

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sejarah Penelitian

Proses pembuatan biopelet dengan dengan bahan baku cangkang/daging biji karet menjadi telah daya tarik peneliti sebelumnya. Pada umumnya, dibutuhkan bahan pengikat yang cocok dalam membentuk biopelet seperti tetes tebu (Ahmad Latief, 2015) dan zat tepung (M. Fadzli Hamid, dkk., 2016), dapat menjadi bahan pengikat biopelet biji karet. Akan tetapi, bahan yang digunakan tersebut tidak mudah terbakar, sehingga mengakibatkan sulitnya biopelet untuk terbakar dan akan meninggalkan sisa setelah pembakaran. Sehingga diperlukan pengembangan teknik produksi dan bahan pengikat biomassa yang dapat meningkatkan kualitas biopelet.

Umumnya, cangkang/biji karet banyak dimanfaatkan sebagai briket dibandingkan biopelet. Telah diperoleh bahan bakar briket (ukurannya lebih besar dari biopelet) cangkang/daging biji karet dengan pengikat tetes tebu melalui proses karbonisasi pada suhu 250°C dan pengepresan maksimal 10.000 psi atau 700 bar. (Latief, 2015). Dari penelitian tersebut didapatkan komposisi terbaik pada 90% cangkang biji karet dan 10% bungkil biji karet dengan 20% yang menghasilkan biopelet dengan nilai kalor sebesar 5650,661 kal/gr, *inherent moisture* 5,53%, *ash content* 4,95%, kerapatan 0,86 g/cm³ serta kuat tekan 14,45 kg/cm³. Dan pada tahun 2018, telah dilakukan penelitian menggunakan cangkang biji karet dengan bambu ater dalam pembuatan biopelet tanpa perekat yang dilakukan oleh I Dewa Gede dengan memanfaatkan kandungan lignin yang tinggi dalam bambu ater yang menggunakan alat *press* hidrolik pada tekanan 597,24 kg/cm² suhu 150°C selama 10 menit. Penelitian tersebut menghasilkan biopelet terbaik dan memenuhi standar Indonesia (SNI 8021 : 2014) pada formulasi 85% cangkang biji karet dan 15% bambu ater dengan kadar air 4,23%, kadar abu 0,84%, kadar zat terbang 79,44%, kadar karbon terikat 15,48%, nilai kalori 4472,41 kal/g, diameter 8,30 mm, panjang 32,66 mm, *bulk density* 1063,87 kg/m³, nitrogen 0,21%, sulfur 0,05% dan klorin kurang dari 0,10 ppm. Penekanan yang sangat tinggi menyebabkan suhu cangkang biji karet meningkat akibat pengepresan, sehingga senyawa lignin pada biji karet berubah sifat plastisitasnya membentuk perekat alami yang menghasilkan pelet-

pelet yang padat dan kompak pada saat dingin (Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar, 2012). Namun, konsumsi energi pada penelitian ini masih membutuhkan energi sangat tinggi, dikarenakan melalui proses yang lebih panjang sehingga membutuhkan energi yang cukup tinggi. Hal tersebutlah yang mendasari peneliti untuk lebih bisa mengembangkan teknik produksi biopelet dengan konsumsi energi yang rendah, sehingga didapatkan biopelet dengan kualitas terbaik sesuai SNI 8021:2014 melalui metode *screw pelleting*.

2.2. Biji Karet

Biji karet merupakan hasil samping dari perkebunan karet yang selama ini kurang dimanfaatkan. Umumnya, biji karet hanya dibiarkan begitu saja jatuh dari pohonnya dan sedikit dijadikan bibit. Perkebunan di Sumatera Selatan memiliki luas 722.054 Ha (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2017), dan setiap 1 hektar diperkirakan dapat menghasilkan dapat menghasilkan 5.050 kg biji karet per tahunnya (Siahaan, Setyaningsih, Hariyadi, 2011). Beberapa sifat-sifat biji karet diantaranya biji tidak pernah kering di pohon tetapi akan jatuh dari pohon setelah masak dengan kadar air sekitar 35 %. Biji karet tidak tahan terhadap kekeringan dan tidak mempunyai masa dormansi dan biji karet akan mati bila kadar air dibawah 12 %. Jika biji karet ini tidak dimanfaatkan, maka akan menyebabkan pencemaran di sekitar perkebunan karet, dan tak menutupi kemungkinan akan mengotori kawasan pemukiman. Biji karet terdapat dalam setiap ruang buah yang berbentuk kotak berjumlah tiga atau empat. Setelah berumur enam bulan buah akan masak dan pecah sehingga biji karet terlepas dari batoknya. Biji karet tidak dapat disimpan pada kondisi lingkungan kering karena akan mengalami kerusakan. Biji karet mempunyai bentuk *ellipsoidal*, dengan panjang 2,5-3 cm, yang mempunyai berat 2-4 gram/biji. Biji karet terdiri dari 40-50% kulit yang keras berwarna coklat, 50-60% kernel yang berwarna putih kekuningan. Pohon yang telah berumur 15 hingga 25 tahun biasanya memiliki biji karet yang berkualitas baik, sementara pada pohon muda menghasilkan biji yang kecil dan daya kecambah yang rendah.



