

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Energi

Energi merupakan salah satu kebutuhan yang tidak bisa lepas dari kehidupan sehari-hari masyarakat. Permintaan energi semakin hari semakin meningkat, hal ini di iringi dengan pertumbuhan jumlah penduduk yang semakin hari semakin meningkat. Bahan bakar fosil sudah menjadi bahan bakar yang biasa digunakan dalam kehidupan sehari-hari masyarakat, kurangnya cadangan energi fosil akan berdampak kepada perekonomian dan pembangunan suatu negara (Yandri, dkk., 2018).

Untuk menambah lagi cadangan energi fosil di dunia membutuhkan waktu yang lama, akan tetapi kebutuhan masyarakat akan energi tidak bisa ditunda. Efek yang terjadi akibat kelangkaan dan kenaikan harga bahan bakar fosil hampir dirasakan seluruh kalangan masyarakat, baik dari industri maupun masyarakat sipil (Gandhi, 2010). Masing-masing negara memiliki strategi khusus untuk mengamankan pembangunan di negaranya. Di Indonesia, strategi energi dituangkan dalam bentuk undang-undang No. 30 Tahun 2007 Tentang Energi. Berdasarkan pasal 1 UU No. 20 Tahun 2007 ketentuan tersebut membawa pengertian bahwa pengelolaan energi dilakukan mulai dari hulu hingga ke hilir seluruh kegiatan yang berkaitan dengan energi. Pengelolaan energi dari sisi penyediaan meliputi (Yandri, dkk., 2018) :

1. Energi tak terbarukan

Energi tak terbarukan merupakan energi yang didapatkan dari sumber daya alam yang waktu pembentukannya sampai saat ini. Sumber daya energi tak terbarukan jika dieksploitasi secara terus menerus akan menyebabkan habisnya sumber daya ini. Contoh dari sumber daya energi tak terbarukan antara lain minyak bumi, gas bumi, batubara, gambut, dan bitumen.

2. Energi terbarukan

Sumber daya energi terbarukan merupakan energi yang berasal dari proses alam yang berkelanjutan. Definisi paling umum adalah sumber

energi yang dapat dengan cepat dipulihkan kembali secara alami, dan prosesnya berkelanjutan. Dengan definisi ini, maka bahan bakar nuklir dan fosil tidak termasuk di dalamnya. Contoh dari sumber daya energi terbarukan antara lain panas bumi, angin, bioenergi, sinar matahari, dan aliran terjunan air.

3. Energi baru

Sumber daya energi baru merupakan sumber energi yang dihasilkan oleh teknologi yang dihasilkan dari sumber energi terbarukan maupun sumber energi tak terbarukan. Contoh dari sumber energi baru antara lain nuklir, hidrogen, gas metana batubara, batubara tercairkan, dan batubara tergaskan.

2.2. Biomassa

Biomassa adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintetik, baik berupa produk maupun buangan. Contoh biomassa antara lain adalah tanaman, pepohonan, rumput, ubi, limbah pertanian, limbah hutan, tinja dan kotoran ternak. Selain digunakan untuk tujuan primer serat, bahan pangan, pakan ternak, minyak nabati, bahan bangunan dan sebagainya, biomassa juga digunakan sebagai sumber energi atau bahan bakar. Sumber energi biomassa mempunyai beberapa kelebihan antara lain merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui (*renewable*) sehingga dapat menyediakan sumber energi secara berkesinambungan (*sustainable*) (Arhamsyah, 2010).

Sebelum mengenal bahan bakar fosil, manusia sudah menggunakan biomassa sebagai sumber energi, misalnya dengan menggunakan kayu untuk menyalakan api unggun. Sejak manusia beralih pada minyak, gas bumi atau batubara untuk menghasilkan tenaga, penggunaan biomassa tergeser dari kehidupan manusia (Welle, 2008). Namun penggunaan energi besar-besaran telah membuat manusia mengalami krisis energi. Hal ini disebabkan ketergantungan terhadap bahan bakar fosil seperti minyak bumi dan gas alam yang sangat tinggi. Fosil merupakan sumber daya alam yang tidak terbarukan, sehingga mengatasi krisis energi masa depan perlu beberapa alternatif sumber energi dikembangkan dimana salah satunya adalah energi biomassa.

Indonesia memiliki potensi energi biomassa sebesar 50.000 MW yang bersumber dari berbagai biomassa limbah pertanian, seperti: produk samping kelapa sawit, penggilingan padi, *plywood*, pabrik gula, kakao, dan limbah pertanian lainnya (Prihandana dan Hendroko, 2007). Baru sekitar 320 MW yang sudah dimanfaatkan atau hanya 0,64% dari seluruh potensi yang ada (Arif, dkk., 2012). Hal ini berarti bahwa biomassa merupakan sumber energi yang belum dimanfaatkan secara maksimal.

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 asam.

