

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Biomassa

Secara umum biomassa merupakan bahan bakar yang dapat diperoleh dari makhluk hidup baik secara langsung maupun tidak langsung dan dimanfaatkan sebagai sumber energi dalam jumlah besar. Biomassa juga didefinisikan sebagai 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 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.

Biomassa merupakan sumber energi terbarukan yang paling serbaguna dibandingkan sumber energi terbarukan lainnya. Biomassa dapat menghasilkan bahan bakar untuk panas, listrik dan transportasi. Umumnya biomassa yang digunakan sebagai bahan bakar adalah biomassa yang nilai ekonomisnya rendah atau limbah biomassa setelah diambil produk primernya yang sangat besar jumlahnya pada saat ini. Pemanfaatan biomassa sebagai bahan bakar alternatif terbarukan merupakan solusi tepat atas permasalahan yang muncul akibat penggunaan bahan bakar fosil. Pemanfaatan energi biomassa memiliki banyak keuntungan dari sisi lingkungan yaitu mengurangi efek gas rumah kaca, mengurangi bau yang tidak sedap, dan mencegah penyebaran penyakit. Pemanfaatan limbah dengan cara seperti ini, secara ekonomi akan sangat kompetitif seiring naiknya harga bahan bakar minyak.

Menurut Kong, G.T. (2010) mengatakan bahwa keunggulan yang dimiliki oleh biomassa, yaitu:

1. Tidak menimbulkan emisi sulfur sehingga mengurangi hujam asam
2. Biomassa dapat mendaur ulang CO₂, sehingga dapat dikategorikan sebagai “bebas emisi”

3. Pembakaran biomassa menghasilkan abu dalam jumlah kecil daripada pembakaran batubara karena abu eks-batubara tersebut harus dibuang ke tempat lain.

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.

2.2. Biji Karet

Hasil sampingan dari perkebunan karet yang selama ini kurang dimanfaatkan hingga nyaris terbuang-buang begitu saja adalah biji karet. Dikebanyakan perkebunan, biji karet hanya dibiarkan begitu saja jatuh dari pohonnya dan sedikit dijadikan bibit. Padahal bila dimanfaatkan akan cukup menguntungkan karena jumlahnya melimpah ruah. Dengan luas area perkebunan di Sumatera Selatan sebesar 722.054 Ha dan setiap 1 hektar diperkirakan dapat menghasilkan 5.050 kg biji karet per tahunnya (Hendaryati, 2017), maka dapat diperkirakan betapa banyaknya biji karet yang bisa diolah. Bila jumlah yang begitu besar ini tidak diolah, maka selain terbuang percuma juga akan mengotori areal perkebunan karet dan tak menutupi kemungkinan akan mengotori kawasan pemukiman.

Biji karet terdapat dalam setiap ruang buah. Buah karet berbentuk kotak tiga atau empat. Setelah berumur enam bulan buah akan masak dan pecah sehingga biji karet terlepas dari batoknya. 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. 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 %. Biji karet tidak dapat disimpan pada

kondisi lingkungan kering karena akan mengalami kerusakan. Daya simpan biji umumnya singkat dan kisaran suhu penyimpanan biji karet yang baik adalah 7-10 °C, karena pada suhu ini belum mengalami pembekuan sel (Nilasari, 2012). Sumber biji yang baik adalah pohon yang telah berumur 15 hingga 25 tahun. Pohon pada umur tersebut dapat menghasilkan buah dengan mutu yang baik, sedangkan pada pohon muda menghasilkan biji yang kecil dan daya kecambah yang rendah.



Gambar 2.1 Biji dengan Cangkang (Kiri) Biji tanpa Cangkang (Kanan)
 Sumber : A. L Buana (2015)

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. Selulosa dihasilkan oleh bakteri *Acetobacter xylinum* secara ekstraseluler. Selulosa adalah komponen utama penyusun dinding sel tanaman. Kandungan selulosa pada dinding sel tanaman tingkat tinggi sekitar 35-50% dari berat kering tanaman.

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. 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 gugushidroksil 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 glukosa 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 (Kasrianti, 2017).

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

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. 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.

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. Lignin tahan serangan mikroorganisme dan kebanyakan dalam bentuk cincin aromatik yang tahan terhadap proses anaerobik sehingga kerusakan akibat proses anaerobik pada lignin adalah lambat.

Lignin sama seperti hemiselulosa, biasanya 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. 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.