Gambar 2.1. Biji dengan Cangkang (Kiri) Biji Tanpa Cangkang (Kanan)
(Sumber : Ikwuagwu, 2000)

2.2.1. Cangkang Biji Karet

Cangkang biji karet mengandung komponen selulosa, hemiselulosa dan lignin. Cangkang biji karet memiliki konstruksi yang keras akibat mengandung senyawa aktif berupa lignin. Jika dibandingkan dengan bagian buah karet lainnya, bagian cangkang termasuk bagian yang mengandung lignin yang cukup banyak, sehingga bagian ini cukup potensial untuk diolah menjadi produk biopellet yang sangat bermanfaat dan bernilai jual yang tinggi. Hal ini akan membuat cangkang buah biji karet menjadi lebih termanfaatkan.

2.2.2. Daging/Bungkil Biji Karet (Kernel)

Kandungan paling tinggi pada bungkil biji karet yaitu minyak sehingga minyak dari bungkil biji karet berpotensi digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Belum banyak penelitian yang menggunakannya sebagai bahan bakar padat seperti biopellet. Biji karet segar terdiri dari 34,1% kulit, 41,2% isi, dan 24,4% air, dan memiliki kadar minyak yang tinggi. Akan tetapi, biji karet yang terlalu lama disimpan akan mengandung kadar air tinggi dan menghasilkan minyak dengan mutu yang kurang baik. Sedangkan pada biji karet yang telah dijemur selama dua hari terdiri dari 41,6% kulit, 8% air, 15,3% minyak dan 35,1% bahan kering.

a. Komposisi Cangkang dan Daging Biji Karet

Biji karet terdiri dari cangkang dan daging biji karet. Cangkang biji karet mengandung komponen utama selulosa, hemiselulosa dan lignin. Sedangkan daging biji karet mengandung minyak, air serta karbohidrat.

1. Selulosa

Selulosa merupakan polisakarida yang tersusun dari glukosa ($C_6H_{12}O_6$). Selulosa merupakan salah satu polimer yang tersedia melimpah di alam. Produksi selulosa sekitar 100 milyar ton setiap tahunnya. Sebagian dihasilkan dalam bentuk selulosa murni seperti yang terdapat dalam rambut biji tanaman kapas. Namun paling banyak dihasilkan dalam kombinasi dengan lignin dan polisakarida lain seperti hemiselulosa dalam dinding sel tumbuhan berkayu, baik pada kayu lunak dan keras, jerami atau bambu. Selain itu selulosa juga dihasilkan oleh bakteri *Acetobacter xylinum* secara ekstraseluler (Klemm dkk., 1998). Selulosa adalah komponen utama penyusun dinding sel tanaman. Kandungan selulosa pada dinding sel tanaman tingkat tinggi sekitar 35-50% dari berat kering tanaman (Lynd *et al*, 2002).

Selulosa merupakan polimer glukosa dengan ikatan β -1,4 glukosida dalam rantai lurus. Bangun dasar selulosa berupa suatu selobiosa yaitu dimer dari glukosa. Rantai panjang selulosa terhubung secara bersama melalui ikatan hidrogen dan gaya vander Waals (Perez *et al*, 2002). Selulosa mempunyai struktur rantai yang linier, sehingga kristal selulosa menjadi stabil. Polimer ini tidak larut dalam air meskipun bersifat hidrofilik. Hal ini disebabkan karena kristalinitas dan ikatan hidrogen intermolekuler antar gugus hidroksil sangat tinggi. Selulosa hanya dapat larut dengan pelarut yang mampu membentuk ikatan hidrogen dengan selulosa. Adanya ikatan hidrogen tersebut menyebabkan molekul selulosa mengalami pengembangan. Kemampuan mengembang akan semakin meningkat jika ikatan hidrogen yang terbentuk antara selulosa dengan pelarut semakin kuat.

Selulosa juga memiliki polimerisasi yang sangat kompleks dari gugus karbohidrat yang mempunyai persen komposisi yang mirip dengan starch yaitu glukosa yang terhidrolisa oleh asam. Rumus kimia selulosa yaitu $(C_6H_{10}O_5)_n$, dimana n adalah jumlah dari pengulangan glukosan juga dinamakan derajat polimerisasi (DP). Derajat polimerisasi (DP) selulosa berkisar 7.000–10.000 glukosa. Kandungan dan struktur kimia selulosa antara kayu daun lebar dan kayu daun jarum relatif tidak berbeda. Satu-satunya yang membedakan hanya DP, dimana DP selulosa kayu daun jarum lebih tinggi dibandingkan kayu daun lebar.

Sifat kimia selulosa adalah tahan terhadap alkali kuat (17,5% berat) tetapi dengan mudah terhidrolisis oleh asam menjadi gula yang larut air dan selulosa relatif tahan terhadap agen pengoksidasi dengan ketahanan panas serat selulosa adalah mencapai temperatur 211 - 280°C tergantung pada jenis seratnya.

2. Hemiselulosa

Hemiselulosa adalah struktur karbohidrat kompleks yang terdiri dari polimer yang berbeda seperti pentosa (seperti xilosa dan arabinosa), heksosa (seperti manosa, glukosa, dan galaktosa), dan asam gula. Hemiselulosa merupakan istilah umum bagi polisakarida yang larut dalam alkali. Rantai utama hemiselulosa dapat terdiri atas hanya satu jenis monomer (homopolimer), seperti xilan atau terdiri atas dua jenis atau lebih monomer (heteropolimer) seperti glukomanan. Selain itu rantai molekul hemiselulosa pun lebih pendek dibandingkan dengan selulosa (Hermiati *et al.*, 2010) karena hemiselulosa mempunyai derajat polimerisasi yang lebih rendah dari selulosa dengan derajat polimerisasi hanya 200.