Bahan pembuat biomassa ini berasal dari dua jenis yaitu hewan yang bisa berupa mikroorganisme atau makroorganisme, dan yang berasal dari tumbuhan. Biomassa dapat berbentuk cair, padat, dan gas. Energi biomassa ini muncul berdasarkan adanya siklus karbon di bumi. Di Indonesia setiap tahun dihasilkan ratusan juta ton limbah pertanian seperti jerami, kulit padi, seresah tebu, tandan kosong kelapa sawit dan-lain-lain (Suci, dkk., 2019). Limbah pertanian yang berpotensi lainnya seperti: ampas tebu, tongkol jagung, jerami, tempurung dan ampas kelapa, sampah pasar yang terdiri dari kulit buah-buahan dan buah-buahan yang mengalami pembusukan, dan sisa-sisa pengolahan hasil-hasil pertanian lainnya yang umumnya menjadi sampah dan berpotensi sebagai pencemar lingkungan (Khaidir, 2016).

Tanaman perkebunan yang dibudidayakan dan potensial untuk sumber bahan bakar nabati antara lain kelapa sawit, kelapa, jarak pagar, tebu, dan sagu (Prastowo, 2007). Sistem pertanian bioindustri terpadu yang berlandaskan padapemanfaatan berulang zat hara serta pemanfaatan biomassa merupakan pilihan sistem pertanian masa depan karena tidak saja meningkatkan nilai tambah dari lahan tetapi juga ramah lingkungan, namun demikian, pengembangan sistem pertanian bioindustri diduga masih terbatas.

2.2.1. Teknologi Konversi Biomassa

Penggunaan sumber daya terbarukan dari tumbuhan dan hewan untuk penerangan dan energi sudah lama dilakukan manusia, misalnya penggunaan minyak jarak atau minyak hewan untuk lampu, dan penggunaan kayu bakar untuk memasak. Oleh karena itu, bahan bakar dari sumber daya terbarukan sebetulnya sudah lebih dulu dikenal sebelum adanya bahan bakar dari fosil (Hermiati, 2019). Bahan bakar ini tidak lagi banyak digunakan sejak sekitar 1860 ketika dihasilkan bahan bakar asal fosil, seperti minyak tanah dan bensin yang harganya jauh lebih murah. Penelitian terkait konversi biomassa untuk bahan bakar (*biofuel*) terus berkembang sejak satu abad yang lalu (Kovarik, 2013).

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.

2.3. Biopellet

Biopellet merupakan salah satu bentuk energi biomassa, yang diproduksi pertama kali di Swedia pada tahun 1980-an. Pellet digunakan sebagai pemanas ruang untuk ruang skala kecil dan menengah. Pellet dibuat dari hasil samping terutama serbuk kayu. Pellet kayu digunakan sebagai penghasil panas bagi pemukiman atau industri skala kecil. Di Swedia, pellet memiliki ukuran diameter 6–12 mm serta panjang 10–20 mm (Zamirza, 2009). Pellet merupakan hasil pengempaan biomassa yang memiliki tekanan yang lebih besar jika dibandingkan dengan briket (60 kg/m³, kadar abu 1% dan kadar air kurang dari 10%) (Bassam dan Maegaard, 2004).



Gambar 2.1. Biopellet Briket Tongkol Jagung

Biopellet atau pellet yang berasal dari biomassa dikonversi dan dapat dimanfaatkan sebagai energi bahan bakar menggunakan teknik densifikasi. Teknik ini bertujuan untuk meningkatkan densitas (kerapatan) dari bahan dan memudahkan penyimpanan serta pengangkutan. Konversi biomassa dapat menaikkan nilai kalori per unit volume, mudah disimpan dan diangkut, mempunyai ukuran, dan kualitas yang seragam dari biopellet yang dihasilkan. Faktor utama yang mempengaruhi kekuatan dan ketahanan dari pellet adalah bahan baku, kadar air, ukuran partikel, kondisi pengempaan, penambahan perekat, alat densifikasi, dan perlakuan setelah proses produksi (Lehmann, dkk., 2012).

Biopellet adalah jenis bahan bakar padat berbasis limbah biomassa yang memiliki ukuran lebih kecil dari briket (Windarwati, 2011). Bahan tambahan perekat tapioka dan sagu merupakan bahan yang sering digunakan dalam pembuatan biopellet karena mudah didapat, harganya pun relatif murah dan dapat menghasilkan kekuatan rekat kering yang tinggi. Penggunaan perekat tidak melebihi 5% karena semakin besar penambahan perekat, maka akan mengakibatkan bertambahnya kadar air pada biopellet. Hal ini akan mengurangi nilai pembakaran biopellet (Zamirza, 2009).

Berdasarkan data *International Energy Agency (IEA) Bioenergy Task 40, Global Wood Pellet Industry Market and Trade Study* pada tahun 2020, jumlah kebutuhan biopellet dunia diperkirakan meningkat hingga 80 juta ton (Sukarta dan Oka, 2017). Melihat tingginya kebutuhan biopellet dunia, Indonesia memiliki peluang yang sangat besar untuk turut serta memenuhi kebutuhan tersebut. Hal ini

juga didukung oleh tingginya sumber biomassa yang dimiliki oleh Indonesia, seperti dari limbah pertanian yang mencapai 50.000 MW (Winata, 2013).

