

## **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.

### **2.1.1. Teknologi Konversi Biomassa**

Secara umum teknologi konversi biomassa menjadi bahan bakar dapat dibedakan menjadi tiga yaitu pembakaran langsung, konversi termokimiawi dan konversi biokimiawi. Pembakaran langsung merupakan teknologi yang paling sederhana karena pada umumnya biomassa telah langsung dibakar. Konversi termokimia merupakan teknologi yang memerlukan perlakuan termal untuk memicu reaksi kimia dalam menghasilkan bahan bakar. Sedangkan konversi biokimiawi merupakan teknologi konversi yang menggunakan bantuan mikroba dalam menghasilkan bahan bakar (Susanto, 2008). Salah satu contoh teknologi biomassa yaitu Biopellet.

Biopellet adalah bahan bakar biomassa berbentuk pellet yang memiliki keseragaman ukuran, bentuk, kelembapan, densitas dan kandungan energi (Abelloncleanenergi, 2009).

Pada umumnya, biopellet yang dihasilkan mempunyai diameter 8-11 mm dan panjang 15-20 mm (MF Mahdi, 2017). Penambahan perekat yang digunakan pada proses pembuatan biopellet berdasarkan penelitian Tabil (1996) diacu dalam Liliana, W. (2010) yaitu 0,5-5% sedangkan ukuran mesh yang digunakan ialah ukuran 20 mesh dan 60 mesh. Fantozzi dan Buratti (2009) menyatakan terdapat 6 tahapan proses pembuatan biopellet, yaitu: perlakuan pendahuluan bahan baku (*pre-treatment*), pengeringan (*drying*), pengecilan ukuran (*size reduction*), pencetakan biopellet (*pelletization*), pendinginan (*cooling*), dan *silage*. Residu hutan, sisa penggergajian, sisa tanaman pertanian, dan *energi crops* dapat didensifikasi menjadi pellet. Proses pelletisasi dapat meningkatkan kerapatan spesifik biomassa lebih dari 1000 kg/m<sup>3</sup> (Lehtikangas 2001 dan Mani *et al.* 2004).

Keunggulan utama pemakaian bahan bakar biopellet biomassa adalah penggunaan kembali bahan limbah seperti serbuk kayu yang biasanya dibuang begitu saja. Serbuk kayu yang terbuang begitu saja dapat teroksidasi dibawah kondisi yang tak terkendali akan membentuk gas metana atau gas rumah kaca (Cook, 2007). Selain itu menurut PFI (2007), pellet memiliki konsistensi dan efisiensi bakar yang dapat menghasilkan emisi yang lebih rendah dari kayu. Bahan bakar pellet menghasilkan emisi bahan partikulat yang paling rendah dibandingkan jenis lainnya. Adapun standar kualitas biopellet berdasarkan SNI 8021-2014 dan beberapa negara dapat dilihat berturut-turut pada tabel 1 dan 2

## 2.2. Ketapang

Ketapang (*Terminalia Cattapa*) merupakan salah satu tanaman berbuah yang termasuk dalam kelas *combretaceae* dengan *terminalia*. Buah pohon ketapang ini seperti buah almond. Besar buahnya kira-kira 4 – 5,5 cm. Buah ketapang ber-warna hijau tetapi ketika tua warnanya menjadi merah kecoklatan. Kulit terluar dari bijinya licin dan ditutupi oleh serat yang mengelilingi biji tersebut. Buah ini merupakan tanaman yang mudah tumbuh serta mudah untuk dikembangkan. Tanaman ini pada umumnya merupakan tanaman yang banyak ditanam di daerah perkantoran, selain itu tanaman ini tidak memerlukan perawatan khusus dan tanaman ini dapat tumbuh dan menghasilkan buah yang banyak.