Hemiselulosa memiliki kestabilan yang rendah terhadap bahan kimia dan pemanasan jika dibandingkan dengan selulosa. Hal tersebut terkait dengan kristalinitas dan derajat polimerisasi dari hemiselulosa yang rendah. Hemiselulosa merupakan suatu kesatuan yang membangun komposisi serat dan mempunyai peranan penting karena bersifat hidrofilik sehingga berfungsi sebagai perekat antar selulosa yang menunjang kekuatan fisik serat (Anindyawati, 2009). Hemiselulosa berfungsi mendukung dalam dinding-dinding sel dan sebagai Hemiselulosa mengikat lembaran serat selulosa membentuk mikrofibril yang meningkatkan stabilitas dinding sel. Hemiselulosa juga berikatan silang dengan lignin membentuk jaringan kompleks dan memberikan struktur yang kuat (Suparjo, 2010).

3. Lignin

Lignin dibentuk dengan penghilangan non-reversibel air dari gula (terutama xilosa) untuk membuat struktur aromatik. Lignifikasi berlangsung pada tanaman dewasa untuk kestabilan mekanik tanaman. Lignin berfungsi memberi kekakuan kepada tanaman, terlokalisasi pada permukaan lumen dan daerah dinding berpori untuk mempertahankan kekuatan dinding, permeabilitas dan membantu

transport air. Dibandingkan dengan selulosa atau hemiselulosa, lignin tahan serangan mikroorganisme dan kebanyakan dalam bentuk cincin aromatik yang tahan terhadap proses anaerobik sehingga kerusakan akibat proses anaerobik pada lignin adalah lambat (Bismarck et al., 2005).

Lignin sama seperti hemiselulosa, larut dalam air pada 180°C dalam kondisi netral. Lignin dianggap sebagai suatu polimer termoplastik yang memperlihatkan adanya temperatur transisi glass di sekitar 90°C dan meleleh pada temperatur sekitar 170°C (Olesen & Plackett, 1999). Kesulitan utama di dalam kimia lignin adalah tidak ada metoda yang mapan untuk mengisolasi lignin dalam kondisi asli dari serat. Lignin tidak terhidrolisis oleh asam, hanya dapat larut di dalam alkali panas, dapat teroksidasi, dan dengan mudah terkondensasi dengan fenol (Bismarck et al., 2005). Tahan terhadap proses hidrolisis oleh asam-asam mineral tetapi mudah larut dalam larutan sulfit dalam keadaan biasa. Lignin berfungsi untuk melindungi hemiselulosa dan selulosa dari aksi kimiawi. Komposisi kimia yang terkandung dalam cangkang biji karet ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Komposisi Kimia yang Terkandung dalam Cangkang Buah Biji Karet

Parameter	Satuan	Komposisi Kimia Bahan Cangkang Biji Karet
Lignin	%	18,74
Selulosa	%	38,11
Hemiselulosa	%	26,09
Kadar air	%	7,39
Kadar abu	%	0,58
Kadar zat terbang	%	79,64
Kalori	kalori/gram	4283,76
Karbon terikat	%	12,39

(Sumber: I Dewa Gede Putra Prabawa, 2018)

Berikut komposisi kimia yang terkandung dalam daging biji karet ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Komposisi Kimia yang Terkandung dalam Daging Buah Biji Karet

Parameter	Satuan	Komposisi Kimia Daging Biji Karet
Minyak	%	50,91
Abu	%	2,71
Air	%	3,71
Protein	%	22,17
Karbohidrat	%	24,21

(Sumber: Balai Riset dan Standardisasi Industri Palembang, 2014)

b. Pembagian Limbah Cangkang dan Daging Biji Karet

Limbah pertanian pada umumnya terbagi menjadi limbah pra panen, saat panen, pasca panen dan pasca pengolahan. Begitu juga yang terjadi pada kegiatan budidaya dan industri pengolahan tanaman karet (*Hevea brasiliensis*). Budidaya karet berarti rantai produksi lateks dan kayu karet yang tentunya menghasilkan limbah, dimana limbah tersebut dibagi menjadi limbah pra panen, saat panen dan pasca panen. Sedangkan industri pengolahan karet juga memiliki rantai produksi yang nantinya akan menghasilkan limbah yang disebut limbah pasca pengolahan. Limbah-limbah tersebut memang sengaja tersegmentasi atau dipisah-pisahkan menurut asal dari rantai produksi mana dihasilkan. Hal ini dilakukan untuk mempermudah kegiatan penanganan dan pengolahan selanjutnya.

Limbah pra panen berarti limbah yang dihasilkan selama budidaya tanaman karet sampai sebelum panen. Limbah pra panen tersebut biasanya dimanfaatkan sebagai pupuk kompos. Dedaunan dan ranting tanaman karet sengaja dikomposkan untuk dijadikan pupuk kompos yaitu menggunakan bantuan mikroorganisme pengurai yakni EM-4.