Menurut (Saptoadi, 2006), proses pemampatan biomassa menjadi briket atau pelet dilakukan untuk :

1. Meningkatkan kerapatan energi bahan,
2. Meningkatkan kapasitas panas (kemampuan untuk menghasilkan panas dalam waktu lebih lama dan mencapai suhu yang lebih tinggi).
3. Mengurangi jumlah abu pada bahan bakar.

Keunggulan utama pemakaian bahan bakar biopelet 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). 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 (PFI, 2007). Adapun standar kualitas biopelet berdasarkan SNI 8021-2014 dan beberapa negara dapat dilihat berturut-turut pada table. Adapun beberapa karakteristik yang ada pada biopelet, seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.1. Standar Kualitas Biopellet Berdasarkan SNI 8021-2014

Parameter	Nilai
Kadar Air (%)	$\leq 12\%$
Kadar Abu (%)	$\leq 1,5\%$
Kadar Zat Terbang (%)	$\leq 80\%$
Kadar Karbon Terikat (%)	$\geq 14\%$
Nilai Kalor (kal/g)	≥ 4000

(SNI 8021-2014)

Tabel 2.2. Standar Kualitas Biopellet Beberapa Negara

Parameter	Satuan	Amerika	Prancis
Kadar Air	%	-	≤ 15
Kadar Abu	%	<3 (standar); <1 (premium)	≤ 6
Nilai Kalor	(kal/g)	>4579,2	>4056

(Peksa-Blanchard, dkk., 2007)

Biopellet adalah bahan bakar biomassa berbentuk pelet yang memiliki keseragaman ukuran, bentuk, kelembaban, densitas, dan kandungan energi. Bahan bakar padat (biopellet) cukup efisien dan ramah lingkungan. Biopellet dapat pula

berfungsi sebagai bahan bakar kompor pengganti minyak tanah atau gas. Adanya biopelet menjadi solusi untuk mengatasi kelangkaan bahan bakar terutama di pedesaan (Winata, 2013).

Pelet memiliki konsistensi dan efisiensi bakar yang dapat menghasilkan emisi yang lebih rendah dari kayu (PFI, 2007). Bahan bakar pelet menghasilkan emisi bahan partikulat yang paling rendah dibandingkan jenis lainnya. Arsenik, karbon monoksida, sulfur, dan gas karbon dioksida merupakan sedikit polutan air dan udara yang dihasilkan oleh penggunaan minyak sebagai bahan bakar. Sistem pemanasan dengan pelet 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 NOX dan bahan organik yang mudah menguap juga dapat diturunkan. Masalah yang masih tersisa adalah emisi debu akibat peningkatan penggunaan sistem pemanasan dengan pelet.

Salah satu jenis biomassa yang potensial untuk dimanfaatkan selain kayu adalah tongkol jagung. Adapun alasan pemilihan tongkol jagung sebagai bahan utama dikarenakan jumlahnya yang sangat melimpah dan tidak optimal dalam pemanfaatannya bahkan bisa dikatakan tidak terpakai (limbah).

2.4. Bahan Baku yang Digunakan

2.4.1. Deskripsi dan Morfologi Tongkol Jagung

Jagung (*Zea mays L.*) merupakan salah satu tanaman pangan dunia yang terpenting, selain gandum dan padi. Tanaman jagung merupakan salah satu jenis tanaman pangan biji-bijian dari keluarga rumput-rumputan. Berasal dari Amerika yang tersebar ke Asia dan Afrika melalui kegiatan bisnis orang-orang Eropa ke Amerika. Sekitar abad ke-16 orang Portugal menyebarkan ke Asia termasuk Indonesia. Orang Belanda menamakannya mais dan orang Inggris menamakannya corn. Pada varietas tertentu tanaman jagung memiliki tinggi kurang dari 60 cm dan tipe yang lain dapat mencapai 6 m atau lebih saat dewasa (Hambali dkk, 2007).

Tanaman jagung hampir tersebar di seluruh wilayah Indonesia, karena jagung dapat tumbuh di seluruh wilayah Indonesia baik dataran tinggi maupun

rendah. Data ini menunjukkan bahwa hasil tanaman jagung sangat melimpah. Badan Pusat Statistik (BPS) melaporkan bahwa luas lahan pertanian jagung di Indonesia tahun 2005 adalah 3.356.914 ha dengan produksi 11.225.243 ton pipilan. Jika produksi jagung pipilan kering dapat mencapai 3 hingga 4 ton perhektar, maka limbah tongkol yang dihasilkan tentu lebih besar jumlahnya. Pemanfaatan sisa atau limbah pasca panen jagung ini hanya sedikit sekali yang dimanfaatkan menjadi produk seperti pupuk, bahan bakar memasak penduduk di sekitar pertanian, dan bahkan hanya dibuang atau dibakar. Tentunya hal ini akan menjadi masalah baru bagi lingkungan, terutama karena pembakaran itu akan menimbulkan polusi udara yang hebat dan juga membahayakan lingkungan (Isa, dkk., 2012).