Lignin 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. Dibandingkan dengan selulosa atau hemiselulosa, pemecahan lignin terjadi sangat lambat oleh jamur dan bakteri.

2.2.1. Cangkang Biji Karet

Konstruksi cangkang biji karet yang keras mengindikasikan bahwa cangkang biji karet ini mengandung senyawa aktif berupa lignin. Kandungan lignin yang cukup banyak dan pemanfaatan yang kurang optimal menyebabkan bagian ini cukup potensial untuk diolah menjadi produk biopelet yang sangat bermanfaat dan bernilai jual yang tinggi. Hal ini akan membuat cangkang buah biji karet menjadi lebih termanfaatkan.

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

2.2.2. Kernel Biji Karet

Belum banyak penelitian yang menggunakan kernel biji karet sebagai bahan bakar padat seperti biopelet. Hal ini dikarenakan komposisi minyak yang tinggi pada kernel biji karet banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. 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.

Tabel 2.2 Komposisi Kimia yang Terkandung dalam Kernel Buah Biji Karet

Parameter	Satuan	Komposisi Kimia Bahan Kernel 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

2.2.3 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 penyadapan 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 penyadap-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 penyadapan 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.

a. 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 berpotensi 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.

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 : Prihandana, 2007.

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. Beberapa energi alternatif yang dapat dihasilkan dari biji karet yaitu biodiesel, biokerosin, biobriket dan biopellet. 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 hampir sama dengan minyak solar. 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.

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

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.

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 biopellet untuk kegiatan rumah tangga. Pellet 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 pelet-pelet 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. Biopelet

Biomasa pada umumnya memiliki volume yang besar sehingga tidak efisien dalam pengangkutan dan penanganannya. Untuk mengatasi masalah tersebut volume biomasa perlu dikecilkan dengan dimampatkan dengan alat press. Pengaplikasian tekanan apalagi dengan suhu tinggi membuat biomasa tersebut akan mampat dan merekat kuat. Pemampatan tersebut akan membuat bahan bakar padat yang memiliki densitas lebih tinggi dan energi tiap volumenya sama. Konversi yang dilakukan dapat memudahkan dalam penanganan, transportasi, penyimpanan, pengemasan, peningkatan daya bakar, peningkatan efisiensi bakar, keseragaman serta kerapatan energi yang lebih besar. Pada umumnya dengan cara ini tidak dibutuhkan lagi tambahan perekat dari luar, karena senyawa lignin dalam biomasa tersebut yang akan berperan sebagai perekat. Pemampatan ini bisa dijadikan biopelet maupun biobriket.

Biopelet adalah jenis bahan bakar padat berbasis limbah biomassa yang memiliki ukuran lebih kecil dari biobriket. Secara sepintas kita bisa membedakan pelet dan briket berdasarkan dimensinya. Pelet berukuran lebih kecil dengan diameter sekitar 10 mm sedangkan briket berukuran lebih besar dengan ukuran sekitar 50 hingga 100 mm dengan panjang biasanya 60

hingga 150 mm dan bahkan lebih besar. Proses yang digunakan adalah pengempaan (pressing) dengan suhu dan tekanan tinggi, sehingga membentuk produk yang seragam dengan kapasitas produksi tinggi.

Biopelet adalah bahan bakar biomassa berbentuk pelet yang memiliki keseragaman ukuran, bentuk, kelembapan, densitas dan kandungan energi. Pembakaran biomassa pelet ini dapat membantu mengatasi perubahan iklim. Penanganannya dalam proses pembakaran lebih mudah dan bersih, sehingga sangat menarik digunakan. Bahan bakar biomassa semakin mendapat perhatian dan diminati karena ramah lingkungan dan termasuk energi terbarukan.



Gambar 2.2 Biopelet
Sumber : Zamiraza, 2009

Biopelet memiliki karakteristik yang berbeda-beda tergantung pada bahan pembuatannya, kebanyakan pembuatan biopelet untuk bahan bakar menggunakan zat organik atau biomassa. Keunggulan utama pemakaian bahan bakar pelet biomassa adalah penggunaan kembali bahan limbah seperti biji karet yang biasanya dibuang begitu saja. Menurut PFI (2007), biopelet memiliki konsistensi dan efisiensi bakar yang dapat menghasilkan emisi yang lebih rendah dari kayu. Bahan bakar biopelet menghasilkan emisi bahan partikulat yang paling rendah dibandingkan jenis lainnya. Arsenik, karbon monoksida, sulfur, dan gas karbondioksida merupakan sedikit polutan air dan udara yang dihasilkan oleh penggunaan minyak sebagai bahan bakar. Sistem pemanasan dengan biopelet menghasilkan emisi CO₂ yang rendah, karena jumlah CO₂ yang dikeluarkan selama pembakaran setara dengan CO₂ yang diserap tanaman ketika tumbuh, sehingga tidak membahayakan lingkungan. Dengan efisiensi bakar yang

tinggi, jenis emisi lain seperti NO_x dan bahan organik yang mudah menguap juga dapat diturunkan.