Limbah selanjutnya adalah limbah saat panen dan pasca panen tanaman karet. Tanaman karet (*Hevea brasiliensis*) merupakan tanaman yang saat panennya berkala dengan rentang waktu pemanenan yang cukup panjang jika tanaman karet tersebut memang benar-benar masuk di periodik panennya. Tanaman karet baru bisa menghasilkan lateks setelah berumur 5-6 tahun dengan masa produksi 25-35 tahun. Pasca panen karet disini mencakup kegiatan pemindahan lateks dari kebun ke pengepul, transportasi dan penyimpan oleh pengepul. Selama proses panen lateks dan kayu karet sampai pasca panen pasti akan menghasilkan limbah. Limbah-limbah tersebut diantaranya:

1. Lateks yang berceceran dan menempel di dinding mangkok

Lateks merupakan merupakan cairan yang berbentuk koloid berwarna putih kekuning-kuningan yang dihasilkan oleh pohon karet. Tidak semua lateks dapat tertampung dengan baik pada mangkuk penyadapan. Hal ini disebabkan oleh letak mangkuk sadapan, dan keterampilan penyadap maupun aspek kecurangan penyadap. Jika

prosedur penjadapan tidak dilakukan dengan baik, maka tidak jarang ditemukan lateks yang berceceran baik di tanah maupun di sekita pohon karet. Limbah lateks yang berceceran tersebut nantinya akan dipungut oleh penjadap-penyadap nakal guna dijual kembali dengan harga yang lebih murah. Pengolahan limbah karet saat panen sejenis ini biasanya berupa pengolahan karet *sheet* bermutu rendah.

2. Kulit kayu, cangkang biji, dan daun

Kulit kayu sisa penjadapan dapat dikombinasi bersama daun dan ranting pohon karet yang didapat dari hasil pra panen karet untuk dijadikan pupuk kompos. Cangkang karet dapat dimanfaatkan sebagai briket. Berdasarkan informasi yang diperoleh dari Direktorat Jenderal Industri dan Kimia Departemen Perindustrian mengenai pemanfaatan pohon karet diketahui bahwa cangkang buah karet belum termanfaatkan secara optimal bahkan kadangkala menjadi suatu limbah yang tidak memiliki nilai jual.

c. Manfaat Limbah Cangkang dan Daging Biji Karet

Biji karet mengandung minyak lemak cukup tinggi yaitu 40-50% bahan kering, oleh karena itu biji karet termasuk salah satu yang berpeluang untuk bahan bakar alternatif yang terbarukan. Minyak biji karet memiliki angka iodium amat tinggi (132-141), dan akan menghasilkan biodiesel berangka *cetane* tidak memenuhi syarat (<51). Namun demikian minyak lemak dari biji karet bisa dimanfaatkan menjadi bahan pencampur (blending) yang baik untuk menaikkan iodium minyak lemak yang memiliki iodium yang rendah. Biodiesel yang dibuat dari minyak sawit, minyak inti sawit, dan minyak kelapa misalnya, sekalipun berangka setan memuaskan dan bertitik kabut memenuhi syarat SNI (maksimum 18 derajat celcius) masih membutuhkan penyesuaian jika hendak dipakai atau di ekspor ke wilayah atau negara dingin atau Negara yang memiliki empat musim. Penyesuaian ini bisa berupa pembubuhan aditif penurun titik kabut atau pencampuran biodiesel berangka iodium 70-100 atau mungkin lebih baik lagi dilakukan pencampuran (blending) minyak-minyak bahan mentah lain sebelum dikonversi ke biodiesel.

Menurut Prihandana (2007) minyak lemak biji karet merupakan kandidat yang baik untuk menjadi pencampur biodiesel sawit. Minyak biji karet adalah minyak yang diekstrak dari biji pohon karet. Komposisi kandungan minyak biji karet yaitu 18,9% asam lemak jenuh yang terdiri atas asam palmitat dan stearat serta asam lemak tidak jenuh sebesar 80,9 % yang terdiri atas asam oleat, linoleat dan linolenat (Aigbodion dan Pillai, 2000).

Tabel 2.3. Komposisi Asam-asam Lemak Minyak Biji Karet

Jenis Asam Lemak	Komposisi (%)
Asam Palmitat	10,2
Asam Stearat	8,7
Asam Oleat	24,6
Asam Linoleat	39,6
Asam Linolenat	16,3

Sumber : Aigbodion, A. I dan Pillai, C. K. S., 2000.

Minyak biji karet merupakan salah satu jenis minyak mongering (*drying oil*), yaitu minyak yang mempunyai sifat mengering jika terkena oksidasi dan akan berubah menjadi lapisan tebal, bersifat kental dan membentuk sejenis selaput jika dibiarkan di udara terbuka (Ketaren, 1986). Beberapa energi alternatif yang dapat dihasilkan dari biji karet yaitu biodiesel, biokerosin, biobriket dan biopelet. Nilai tambah dari pemanfaatan biji karet ini sebagai bahan baku energi alternatif memiliki peluang yang cukup baik, terutama untuk memenuhi kebutuhan energi di sekitar perkebunan karet yang umumnya di daerah terpencil/jauh dari perkotaan.

Biodiesel dari biji karet mempunyai sifat-sifat fisik yang hamper sama dengan minyak solar. Menurut Ramadhas dkk., (2005) untuk 1 kg biji karet dapat memproduksi sekitar 300 ml – 400 ml biodiesel. Namun, penggunaan minyak biji karet sebagai substitusi solar memiliki pengaruh yang kurang baik pada mesin. Pembuatan biodiesel dari biji karet telah dicoba oleh berbagai lembaga/instansi pemerintah, swasta maupun perguruan tinggi. Kandungan asam lemak bebas (FFA) di dalam minyak biji karet tinggi, yaitu sekitar 12,19 % oleh karena itu proses pembuatan biodiesel dari minyak biji karet lebih efektif dan efisien dilakukan dengan proses estran, yaitu proses dua tahap esterifikasi

dan transesterifikasi dengan menggunakan katalis yang sesuai (V. Edwin Geo et al. 2008).