Dalam kegiatan industri jagung dihasilkan limbah seperti kelobot dan tongkol jagung (*corn cob*). Kelobot adalah kulit buah jagung. Kelobot jagung mempunyai permukaan yang kasar dan berwarna hijau muda hingga hijau tua. Semakin ke dalam warna kelobot semakin muda dan akhirnya berwarna putih. Jumlah rata-rata kelobot dalam tongkol jagung adalah 12-15 lembar. Semakin tua umur jagung semakin kering kelobot jagungnya. Batang jagung (*corn stover*) merupakan limbah jagung. Setelah masa produktif jagung habis maka limbah batang jagung yang dihasilkan cukup besar dan memiliki kandungan serat yang tinggi dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku bio oil (Hambali, dkk., 2007).

Tongkol jagung adalah hasil ikutan dari tanaman jagung yang telah diambil bijinya dan merupakan limbah padat. Tongkol jagung adalah limbah yang diperoleh ketika biji jagung dirontokkan dari buahnya sehingga diperoleh jagung pipilan sebagai produk utamanya dan sisa buah yang disebut tongkol (Rohaeni, dkk., 2006).



Gambar 2.2. Tongkol Jagung

Pada dasarnya limbah tongkol jagung melimpah tetapi tidak dimanfaatkan dengan optimal. Timbul gagasan untuk memanfaatkannya supaya mempunyai nilai lebih. Biopellet merupakan metode yang efektif untuk mengkonversi bahan baku padat menjadi suatu bentuk hasil kompaksi yang lebih efektif, efisien dan mudah untuk digunakan. Adapun alasan pemilihan tongkol jagung sebagai bahan utama dikarenakan jumlahnya yang sangat melimpah dan tidak optimal dalam pemanfaatannya bahkan bisa dikatakan tidak terpakai (limbah).

2.4.2. Kandungan dan Manfaat Tongkol Jagung

Di Indonesia Jagung merupakan sumber pangan yang sangat penting setelah beras. Bahkan di beberapa daerah komoditas ini menjadi makanan pokok. Karena selain nilai kalorinya hampir setara dengan beras, jagung mengandung lemak lebih tinggi. Lagi pula, didalamnya terdapat asam lemak esensial yang bermanfaat untuk pencegahan penyakit arteriosclerosis.

Limbah jagung meliputi jerami dan tongkol. Penggunaan jerami jagung semakin populer untuk makanan ternak, sedangkan untuk tongkol belum ada pemanfaatan yang bernilai ekonomi. Limbah jagung sebagian besar adalah bahan berlignoselulosa yang memiliki potensi untuk pengembangan produk masa depan. Seringkali limbah yang tidak tertangani akan menimbulkan pencemaran lingkungan.

Tongkol jagung mengandung serat kasar yang cukup tinggi yakni 33%, kandungan selulosa sekitar 44,9% dan kandungan lignin sekitar 33,3% yang memungkinkan tongkol jagung dijadikan bahan baku briket arang (Marliani, dkk.,

2010). Tongkol jagung mengandung energi 3.500-4.500 kkal/kg, dan pembakarannya dapat mencapai suhu tinggi 205°C (Gandhi, 2010).

Tabel 2.3. Komposisi Tongkol Jagung

Komponen	Komposisi (%)
Air	9,6
Abu	1,5
Hemiselulosa	36,0
Selulosa	41,0
Lignin	6,0
Pektin	3,0
Pati	0,014

(Lorenz and Kulp, 1991)

Dengan komposisi seperti ini maka tongkol jagung dapat digunakan sebagai sumber energi, bahan pakan ternak, dan sebagai sumber karbon bagi pertumbuhan mikroorganisme. Kandungan yang terdapat pada cairan hasil pirolisis tongkol jagung terdiri dari golongan fenol, aldehid, hidrokarbon, asam dan ester. Cairan hasil pirolisis tongkol jagung tanpa katalis mengandung lebih banyak komponen dari golongan fenol. Fungsi komponen yang terkandung dalam cairan hasil pirolisis tongkol ini diklasifikasikan menjadi beberapa, yaitu sebagai pengawet dan antioksidan (Rahardja, dkk., 2009).

Potensi energi limbah pada komoditas jagung sangat besar dan diharapkan akan terus meningkat sejalan dengan program pemerintah dalam meningkatkan produksi jagung secara nasional. Namun, limbah jagung memiliki banyak kegunaan. Oleh karena itu, optimasi pemanfaatan limbah jagung sangat diperlukan untuk mendapatkan keuntungan yang optimal. Untuk memperkirakan potensi riil energi limbah jagung, penggunaan tongkol jagung untuk keperluan bahan bakar sekitar 90% sedangkan limbah batang dan daun sekitar 30% dari potensi yang ada.