2.4. Kualitas Biopellet

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

- a. Daya tahan biopellet
- 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, biopellet 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 Haryanti (2018) 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 dari akhir proses pembakaran. Residu tersebut 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. Kadar abu setiap arang berbeda-beda tergantung jenis cangkang, dan ketebalan cangkang. Arang yang baik mempunyai kadar abu sekitar 6-3%. Semakin rendah kadar abu maka akan semakin baik briket arang tersebut.

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 tar 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. Arang dengan nilai kalor bakar yang tinggi sangat disukai, baik untuk keperluan rumah tangga ataupun industri, hal ini dikarenakan arang dengan nilai kalor bakar yang tinggi memiliki kualitas yang baik.

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

Sumber : I Dewa Gede Putra Prabawa dkk, 2018.

2.5. Pengepresan Mekanis

Pengepresan mekanis merupakan suatu cara ekstraksi minyak atau lemak, terutama untuk bahan yang berasal dari biji-bijian. Cara ini dilakukan untuk memisahkan minyak dari bahan yang berkadar minyak tinggi (30-70 persen). Pada pengepresan mekanis ini diperlukan perlakuan pendahuluan sebelum minyak atau lemak dipisahkan dari bijinya. Perlakuan pendahuluan tersebut mencakup pembuatan serpih, perajangan dan penggilingan serta tempering atau pemasakan. Dua cara yang umum dalam pengepresan mekanis yaitu pengepresan hidrolis (*hydraulic pressing*) dan pengepresan berulir (*screw pressing*).

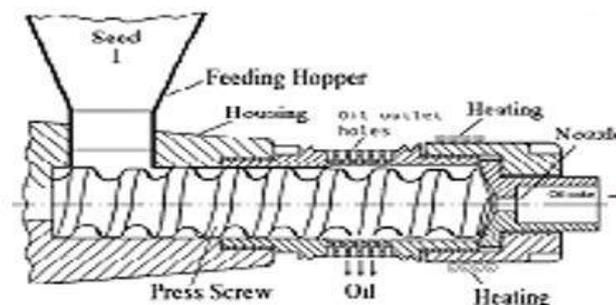
a. Pengepresan hidrolis (*hydraulic pressing*)

Pada cara *hydraulic pressing*, bahan dipres dengan tekanan sekitar 2000 lb/in². 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.

b. 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 yang digunakan dapat berupa pengepres berulir tunggal (*single screw press*) atau pengepres berulir ganda (*twin screw press*). Pengepresan dengan pengepresan berulir 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.



Gambar 2.3 Alat Pengepresan Berulir
(Sumber : Deli, 2011)

2.6. Proses Pembakaran

2.6.1 Pengertian 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 *thermal* 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 pengkabutan 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 dilebihkan. 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.

2.6.2 Bahan Bakar Padat

Bahan bakar adalah suatu materi apapun yang bisa diubah menjadi energi. Biasanya bahan bakar mengandung energi panas yang dapat dilepaskan dan dimanipulasi. Kebanyakan bahan bakar digunakan manusia melalui proses pembakaran (reaksi redoks) di mana bahan bakar tersebut akan melepaskan panas setelah direaksikan dengan oksigen di udara. Proses lain untuk melepaskan energi dari bahan bakar adalah melalui reaksi eksotermal dan reaksi nuklir (seperti Fisi nuklir atau Fusi nuklir).

Berdasarkan bentuknya, bahan bakar terbagi menjadi tiga :

1. Bahan bakar cair
2. Bahan Bakar Padat
3. Bahan bakar gas.

Bahan bakar padat merupakan bahan bakar berbentuk padat, dan kebanyakan menjadi sumber energi panas. Misalnya kayu, bopellet dan batubara. Energi panas yang dihasilkan bisa digunakan untuk memanaskan air menjadi uap untuk menggerakkan peralatan dan menyediakan energi. Bahan bakar berbentuk padat sudah digunakan sejak lama untuk kebutuhan sehari-hari dan industri karena harganya yang relatif lebih murah dibandingkan dengan bahan bakar jenis lain.