Tabel 2.4. Perbandingan Karakteristik antara Diesel dengan Minyak Biji Karet

Parameter	Rubber Seed Oil	Diesel
Spesific Gravity	0,922	0,835
Kinematic Viscosity (mm ² /s) at 40 °C	33,91	3,8
Flash Point (°C)	198	48
Fire Point (°C)	210	55
Calorific Value (MJ/kg)	37,5	42,9
Saponification Value	206	-
Acid Value	34	0,062
Iodine Value*	135,3	38,,3
Cetane Number*	37	47

Sumber : Ramadhas, A. S, et. al., 2005

*) V Edwin Geo, et. al., 2008

Biokerosin adalah minyak tanah yang bersumber dari bahan-bahan hayati yang sifatnya terbarukan, diantaranya dari berbagai biji-bijian termasuk biji karet., Minyak biji karet lebih tepat diproses menjadi biokerosin sebagai pengganti minyak tanah. Selain itu bungkil sisa pengepresan biji karet juga dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak (Madubuike, 2006).

Bagian cangkang biji karet lapisannya keras (seperti lapisan tempurung kelapa) dapat dibuat menjadi briket yang merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang memiliki prospek bagus untuk dikembangkan. Biji karet juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku biopelet untuk kegiatan rumah tangga. Pelet diproduksi dengan menghancurkan biji karet dengan menggunakan hammer mill, sehingga diperoleh massa partikel bioenergi yang berukuran seragam. Massa partikel tersebut kemudian diumpankan ke dalam mesin pengepres dengan diameter 6-8 mm dan panjang 10-12 mm. tekanan yang sangat tinggi menyebabkan suhu biji karet meningkat, sehingga senyawa lignin pada biji karet berubah sifat plastisitasnya membentuk perekat alami yang menghasilkan peletpelet yang padat dan kompak pada saat dingin. Aplikasi biopelet yang dibuat difokuskan untuk bahan bakar rumah tangga. Pada proses pembakaran biopelet biji karet, cara penggunaan kompor ini tergolong sangat sederhana, sehingga dapat digunakan dengan mudah oleh semua lapisan masyarakat. Perkebunan karet di Indonesia sangat luas sehingga terbuka peluang untuk memanfaatkan biji karet sebagai upaya untuk meningkatkan nilai tambah usahatani. Biji karet dapat ditingkatkan

manfaatnya sebagai bahan baku dalam mengatasi krisis energi atau untuk energi alternatif.

2.3. Biomassa

Biomassa merupakan sumber energi terbarukan dan tumbuh sebagai tanaman. Biomassa didefinisikan sebagai material tanaman, tumbuh-tumbuhan atau sisa hasil pertanian yang digunakan sebagai bahan bakar atau sumber bahan bakar. Pada umumnya biomassa yang memiliki nilai ekonomis rendah atau merupakan hasil ekstraksi produk primer (El Bassam dan Maegaard, 2004). Secara umum sumber-sumber biomassa antara lain tongkol jagung, jerami, material kayu seperti kayu atau kulit kayu, potongan kayu dan sampah kota, limbah pertanian dan sebagainya. Sumber energi biomassa memiliki keuntungan pemanfaatan diantara lain:

1. Sumber energi ini dapat dimanfaatkan secara lestari karena sifatnya yang *renewable reseources*.
2. Sumber energi ini relatif tidak mengandung unsur sulfur sehingga tidak menyebabkan polusi udara sebagaimana yang terjadi pada bahan bakar fosil.
3. Pemanfaatan energi biomassa juga meningkatkan efisiensi pemanfaatan limbah pertanian.

2.4. Biopellet

Biopellet merupakan bahan bakar padat berbasis biomassa yang berbentuk tabung padat atau pellet yang diproduksi pertama kali di Swedia pada tahun 1980-an yang biasanya digunakan sebagai bahan bakar pemanas ruang skala kecil dan menengah. Proses yang digunakan adalah pengempaan dengan suhu dan tekanan tinggi jika dibandingkan dengan briket (60 kg/m^3 , kadar abu 1% dan kadar air kurang dari 10%), sehingga membentuk produk yang seragam (El Bassam dan Maegaard, 2004). Biopellet memiliki keseragaman ukuran, bentuk, kelembapan, densitas, dan kandungan energi. Bahan bakar padat ini memiliki ukuran diameter berkisar antara 6-8 mm dan panjang 10-12 mm. Kelebihan biopellet yaitu memiliki densitas yang tinggi, serta mudah dalam penyimpanan dan penanganan. Selain itu, cukup efisien, bersih dan dapat diandalkan dibandingkan dengan bahan bakar padat lainnya. Kadar air yang rendah yang dimiliki biopellet dapat lebih meningkatkan efektivitas pembakaran.

Pelet merupakan hasil pengempaan biomassa yang memiliki tekanan yang lebih besar jika dibandingkan dengan briket (60 kg/m^3 , kadar abu 1% dan kadar air kurang dari 10%) (El Bassam dan Maegaard 2004). Pelet diproduksi oleh suatu alat dengan mekanisme pemasukan bahan secara terus-menerus serta mendorong bahan yang telah dikeringkan dan termampatkan melewati lingkaran baja dengan beberapa lubang yang memiliki ukuran tertentu. Proses pemampatan ini menghasilkan bahan yang padat dan akan patah ketika mencapai panjang yang diinginkan (Ramsay 1982 dalam Zamiraza, 2009). Pelet memiliki konsistensi dan efisiensi bakar yang dapat menghasilkan emisi lebih rendah dari kayu. Arsenik, Karbon Monoksida, Sulfur, dan gas Karbon Dioksida merupakan sedikit polutan air dan udara yang dihasilkan oleh penggunaan minyak sebagai bahan bakar. Sistem pemanasan pelet menghasilkan emisi gas CO_2 yang dikeluarkan selama pembakaran setara dengan CO_2 yang diserap tanaman ketika tumbuh, sehingga tidak membahayakan lingkungan.