Pada tahun 2006, luas panen jagung adalah 3,5 juta hektar dengan produksi rata-rata 3,47ton/ha, produksi jagung secara nasional 11,7 juta ton. Limbah batang dan daun jagung kering adalah 3,46 ton/ha sehingga limbah pertanian yang dihasilkan sekitar 12,1juta ton (Prasetyo, dkk., 2002). Dengan

konversi nilai kalori 4370 kkal/kg (Sudradjat, 2004) potensi energi limbah batang dan daun jagung kering sebesar 66,35 GJ. Energi tongkol jagung dapat dihitung dengan menggunakan nilai Residue to Product Ratio (RPR) tongkol jagung adalah 0,273 (pada kadar air 7,53%) dan nilai kalori 4451 kkal/kg (Sudradjat, 2004). Potensi energi tongkol jagung adalah 55,75 GJ. Menurut Siradjuddin Haluti pada tahun 2014, potensi pemanfaatan dan pengembangan sumber energi terbarukan tersebut diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Bahan bakar padat
2. Briket arang
3. Bioetanol
4. Gasifikasi

Tabel 2.4. Analisis Kimia Tongkol Jagung

Komponen		Nilai
Proximate analysis (wt.% of dry basis)	Moisture	6,50
	Volatiles	80,2
	FC	16,7
	Ash	3,1
Ultimate analysis (wt.% of dry and ash free)	C	49,0
	H	6,0
	O	44,7
	N	0,3
	S	0,08
HHV (MJ/kg)		17,2
Density (Kg/m ³)		188

(Aboyade, dkk., 2011)

2.4.3. Bahan Perekat

Pembuatan pelet biomassa umumnya memerlukan penambahan bahan perekat untuk meningkatkan sifat fisik dari biopelet. Adanya penambahan kadar perekat yang sesuai pada pembuatan briket akan meningkatkan nilai kalor biopelet tersebut. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Lestari dkk pada tahun 2010, menunjukkan bahwa bahan perekat memberikan pengaruh terhadap kualitas briket arang tongkol jagung, pada penelitiannya diperoleh hasil bahwa briket arang tongkol jagung dengan perekat kanji 10% mempunyai kadar air dan kadar abu terendah serta nilai kalor tertinggi, yaitu 5484,54 kkal/ kg, dibandingkan dengan perekat sagu.

Berdasarkan fungsi dari perekat dan kualitas perekat itu sendiri, pemilihan bahan perekat dapat dibagi sebagai berikut (Kurniawan, 2013).

1) Berdasarkan sifat atau bahan baku perekatan

Adapun karakteristik bahan baku perekatan untuk pembuatan briket adalah sebagai berikut (Sutiyono, 2008):

- a. Memiliki gaya *kohesi* yang baik bila dicampur dengan semikokas atau batubara.
- b. Mudah terbakar dan tidak berasap.
- c. Mudah didapat dalam jumlah banyak dan murah harganya.
- d. Tidak mengeluarkan bau, tidak beracun dan tidak berbahaya

2) Berdasarkan jenis

Jenis bahan baku yang umum dipakai sebagai pengikat untuk pembuatan briket, yaitu:

a. Pengikat Anorganik

Pengikat anorganik dapat menjaga ketahanan briket selama proses pembakaran sehingga dasar permeabilitas bahan bakar tidak terganggu. Pengikat anorganik ini mempunyai kelemahan yaitu adanya tambahan abu yang berasal dari bahan pengikat sehingga dapat menghambat pembakaran dan menurunkan nilai kalor. Contoh dari pengikat anorganik antara lain semen, lempung (tanah liat), natrium silikat (Kurniawan, 2013).

Tanah liat dapat dipakai sebagai perekat karbon. Namun, penampilan briket yang menggunakan perekat ini menjadi kurang menarik dan membutuhkan waktu lama untuk mengeringkannya. Tanah Liat adalah suatu zat yang terbentuk dari kristal-kristal yang sangat kecil. Kristal-kristal ini terdiri dari mineral-mineral yang disebut kaolinit. Tanah liat termasuk hidrosilikat alumina dan dalam keadaan murni mempunyai rumus $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dengan komposisi 47 % Oksida Silinium (SiO_2), 39 % Oksida Aluminium (Al_2O_3) dan 14% air (H_2O) (Arganda, 2007).

b. Pengikat Organik

Pengikat organik menghasilkan abu yang relatif sedikit setelah pembakaran briket dan umumnya merupakan bahan perekat yang efektif. Contoh dari pengikat organik diantaranya kanji, tar, aspal, amilum, molase dan parafin (Brades dan

Tobing, 2007).

Adapun bahan perekat organik yang umumnya digunakan dalam pembuatan briket adalah tepung tapioka dan sagu aren.

1. Tepung Tapioka



Gambar 2.3. Tepung Tapioka

Dalam pembuatan biobriket diperlukan perekat ataupun pengikat yang berfungsi untuk merekatkan partikel-partikel zat dalam bahan baku (bioarang) pada proses pembuatan briket. Tepung tapioka termasuk merupakan salah satu jenis bahan perekat organik dan umumnya merupakan bahan perekat yang efektif. Dipilihnya perekat tepung tapioka ini dikarenakan harganya murah serta mudah didapat. Adapun komposisi dari tepung tapioka terdapat pada Tabel 2.5.