Kelebihan dan kekurangan dari bahan bakar padat adalah :

Kelebihan :

1. Murah
2. Energi atau panas yang dihasilkan besar
3. Distribusi lebih mudah
4. Tidak menimbulkan green house effect pada uranium

Kekurangan :

1. Menimbulkan polusi lebih besar
2. Memerlukan kontrol lebih besar untuk tidak terjadi kecelakaan produksi
3. Bersifat radioaktif dan biaya pembangunan infrastruktur yang mahal pada PLTN.

2.6.3 Proses Pembakaran Bahan Bakar Padat

Salah satu proses pembakaran adalah pembakaran bahan bakar padat. Proses pembakaran bahan bakar padat dapat berlangsung jika bahan bakar bercampur dengan oksidan yaitu oksigen dan berada pada lingkungan yang bertemperatur tinggi (ada nyala api). Proses pembakaran bahan bakar padat yang berdimensi atau berjumlah besar akan mempengaruhi interaksi antara bahan bakar dengan oksigen selama proses pembakaran. Waktu interaksi tersebut akan menjadi semakin lama mengingat bahan bakar dalam jumlah besar.

Berikut 3 tahapan proses pembakaran bahan bakar padat :

1. Pengeringan

Pada tahap ini partikel bahan bakar dipanaskan di atas temperatur vaporasi. Proses ini berlangsung secara konveksi dengan melewati udara panas pada padatan. Air yang terkandung dalam bahan bakar terdiri dari dua bentuk, yang pertama yaitu air terikat, dimana air tertahan dalam ikatan kimiawi yang lemah atau terperangkap dalam struktur mikro bahan bakar. Tahap kedua adalah air tak terikat yaitu berasal dari air terikat yang berlebih atau air yang terdapat pada struktur makro padatan (pada pori-pori padatan).

2. Devolatilisasi/Pirolisis

Setelah kadar air dihilangkan maka temperatur dari partikel semakin meningkat sehingga partikel mulai terdekomposisi dan terjadi proses pelepasan zat-zat yang mudah menguap (*volatile matter*). *Volatile matter* merupakan bagian dari bahan bakar padat yang bisa terbakar. Bagian ini terdiri dari bagian yang ringan sampai berat. Bagian yang ringan akan menguap terlebih dahulu. *Volatile matter* keluar rongga bahan bakar dan memenuhi pori-pori. Hal ini menyebabkan oksigen dari luar tidak dapat masuk kedalam partikel. Pada tahap ini terjadi pemanasan partikel tanpa kehadiran oksigen yang disebut pirolisis. Sebagian dari gas hasil pirolisis bereaksi dengan air dan gas produk pirolisis lain. Hasil pirolisis terbakar dan membentuk nyala yang memperbesar devolatilisasi. Pada bagian yang lain uap air akan mengalir keluar melewati pori-pori sehingga temperatur pembakaran turun. Setelah seluruh air keluar maka nyala api akan lebih besar dan temperatur naik.

3. Pembakaran Char (Karbon Tetap)

Char atau *fixed carbon* merupakan gumpalan matriks karbon dengan sedikit hidrogen yang terdapat pada senyawa bahan bakar. Bagian ini sangat berpori yang berarti luas permukaan bagian dalam sangat besar. Jika terdapat oksigen maka akan terjadi pembakaran pada char. Char memiliki nilai kalor yang paling tinggi dibandingkan dengan *volatile matter*. Ketika terjadi pembakaran pada char, maka temperatur akan naik lebih tinggi dari sekitarnya. Proses ini merupakan tahapan akhir dari proses pembakaran pada bahan bakar padat. Temperatur nyala adalah temperatur pada saat jumlah zat mudah terbakar meningkat secara cepat dan tepat sebelum bereaksi dengan oksigen secara kimia. Setiap unsur memiliki temperatur nyala yang berbeda, misalnya karbon (C) memiliki temperatur nyala sekitar 343 °C. Pada kondisi nyata, setiap zat tidak terbakar secara tepat pada temperatur nyala. Bentuk ruang bakar, rasio udara terhadap bahan bakar dan beragam dampak dari campuran zat yang mudah terbakar mempengaruhi temperatur nyala.