sebagai berikut (BSNI, 2013 dalam Prihtian Pambudi dkk, 2019).

$$\eta_T = \frac{M_a \cdot C_p \cdot \Delta T + \Delta M_a \cdot L}{\Delta M_k \cdot LHV} \times 100\% \quad (4)$$

Berbeda dengan keterangan 3 persamaan sebelumnya, dimana η_T adalah efisiensi termal (%), m_a adalah massa air (kg), C_p adalah kalor jenis air bernilai 4,1866 kJ/kg°C, ΔT adalah selisih suhu air (°C), Δm_a adalah massa air yang menguap (kg), L adalah kalor penguapan air bernilai 2268 kJ/kg, Δm_k adalah massa bahan bakar terpakai (kg), dan LHV adalah *Lower Heating Value* (kJ/kg).