Komponen	Jumlah kandungan (%)
Air	11,5
Karbohidrat	83,8*
Protein	1,0
Lemak	0,9
Serat	2,1
Abu	0,7

(Hambali, dkk., 2007)

Pada penelitian ini jenis perekat yang digunakan adalah tepung tapioka. Perekat tapioka umum digunakan sebagai bahan perekat pada briket arang karena banyak terdapat di pasaran dan harganya relatif murah. Perekat ini dalam penggunaannya menimbulkan asap yang relatif sedikit dibandingkan bahan lainnya.

Dengan adanya penggunaan bahan perekat maka ikatan antar partikel semakin kuat, butiran-butiran arang akan saling mengikat yang menyebabkan air terikat pada pori-pori arang (Noldi, 2009). Penggunaan bahan perekat dimaksudkan untuk menahan air dan membentuk tekstur yang padat atau mengikat dua substrat yang direkatkan. Dengan adanya bahan perekat maka susunan partikel makin baik, teratur dan lebih padat sehingga dalam proses pengempaan keteguhan tekanan arang briket akan semakin baik. Dalam penggunaan bahan perekat harus memperhatikan faktor ekonomi maupun non-ekonominya (Noldi, 2009).

2.5. Proses Pembakaran

Pembakaran adalah suatu runutan reaksi kimia antara suatu bahan bakar dan suatu oksidan, disertai dengan produksi panas yang kadang disertai cahaya dalam bentuk pendar atau api. Dalam suatu reaksi pembakaran lengkap, suatu senyawa bereaksi dengan zat pengoksidasi, dan produknya adalah senyawa dari tiap elemen dalam bahan bakar dengan zat pengoksidasi. Pembakaran pirolisis merupakan suatu proses dekomposisi termokimia yang terjadi bahan organik (biomasa) melalui proses pemanasan dengan menggunakan sedikit atau tanpa oksigen dimana material mentah akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi fase gas (Riduan, dkk., 2019).

Arang adalah suatu bahan padat berpori yang dihasilkan dari pembakaran pada suhu tinggi dengan proses karbonisasi, yaitu proses pembakaran tidak sempurna, sehingga bahan hanya terkarbonisasi dan tidak teroksidasi. Sebagian besar pori - pori pada arang masih tertutup dengan hidrokarbon, ter dan senyawa organik lainnya (Kinoshita, 1988).

Tabel 2.6 Sifat Fisika dan Kimia Arang

Parameter	Nilai
Kerapatan	0,45 g/cm ³
Kerapatan Total	1,38 - 1,46 g/cm
Porositas	70 %
Permukaan dalam	50 m
Kekuatan Pemampatan	26 N/mm ²
Berat bagian terbesar	80 - 220 kg/m ²
Kadar air	5 - 8 %
Kadar karbon	80 - 90 %
Kandungan abu	1 - 2 %
Nilai Kalor	29 - 33 MJ/kg
Zat-zat mudah menguap	10 - 18 %

(Ensiklopedia Nasional Indonesia, 1995)

Arang bermanfaat sebagai sumber energi terutama jika dikembangkan menjadi briket dengan teknologi pengepresan (Haji, 2007). Penggunaan briket sebagai bahan bakar sangat menguntungkan, terutama pada saat ini sedang terjadi krisis bahan bakar. Menurut Matsuzawa dkk pada tahun 2007 arang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi bakar. Dalam pembriketan, proses pengarangan terbagi menjadi dua jenis, yaitu:

- (1) Pengarangan dengan sedikit oksigen (Karbonisasi), dan (2) pengarangan dengan tanpa oksigen (Pirolisis).

2.5.1. Karbonisasi

Karbonisasi merupakan metode atau teknologi untuk memperoleh arang sebagai produk utama dengan memasukan biomassa padat seperti kulit durian, kayu, sekam padi dll. Pada proses karbonisasi ini dapat menghasilkan tar, asam pyroligneus dan gas mudah terbakar sebagai hasil samping produk. Dalam kasus diskriminasi dari “destilasi kering” merupakan terminologi yang digunakan. Karbonisasi umumnya berarti pembuatan arang meskipun itu merupakan istilah termasuk distilasi kering.

karbonisasi merupakan suatu proses konversi dari suatu zat organik ke dalam karbon atau residu yang mengandung karbon dalam proses pembuatan arang berkarbon, karbonisasi dilakukan dengan membakar kulit durian untuk menghilangkan kandungan air atau content dan material-material lain dalam kulit

durian yang tidak dibutuhkan oleh arang seperti hidrogen dan oksigen atau material yang menguap (Ridhuan dan Suranto, 2016).

Karbonisasi juga dapat dikatakan sebagai suatu proses untuk mengkonversi bahan organik menjadi arang. Pada proses karbonisasi akan terjadi proses pelepasan atau penguapan zat yang mudah terbakar seperti CO, CH₄, H₂ formaldehid, formik dan acetyl acid serta zat yang tidak terbakar seperti CO₂, H₂O dan tar cair. Gas-gas yang dilepaskan pada proses ini dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan kalor pada proses karbonisasi.