2.5. Karakteristik Biopelet

Salah satu faktor yang mempengaruhi karakteristik arang adalah cara dan proses pengolahan. Secara umum beberapa spesifikasi biopelet yang dibutuhkan oleh konsumen sebagai berikut :

- a. Daya tahan biopelet
- b. Ukuran dan bentuk yang sesuai untuk penggunaannya.
- c. Bersih (tidak berasap), terutama rumah tangga.
- d. Bebas gas-gas berbahaya.
- e. Sifat pembakaran yang sesuai dengan kebutuhan (kemudahan dibakar, efisiensi energi, pembakaran yang stabil).

Adapun sebagai bahan bakar, biopelet juga harus memenuhi kriteria :

1. Mudah dinyalakan.
2. Tidak mengeluarkan asap berlebih.
3. Emisi gas hasil pembakaran tidak mengandung racun.
4. Kedap air dan tidak berjamur bila disimpan dalam waktu yang lama.
5. Menunjukkan upaya laju pembakaran (waktu, laju pembakaran, dan suhu pembakaran) yang baik.

Menurut Darmawan dan Hendra (2000) penetapan kualitas arang umumnya dilakukan terhadap kombinasi sifat kimia dan fisika yaitu:

1. Sifat Fisika berupa Kadar Air

Kadar air merupakan kandungan air dalam arang dengan kondisi kering udara. Pada saat arang keluar dari tungku pengarangan, kadar air yang terkandung sangat kecil, biasanya kurang dari 1%. Proses penyerapan air dari udara sangat cepat, sehingga dalam waktu singkat kadar air mencapai kadar air keseimbangan dengan udara sekitarnya. Arang yang berkualitas baik yang dipasarkan adalah arang yang mempunyai kadar air 5-10 %.

2. Sifat Kimia, antara lain :

a. Kadar abu

Kadar abu merupakan jumlah sisa (residu) dari akhir proses pembakaran, berupa zat-zat mineral yang tidak hilang selama proses pembakaran. Salah satu unsur utama abu adalah silika dan pengaruhnya kurang baik terhadap nilai kalor yang dihasilkan dan akan membentuk kerak.

b. Kadar zat menguap

Zat mudah menguap adalah zat selain air, yaitu karbon terikat dan abu yang terdapat di dalam arang, yang terdiri atas cairan dan sisa tarr yang tidak habis dalam proses karbonisasi. Kadar zat mudah menguap ini tergantung pada proses pengarangan dan temperatur yang diberikan. Apabila proses karbonisasi lama dan temperatur karbonisasi ditingkatkan akan semakin menurunkan persentase kadar zat menguapnya.

c. Kadar karbon terikat

Kadar karbon terikat adalah fraksi C dalam arang. Kadar karbon terikat dipengaruhi oleh kadar zat mudah menguap dan kadar abu. Semakin besar kadar zat menguap dan kadar abu maka akan menurunkan kadar karbon terikat. Kadar karbon terikat yang berkualitas baik yang mempunyai kadar karbon terikat antara 30-45 %.

d. Nilai kalor bakar

Nilai kalor bakar adalah nilai panas yang ditimbulkan oleh arang akibat adanya reaksi pembakaran pada volum tetap dan berpengaruh terhadap efisiensi

pembakaran. Semakin tinggi nilai kalor, semakin baik kualitas biopelet tersebut karena efisiensi pembakarannya tinggi.

Tabel 2.5. Standar Kualitas Biopelet Berdasarkan SNI 8021:2014

Parameter Uji	Satuan	Standar SNI 8021:2014
Kadar Air	%	Maks. 12
Kadar Abu	%	Maks. 1,5
Kadar Zat Terbang	%	Maks. 80
Kalori	Kal/g	Min. 4000
Karbon Terikat	%	Min. 14

(Sumebr : I Dewa Gede Putra Prabawa dkk, 2018)

2.6. Faktor – faktor yang Mempengaruhi Pembakaran Pelet

Pembakaran bahan bakar padat dipengaruhi oleh empat faktor, yaitu :

- (1) Ukuran partikel bahan. Partikel yang lebih kecil cepat terbakar.
- (2) Kecepatan aliran udara. Laju pembakaran pelet akan naik dengan adanya kenaikan kecepatan aliran udara dan kenaikan temperatur.
- (3) Jenis bahan bakar. Jenis bahan bakar akan menentukan karakteristik bahan bakar, antara lain kandungan *volatile matter* dan kandungan *moisture*.
- (4) Temperatur udara pembakaran akan menyebabkan semakin pendeknya waktu pembakaran.