**Gambar 2.1** *Terminalia catappa*



**Gambar 2.2** Buah dan Biji Ketanang (*Terminalia*)

Namun ironisnya, tingginya produksi buah ketapang ini tidak didukung dengan pemanfaatan se-cara optimal (Nur Hidayah, 2014). Buah ketapang yang sudah matang berwarna coklat tua jatuh begitu saja berserakan di tanah dan menjadi limbah atau sampah. Hal ini sangat disayangkan. Jika dilihat dari struktur anatominya, buah ketapang terutama yang berwarna cokelat menyerupai kayu. Peneliti berkeinginan untuk mengolah buah ketapang yang berwarna cokelat menjadi briket sebagai salah satu energi terbarukan. Pilihan mengolah buah ketapang menjadi briket karena permasalahan krisis energi yang saat ini terus meneror seluruh lapisan masyarakat di dunia. Populasi yang terus meningkat tanpa diiringi dengan penambahan alternatif energi membuat penghuni bumi kalang kabut. Oleh karena itu perlu segera ada energi terbarukan yang menjadi pilihan alternatif masyarakat untuk mengganti-sipasi kelangkaan sumber energi konvensional beberapa tahun mendatang (Nur Hidayah, 2014).

Energi terbarukan dengan bahan baku melimpah dan terbuat dari bahan yang memiliki nilai ekonomis tinggi merupakan suatu impian. Bahkan akan sangat ekonomis jika energi terbarukan tersebut terbuat dari limbah produksi yang dilakukan oleh industri itu sendiri (Nur Hidayah, 2014).

Biji ketapang dapat dimakan mentah atau dimasak, konon lebih enak dari biji kenari, dan digunakan sebagai pengganti biji amandel (*almond*) dalam kue. Inti bijinya yang kering jemur menghasilkan minyak berwarna kuning hingga setengah dari bobot semula serta biji dari ketapang bisa dijadikan minyak goreng dengan cara diekstraksi. Sedangkan biji ketapang juga bisa dijadikan biopelet untuk bahan bakar untuk memasak sebagai pengganti energi fosil.

**Tabel 2.1** Komposisi Biji Ketapang

No.	Komposisi (per 100gr bahan)	Nilai	Satuan
1.	Air	4,13	%
2.	Protein	23,78	%
3.	Abu	4,27	%
4.	Serat	4,94	%
5.	Lemak	51,80	%
6.	Karbohidrat	16,02	%
7.	Kalium	9280 ±0,14	Mg
8.	Kalsium	827,20 ±2,18	Mg
9.	Magnesium	798,6 ±0,32	Mg
10.	Sodium	27,89 ±0,42	Mg

Sumber: Sotyati (2017)

## 2.3 Biopelet

### 2.3.1 Penjelasan Tentang Biopelet

Biopelet merupakan salah satu bentuk energi terbarukan yang dibuat dari biomassa kayu, seperti limbah kayu industri perkayuan dan pemanenan kayu atau tumbuhan berkayu yang dipadatkan (Sylviani *et al.* 2013, Tampubolon 2008). Biopelet merupakan bahan bakar unggul yang memiliki energi yang lebih besar bila dibandingkan kayu bakar atau serbuk gergajian karena lebih padat, lebih mudah ditangani, tidak perlu ruang penyimpanan yang besar, dan memiliki sifat yang ramah lingkungan sehingga banyak digunakan oleh konsumen sebagai bahan bakar untuk pemanasan di rumah atau bahan bakar industri kecil (Ciolkosz 2009).

### 2.3.2 Proses Produksi Biopelet

Proses produksi biopelet terdiri dari beberapa tahap, yaitu penghancuran atau pengecilan ukuran bahan baku (*pulverizing*), pengeringan dan pembersihan bahan baku (*drying and cleaning*), pembentukan biopelet (*pelleting*), dan pendinginan dan pengemasan biopelet (*cooling and packaging*) (Karina, 2016):

#### 1. Penghancuran atau Pengecilan Ukuran Bahan Baku

Mesin yang digunakan untuk mencacah atau memotong bahan baku antara lain: *chipper*, *shredder*, dan *wood crusher*. Ukuran serpihan kayu yang ingin didapatkan, yaitu 3-5 mm. Bahan baku yang sudah halus, seperti serbuk gergajian, tidak perlu dipotong atau dicacah. Serpihan kayu yang tidak lolos penyaringan akan diproses kembali. *Waste* akan dihasilkan dari setiap mesin pencacah atau pemotong kayu.