2.5.2. Pirolisis

Pirolisis adalah proses dekomposisi suatu bahan pada suhu tinggi tanpa adanya udara atau dengan udara terbatas. Proses dekomposisi pada pirolisis ini juga sering disebut dengan *devolatilisasi*.

Pirolisis atau bisa di sebut *thermolisis* adalah proses dekomposisi kimia dengan menggunakan pemanasan tanpa kehadiran oksigen. Proses pirolisis menghasilkan produk berupa bahan bakar padat yaitu karbon, cairan berupa campuran tar dan beberapa zat lainnya. Produk lain adalah gas berupa karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄) dan beberapa gas yang memiliki kandungan kecil. Hasil pirolisis berupa tiga jenis produk yaitu padatan (charcoal/arang), gas (fuel gas) dan cairan (bio-oil). Dan umumnya proses pirolisis berlangsung pada suhu di atas 300°C. Namun keadaan ini sangat bergantung pada bahan baku dan cara pembuatannya, (Ridhuan dan Suranto, 2016).

Dalam proses pirolisis, semakin tinggi laju pemanasan semakin mempercepat pembentukan produk yang menguap, meningkatkan tekanan, waktu tinggal yang pendek dari produk yang mudah menguap di dalam reaktor, dan hasil produk cair yang lebih tinggi. Beberapa faktor yang memengaruhi proses pirolisis yaitu kadar air, ukuran partikel, temperatur, waktu, bahan, tipe pirolisis.

2.6. Teknologi Pembuatan

Biopellet atau pellet yang berasal dari biomassa dikonversi dan dapat dimanfaatkan sebagai energi bahan bakar menggunakan teknik densifikasi. Teknik ini bertujuan untuk meningkatkan densitas (kerapatan) dari bahan dan memudahkan penyimpanan serta pengangkutan.

Beberapa parameter yang perlu diperhatikan dalam pembuatan briket maupun biopellet adalah sebagai berikut (Sukandarrumidi, 2006):

- (1) Ukuran butir, semakin kecil ukuran butir bahan yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan briket akan semakin kuat daya rekat antar butir apabila telah ditambahkan bahan perekat.
- (2) Tekanan mesin pencetak, diusahakan agar briket yang dihasilkan kompak, tidak rapuh dan tidak mudah pecah apabila dipindah-pindah. Di samping itu diusahakan masih terdapat pori-pori yang memungkinkan udara (oksigen) masih ada di dalamnya. Keberadaan oksigen dalam briket sangat penting karena akan mempermudah proses pembakaran.
- (3) Kandungan air, hal ini akan berpengaruh pada nilai kalor yang dihasilkan. Apabila kandungan airnya tinggi, maka kalori yang dihasilkan briket akan berkurang karena sebagian kalori akan dipergunakan lebih dahulu untuk menguapkan air yang terdapat dalam briket.

Menurut Kurniawan dkk (2008), proses produksi briket melalui beberapa tahap langkah. Adapun langkah-langkah pembuatan briket sebagai berikut :

1) Penyiapan Bahan Baku

Bahan baku yang disiapkan dan dibersihkan dari material-material tidak berguna, seperti batu dan sebagainya. Kemudian bahan baku dikeringkan sebelum dikarbonisasi.

2) Proses Karbonisasi

Proses pengarangan atau karbonisasi ini dapat dilakukan dengan menggunakan furnace atau tungku pembakaran. Karbonisasi biomassa merupakan suatu proses pembakaran pada suhu tinggi untuk menaikkan nilai kalor biomassa, sehingga diperoleh hasil berupa arang yang tersusun atas karbon dan berwarna hitam.

3) Proses Densifikasi

Proses densifikasi dilakukan pada bahan berbentuk curah atau memiliki sifat fisik yang tidak beraturan. Terdapat tiga tipe proses densifikasi, antara lain: *extruding*, *briquetting*, dan *pelleting*. Proses *pelleting* terjadi

karena adanya aliran bahan dari *roll* yang berputar disertai dengan tekanan menuju lubang-lubang *dies* pencetak biopelet. Peletisasi merupakan proses pengeringan dan pembentukan biomassa dengan menggunakan tekanan tinggi untuk menghasilkan biomassa padat berbentuk silinder dengan diameter maksimum 25 mm. Proses peletisasi bertujuan untuk menghasilkan bahan bakar biomassa dengan volume yang secara signifikan lebih kecil dan densitas energi lebih tinggi, sehingga lebih efisien untuk proses penyimpanan, transportasi, dan konversi ke dalam bentuk energi listrik atau energi kimia lainnya.

2.7. Faktor - Faktor Dalam Proses Pembuatan Biopelet Briket

Kualitas dari sebuah biopelet briket dapat dilihat melalui analisa baik, analisa secara fisik maupun analisa secara kimia. Faktor utama yang mempengaruhi kekuatan dan ketahanan dari pelet adalah bahan baku, kadar air, ukuran partikel, kondisi pengempaan, penambahan perekat, alat densifikasi, dan perlakuan setelah proses produksi (Lehmann, dkk., 2012).