2.7. Pengepresan Mekanis (Densifikasi)

Abdullah et al. (1991) menyatakan bahwa densifikasi atau pengepresan merupakan salah satu cara untuk memperbaiki sifat fisik suatu bahan agar mudah dalam penggunaan dan pemanfaatannya selanjutnya diperoleh peningkatan efisiensi nilai dari bahan yang digunakan. Densifikasi diterapkan pada bahan curah atau dengan sifat fisik yang tidak beraturan. Limbah biomassa sebagai bahan baku dapat diubah dalam bentuk pelet sebagai hasil pengepresan. Pengempaan ini dilakukan dengan tekanan tertentu untuk memperoleh bentuk pellet dengan kepadatan yang dikehendaki. Pada pembuatan pelet, sebelum dipres / dikempa bahan baku yang akan dijadikan biopelet dilakukan pencampuran atau tanpa pencampuran dengan bahan perekat. Setelah pengempaan, dilakukan pengeringan untuk mengurangi kadar air briket.

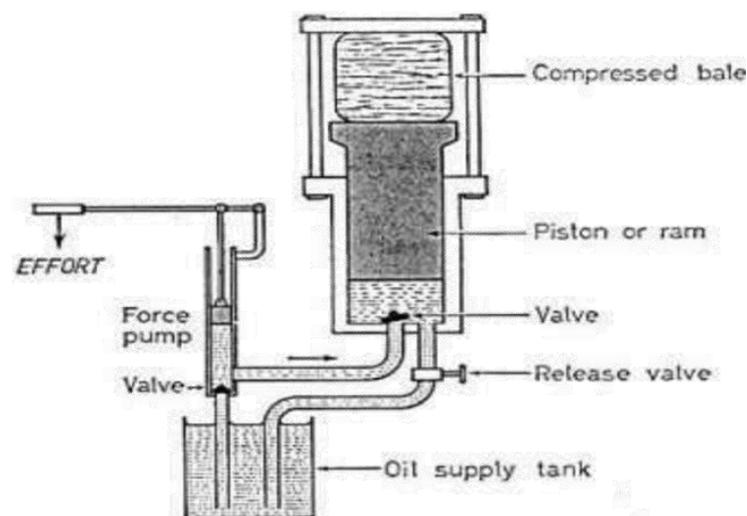
Pada pengepresan mekanis ini diperlukan perlakuan pendahuluan sebelum bungkil biji dipisahkan dari minyak atau lemak Perlakuan pendahuluan

tersebut mencakup pengeringan dan penggilingan (penghancuran). Sebelum dilakukan pengempaan, perlu diperhatikan beberapa hal, yaitu : kondisi bahan, perekat (jika diperlukan), tekanan pengempaan, alat dan mesin pengempa, dan karbonisasi (jika diperlukan).). Dua cara yang umum dalam pengepresan mekanis yaitu pengepresan hidrolik (*hydraulic pressing*) dan pengepresan berulir (*screw pressing*).

Besarnya tekanan pengempaan akan berpengaruh juga terhadap densitas dan porositas biopellet yang dihasilkan dan lebih lanjut akan berpengaruh juga terhadap efisiensi pembakaran biopellet sebagai bahan bakar. Pengempaan dengan tekanan tinggi tidak selalu menghasilkan mutu biopellet yang lebih baik karena dapat menurunkan efisiensi pembakaran dan menyulitkan dalam penggunaannya.

2.7.1. Pengepresan Hidrolik (*Hydraulic Pressing*)

Pada cara *hydraulic pressing*, bahan dipres dengan tekanan sekitar 2000 lb/in². Kerapatan dan kepadatan biopellet tergantung dari lamanya pengepresan, tekanan yang digunakan serta jenis bahan (biji). Biasanya bungkil biji masih mengandung sekitar 4-6% minyak, tergantung dari lamanya bungkil ditekan dibawah tekanan hidrolik.



Gambar 2.2. Alat Pengepresan Hidrolik

(Sumber : Herudadi, 2008)

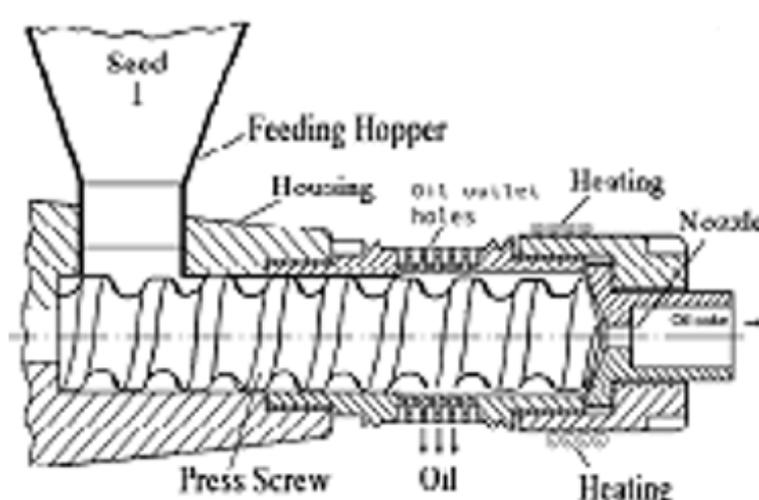
2.7.2. Pengepresan Berulir (*Screw Pressing*)

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

1. Kapasitas produksi menjadi lebih besar karena proses pengepresan dapat dilakukan secara kontinyu.
2. Menghemat waktu proses produksi karena tidak diperlukan perlakuan pendahuluan, yaitu pengecilan ukuran dan pemasakan/pemanasan.
3. Rendemen yang dihasilkan lebih tinggi.
4. Efisiensi pengepresan lebih tinggi (kehilangan minyak kecil).
5. Pemakaian tenaga (operator) yang sedikit.