#### 2. Pengeringan dan Pembersihan Bahan Baku

Pengeringan dilakukan untuk menurunkan kadar air bahan baku menggunakan *rotary/drum dryer*. Kadar air yang ideal adalah 10 % untuk mengantisipasi kenaikan kadar air selama penyimpanan di dalam gudang. Lama waktu pengeringan bergantung pada jumlah bahan baku atau serpihan kayu yang masuk ke *dryer*, semakin banyak jumlah serpihan kayu yang masuk ke dalam *dryer* maka waktu pengeringan semakin lama. Setelah pengeringan dilakukan, proses selanjutnya adalah pembersihan bahan baku. Mesin yang digunakan adalah *cyclone*, yang akan memisahkan bahan baku dari debu (*dust*), logam-logam kecil (*metal scraps*), dan lain sebagainya.

#### 3. Pembentukan Biopelet

Bahan baku yang telah bersih kemudian dibentuk menjadi biopelet menggunakan mesin *ring/flat die pellet mill*. Serbuk kayu berukuran < 1 mm dengan kadar air yang telah sesuai akan didensifikasi pada *pellet machine*. Panjang biopelet yang dihasilkan dapat ditentukan menggunakan *slicer* pada bagian samping *die*. Menurut Kaliyan dan Morey (2009) kondisi optimum densifikasi secara umum disajikan pada Tabel 2.2.

**Tabel 2.2** Kondisi optimum densifikasi proses *pelleting*

<b>Faktor densifikasi</b>	<b>Kondisi optimum</b>	<b>Kondisi optimum SPI</b>
	<b>(Kaliyan dan Morey 2009) (PT Solar Park Indonesia)</b>	
<i>Fat/oil (before pelletized)</i>	1.5-6.5 %	4-6 %
<i>Feed MC</i>	8-12 %	7-8 %
<i>Feed particle size</i>	0.5-1.0 mm	<1.0 mm
<i>Conditioning temperature</i>	65-100 °C	160-260 °C
<i>Conditioning time</i>	150-250 seconds	120-240 seconds
<i>Pressure</i>	100-150 Mpa	100-130 Mpa
<i>Pellet Mill</i>	<i>Die diameter</i> 6 mm	<i>Die diameter</i> 4.8-9.5 mm
	150-250 Rpm	180 <i>Low speed</i>
<i>Gap between the roller and</i>	2-4 mm	2 mm
<i>Die</i>		
<i>Cooling/drying</i>	MC < 13 %	5-7 %
<i>Storage condition</i>	25 °C or below	24-25 °C

#### **4. Pendinginan dan Pengemasan Wood Pellet**

Suhu biopellet yang dihasilkan *ring/flat die pellet mill* bisa mencapai 90-100 °C. Biopellet yang sangat panas ini perlu didinginkan terlebih dahulu dengan menggunakan *cooler machine* hingga mencapai suhu kamar agar dapat dikemas dengan menggunakan *packing machine*.

## 2.4 Pengepresan

Biopellet dapat diperoleh dengan dua cara pengepresan, yaitu pengepresan hidrolis dan pengepresan berulir. Pada penelitian ini cara yang digunakan dalam pengambilan biopellet biji ketapang adalah dengan metode pengepresan berulir. Dua cara yang umum dalam pengepresan yaitu pengepresan hidrolis (*hydraulic pressing*) dan pengepresan berulir (*screw pressing*).

### 2.4.1 Pengepresan Hidrolis (*Hydraulic Pressing*)

Pada cara *hydraulic pressing*, bahan dipres dengan tekanan sekitar 2000 lb/in<sup>2</sup>. Banyaknya minyak atau lemak yang dapat diekstraksi tergantung dari lamanya pengepresan, tekanan yang digunakan serta kandungan minyak dalam bahan. Sedangkan banyaknya minyak yang tersisa pada bungkil bervariasi sekitar 4-6%, tergantung dari lamanya bungkil ditekan dibawah tekanan hidrolis.