Analisa secara fisik dimaksudkan untuk mengetahui kualitas biopelet briket secara langsung berdasarkan sifat-sifat fisik dari biopelet briket itu sendiri, sedangkan analisa secara kimia dilakukan agar dapat diketahui kandungan zat yang terdapat di dalam briket beserta dengan kadar kandungan zat tersebut (Himawanto, 2003). Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi dalam pembuatan biopelet antara lain:

1. Ukuran

Ukuran mempengaruhi kekuatan biopelet yang dihasilkan karena ukuran yang lebih kecil akan menghasilkan rongga yang lebih kecil pula sehingga kuat tekan pelet akan semakin besar.

2. Penekanan

Penekanan pada saat proses cetak akan berdampak pada kekerasan dan kekuatan dari pelet yang dihasilkan. Penekanan pada saat proses cetak pelet harus tepat, tidak terlalu besar ataupun kecil dimana akan berdampak pada proses penyalaan pelet.

3. Bahan Baku

Pelet dapat dibuat dari berbagai macam bahan yakni batubara, arang, serbuk kayu, sekam kulit kopi, sekam padi, eceng gondok, dan lain-lain. Bahan baku pembuatan pelet harus mengandung selulosa, semakin tinggi maka semakin baik kualitasnya. Pelet yang mengandung zat terbang tinggi yang proses penyalaan dapat berlangsung cepat akan tetapi dapat menghasilkan asap dan bau yang tidak sedap.

2.8. Karakteristik Biopelet

Biopelet adalah bahan bakar padat hasil pengempaan biomassa yang berbentuk silinder dan memiliki panjang 6–25 mm dengan diameter 12 mm dan dapat digunakan sebagai energi alternatif (Rusdianto, dkk., 2014). Karakterisasi bahan baku diperlukan untuk mengetahui pengaruh proses pembentukan menjadi biopelet dapat memperbaiki karakteristik masing-masing bahan baku sebagai bahan bakar.

Secara umum beberapa spesifikasi biopelet yang dibutuhkan oleh konsumen adalah sebagai berikut :

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

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.

Adapun beberapa sifat fisik dan sifat kimia dari biopelet adalah sebagai berikut :

2.8.1. Sifat Fisik

1. Nilai Kalor

Nilai kalor merupakan parameter utama mutu biopelet, dan sangat penting dalam menentukan efisiensi suatu bahan bakar (Ali dan Restuhadi, 2010). Syarat biopelet yang baik menurut Standar Industri Nasional yaitu memiliki kadar kalori diatas 4000 kal/gr.

2. Kadar Air

Kandungan air yang tinggi menyulitkan penyalaan sehingga biopelet sulit terbakar, sehingga kalor yang dihasilkan juga akan semakin rendah (Lilih dan Budi, 2017). Biopelet memiliki kadar air maksimal menurut Standar Industri Nasional untuk tidak boleh lebih dari 12%.

2.8.2. Sifat Kimia

1. Kadar Abu (*Ash*)

Semakin tinggi kadar abu, secara umum akan mempengaruhi tingkat pengotoran, keausan dan korosi peralatan yang dilalui. Biopelet dengan kandungan abu yang terlalu tinggi sangat tidak menguntungkan karena akan membentuk kerak (Lehtikangas, 2001). Semakin tinggi kadar abu dalam suatu briket maka kualitas briket akan semakin rendah, karena kandungan abu yang tinggi dapat menurunkan nilai kalor (Putra, dkk., 2013). Biopelet memiliki kadar abu maksimal menurut Standar Industri Nasional untuk tidak boleh lebih dari 1,5%.

2. Kadar Karbon Terikat

Kadar karbon terikat didefinisikan sebagai fraksi karbon dalam biomassa selain fraksi air, zat terbang, dan abu. Besar kecilnya kadar karbon terikat dapat dipengaruhi oleh tinggi rendahnya kadar zat terbang. Kadar karbon terikat sebagai parameter kualitas bahan bakar karena mempengaruhi besarnya nilai kalor (Sofia, dkk., 2018). semakin tinggi kadar karbon terikat maka semakin baik pula kualitas briket yang dihasilkan, karena kadar karbon terikat yang tinggi akan menghasilkan briket yang minim asap adar karbon terikat yang tinggi akan menghasilkan briket yang minim asap

(Putra, dkk., 2013). Biopellet memiliki kadar karbon minimal menurut Standar Nasional Indonesia yaitu 14%.

3. Kandungan Zat Terbang (*Volatile Matter*)

Zat terbang terdiri dari gas-gas yang mudah terbakar seperti Hidrogen, Karbon Monoksida (CO), dan Metana (CH_4), tetapi kadang-kadang terdapat juga gas-gas yang tidak terbakar seperti CO_2 dan H_2O . Kandungan kadar zat menguap yang tinggi di dalam briket arang akan menimbulkan asap yang lebih banyak pada saat briket dinyalakan, sebab adanya reaksi antara karbon monoksida (CO) (Isa, dkk., 2011). Biopellet memiliki kadar zat terbang maksimal menurut Standar Nasional Indonesia yaitu tidak boleh lebih dari 80%.