Menurut Herudadi (2008), 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 dan



Gambar 2.3. Alat Pengepresan Berulir
(Sumber : Herudadi, 2008)

2.8. Persamaan Energi Listrik Pembuatan Biopelet (Abdullah *et al*, 1991)

Energi listrik digunakan pada proses penghancuran (penggilingan), peletisasi (pengepresan, pemanasan, dan pencetakan), pengeringan, pengujian kerapatan, dan pengujian nilai kalor , serta analisis proksimat biopelet yang dihasilkan. Energi listrik yang digunakan dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$E = P \times t$$

Keterangan :

E = Energi listrik (J)

P = Daya (Watt)

t = Waktu Penggunaan (s)

2.9. Analisa Kelayakan Finansial

a. Break Even Point (BEP)

Merupakan suatu gambaran kondisi penjualan produk yang harus dicapai untuk melampaui titik impas. Proyek dikatakan impas bila jumlah hasil penjualan produknya pada periode tertentu sama dengan jumlah biaya yang ditanggung sehingga proyek tersebut tidak menderita kerugian dan juga tidak memperoleh keuntungan.

BEP dilakukan dengan dua cara, yaitu atas dasar harga jual rupiah dan atas dasar jumlah produksi (Kadariah, 1999) :

1) BEP atas dasar harga jual :

$$BEP_{(Rp)} = \frac{FC}{1 - \frac{VC}{S}}$$

2) BEP atas dasar produksi :

$$BEP_{(Rp)} = \frac{FC}{P - V}$$

Keterangan :

FC = Biaya tetap (Rp)

VC = Biaya tak tetap (Rp)

C = Produksi (kg)

P = Unit penjualan (Rp)

S = Penjualan total (Rp)

V = Biaya variabel per satuan (Rp)

b. *Payback Period (PBP)*

Menunjukkan periode yang diperlukan untuk menutup kembali pengeluaran investasi dengan menggunakan aliran kas bersih.

$$PBP = \frac{\text{Nilai investasi}}{\text{Pendapatan}}$$

Kriteria :

PBP > periode maksimum : usaha tidak layak

PBP < periode maksimum : usaha layak (Irfani, 2011)

c. *Net Present Value*

Net Present Value merupakan selisih Antara nilai dari suatu proyek dan harga yang didapatkan dari proyek tersebut. Jika nilai NPV dari suatu proyek bernilai positif, maka proyek tersebut diharapkan akan menambah nilai kekayaan atau keuntungan dari pemilik modal investasi. Nilai NPV merupakan ukuran langsung dari seberapa layaknya suatu proyek dapat mencapai tujuan untuk menguntungkan pemilik modal.

Tes kriteria dari kelayakan *Net Present Value* :

1. NPV memperhitungkan nilai waktu dari harga. Hal ini terlihat dari adanya faktor diskonto terhadap arus kas yang diperoleh setiap periodenya.
2. NPV memperhitungkan resiko dari penerimaan arus kas.
3. NPV memberikan informasi tentang harga yang akan dimiliki oleh penanam modal.

$$NPV = \sum_{t=1}^n \left(\frac{NCF_t}{(1+i)^t} \right) - c \quad \dots\dots\dots (22)$$

Dimana;

NCF_t = Net Cash Flow periode tahun ke -1 sampai tahun ke -n

C = Investai awal

i = tingkat diskonto

n = periode dalam tahun (umur investasi).

Kriteria :

Jika NPV > 0, maka usaha layak.

Jika NPV = 0, maka usaha tidak untung dan tidak rugi.

Jika NPV < 0, maka tidak layak (Kadariah, 1999).

d. Faktor Diskonto

Faktor diskonto adalah faktor yang menerjemahkan keuntungan finansial yang diharapkan atau biaya pada suatu tahun dimasa yang akan datang kedalam nilai sekarang, adapun rumus faktor diskonto adalah sebagai berikut :

$$D_F = \frac{1}{(1+i)^n} \dots\dots\dots (18)$$

Dimana;

D_F = faktor dikonto

i = Tingkat diskonto/tingkat bunga

n = perido dalam tahun (jumlah tahun dari tanggal awal program atau kegiatan sampai tahun tertentu di masa depan)

e. *Internal Rate of Return (IRR)*

Internal Rate of Return merupakan metode alternatif dari *Net Present Value*. IRR didasarkan atas arus kas perkiraan dan tidak terikat pada tingkat suku bunga. IRR merupakan tingkat hasil yang mendapatkan nilai NPV = 0. Suatu proyek diterima menurut IRR bila IRR dari proyek tersebut lebih besar dari hasil yang diharapkan.

Tes kriteria dari kelayakan *Internal Rate of Return* :

1. IRR memperhitungkan nilai waktu dari uang. Hal ini terlihat dari adanya perhitungan diskonto terhadap arus kas yang diperoleh setiap periodenya.
2. IRR memperhitungkan resiko dari penerimaan arus kas (semakin besar resikonya, hasil yang diharapkan semakin besar).
3. IRR memberikan informasi tentang kenaikan nilai NPV

$$IRR = i_1 + \left(\frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} \right) \times (i_2 - i_1) \dots\dots\dots (21)$$

Dimana;

IRR = Internal rate of return (%)

NPV_1 = Net Present Value dengan tingkat bunga rendah (Rp).

NPV_2 = Net Present Value dengan tingkat bunga tinggi (Rp).

i_1 = tingkat bunga pertama (%)

i_2 = tingkat bunga kedua (%). [2]