### 2.4.2 Pengepresan Berulir (*Screw Pressing*)

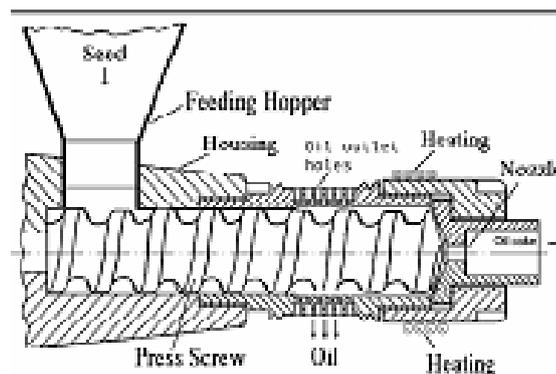
Cara *screw pressing* memerlukan perlakuan pendahuluan yang terdiri dari proses pemasakan atau tempering. Proses pemasakan berlangsung pada temperatur 240°F dengan tekanan sekitar 15-20 ton/inch<sup>2</sup>. Kadar air minyak atau lemak yang dihasilkan berkisar sekitar 2,5-3,5 persen, sedangkan bungkil yang dihasilkan masih mengandung minyak sekitar 4-5 persen. Metode pengepresan berulir merupakan metode ekstraksi yang lebih maju dan telah diterapkan di industri pengolahan minyak. Cara ekstraksi ini paling sesuai untuk memisahkan minyak dari bahan yang kadar minyaknya di atas 10%.

Tipe alat pengepres berulir yang digunakan dapat berupa pengepres berulir tunggal (*single screw press*) atau pengepres berulir ganda (*twin screw press*). Pada pengepresan jarak pagar, dengan teknik pengepres berulir tunggal (*single screw press*) dihasilkan rendemen sekitar 28-34 persen, sedangkan dengan teknik pengepres berulir ganda (*twin screw press*) dihasilkan rendemen minyak sekitar 40-45 persen. Pengepresan dengan pengepresan berulir memiliki beberapa kelebihan, yaitu:

- Kapasitas produksi menjadi lebih besar karena proses pengepresan dapat dilakukan secara kontinyu.
- Menghemat waktu proses produksi.

- Rendemen yang dihasilkan lebih tinggi.

Cara kerja alat ekstraksi biji jarak tipe berulir (*screw*) ini adalah dengan menerapkan prinsip ulir dimana bahan yang akan dipress ditekan dengan menggunakan daya dorong dari ulir yang berputar. Bahan yang masuk ke dalam alat akan terdorong dengan sendirinya ke arah depan, kemudian bahan akan mendapatkan tekanan setelah berada di ujung alat. Semakin bahan menuju ke bagian ujung alat, tekanan yang dialami bahan akan menjadi semakin lebih besar. Tekanan ini yang akan menyebabkan kandungan minyak yang terdapat dalam bahan keluar. Minyak kasar yang keluar dari mesin press dialirkan dan ditampung ke dalam tangki penampung selama beberapa waktu agar kotoran-kotoran yang terikut di dalamnya mengendap. Dan sisa biji ketapang yang tidak terkonversi menjadi minyak akan dijadikan biopelet.



**Gambar 2.3** Alat Pengepresan Berulir

## 2.5 Spesifikasi Kualitas Pelet

Spesifikasi bahan biopelet yang perlu diketahui diantaranya adalah:

### 1. Sifat Kimia

Analisis sifat kimia atau sering disebut analisis proksimat dapat meliputi parameter fixed carbon, volatile matter, kadar abu dan juga kadar air yang telah disebutkan diatas.

#### a. Kandungan Air

Analisa kandungan air bertujuan mengetahui kandungan air yang berada pada pelet. Pengaruh kandungan air yang berlebih akan mempengaruhi nilai kalor dan suplai panas karena penguapan dan

pemanasan berlebih dari uap, serta membantu radiasi transfer panas (Imam Budi Raharjo, 2006). Kandungan air dapat dibedakan antara lain:

1. Kandungan air bebas (free moisture)

Kandungan air bebas adalah air yang diserap pada permukaan pelet, kandungan air ini dapat dihilangkan dengan cara dikeringkan. Kandungan air ini berasal dari uap di lingkungan sekitar, air hujan, dan sebagainya.

2. Kandungan air bawaan (inherent moisture)

3. Kandungan air ini terikat secara kimiawi dan fisika pada pelet.

4. Kandungan air total (total moisture)

Kandungan air total merupakan banyaknya kandungan air dalam pelet. Kandungan ini mempengaruhi kondisi pengeringan dan hasil pengeringan akan berpengaruh terhadap penyalan awal dan nilai kalor.

b. Kandungan Abu

Kandungan abu merupakan material organik yang terkandung didalam pelet setelah dilakukan pembakaran pada kondisi temperature tertentu. Kandungan abu dapat berasal dari

1) Pengotoran luar

Pengotoran ini terjadi pada permukaan pelet saat proses cetak pelet dilakukan.

2) Pengotoran dalam

Pengotoran ini terjadi karena adanya kandungan mineral lain di dalam pelet pada saat pembentukan pelet.

Abu merupakan residu dari bahan mineral yang dihasilkan selama pembakaran pelet yang terjadi secara sempurna. Kandungan abu akan terbawa bersama gas pembakaran dalam bentuk *fly ash* yang jumlahnya mencapai 30% dan abu dasar sebesar 10%. Semakin tinggi kadar abu akan mempengaruhi tingkat pengotoran, keausan dan korosi peralatan (Yulinah Trihadiningrum, 2008).

c. Volatile Matter (VM)

Zat terbang adalah bagian dari pelet dimana bila pelet dipanaskan tanpa kontak dengan udara pada suhu sekitar 900°C akan berubah menjadi gas. *Volatile matter* terdiri dari gas-gas yang *comustable* seperti metana, hidrokarbon ringan, hydrogen, dan karbon monoksida (CO) serta sebagian kecil *non combustible*

seperti uap air dan karbondioksida. Kandungan zat terbang yang tinggi akan mempercepat pembakaran tetapi sebaliknya zat terbang rendah akan mempersukar proses pembakaran (Imam Budi R., 2006).

d. *Fixed Carbon*

Karbon tertambat merupakan karbon dalam keadaan bebas, tidak bergabung dengan elemen lain yang tertinggal setelah materi yang mudah menguap dilepaskan selama analisis suatu sampel padat kering. Kandungan utamanya tidak hanya karbon dan jumlah zat terbang digunakan sebagai perhitungan untuk menilai kualitas bahan bakar, yaitu nilai fuel ratio (Imam Budi R., 2006).

## 2. Nilai Kalor

Analisis biomassa secara umum dibagi tiga yaitu analisa proksimat, analisa ultimate dan satu analisa tersendiri ialah analisa nilai kalor. Nilai kalor merupakan ukuran panas yang dihasilkan dan diukur sebagai nilai kalor LHV (gross calorific value) atau nilai kalor HHV (netto calorific value).

Perbedaan dari LHV dan HHV ditentukan oleh panas laten kondensasi dari uap air yang dihasilkan selama proses pembakaran. HHV menunjukkan bahwa seluruh uap yang dihasilkan selama proses pembakaran sepenuhnya terkondensasi. Sedangkan LHV menunjukkan air yang keluar dengan produk pengembunan tidak seluruhnya terkondensasi. (Yulinah Trihadiningrum, 2008).

## 3. Sifat Mekanik

a. *Drop Test*

Pengujian shatter index adalah pengujian daya tahan pelet terhadap benturan yang dijatuhkan pada ketinggian 90 cm. pengujian ini dilakukan untuk menguji seberapa kuatnya pelet biji ketapang terhadap benturan yang disebabkan ketinggian dan berapa % bahan yang hilang atau yang lepas dari pelet akibat dijatuhkan pada ketinggian 90 cm.

b. Kerapatan

Kerapatan atau densitas merupakan perbandingan antara massa kayu dengan volume kayu (Haygreen dan Bowyer, 1996). Nilai kerapatan biopelet yang tinggi dapat memudahkan dalam hal penyimpanan, penanganan, dan

transportasi biopellet (Adapa *et al.* 2007 dalam Nurwigha 2012). Tinggi-rendahnya kerapatan pada biopellet dipengaruhi oleh tekanan pada saat pengepresan.

**Tabel 2.3** Syarat Mutu Biopellet

No	Metode Pengujian	Nilai Syarat	Nilai Syarat
		DIN EN 14961-2	SNI 8021:2014
1	Kadar Air	$\leq 10 \%$	$\leq 12 \%$
2	Kerapatan	1.0 - 1.4 g/cm <sup>3</sup>	$\geq 0.8$ g/cm <sup>3</sup>
3	Kadar Abu	$\leq 1.5 \%$	$\leq 1.5 \%$
4	Ketahanan	96.50%	-
5	Nilai Kalor	$\geq 3821.5$ Kkal/Kg	$\geq 4000$ Kkal/Kg
6	Kadar Zat Terbang	-	$\leq 80$
7	Diameter	6 mm – 12 mm	-
8	Panjang	$3,15 \leq L \leq 40$ mm	-