

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Biomassa

Biomassa adalah material biologis yang berasal dari suatu kehidupan, atau organisme yang masih hidup yang berstruktur karbon dan campuran kimiawi bahan organik yang mengandung hidrogen, nitrogen, oksigen, dan sejumlah kecil dari atom - atom & elemen-elemen lainnya. Namun, istilah biomassa tidak termasuk untuk bahan organik seperti bahan bakar fosil (batubara, minyak bumi) karena bahan ini berasal dari organisme yang telah lama mati dan karbon yang telah keluar dari atmosfer selama jutaan tahun.

Terdapat sejumlah opsi teknologi yang tersedia untuk mengolah berbagai jenis biomassa menjadi sumber energi terbarukan. Teknologi konversi dapat melepaskan energi secara langsung, dalam bentuk panas atau listrik atau mengubahnya ke bentuk lain, seperti *biofuel* atau biogas.

2.2. Sampah Organik

Menurut Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008, sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat. Menurut S. Hadiwiyoto, sampah adalah sisa-sisa bahan yang mengalami perlakuan-perlakuan, baik karena sudah diambil bagian utamanya, atau karena pengolahan, atau karena sudah tidak ada manfaatnya yang ditinjau dari segi sosial ekonomis tidak ada harganya dan dari segi lingkungan dapat menyebabkan pencemaran atau gangguan terhadap lingkungan hidup. Sampah kota secara sederhana diartikan sebagai sampah organik maupun anorganik yang dibuang oleh masyarakat dari berbagai lokasi di kota tersebut (Sudradjat, 2006).

Sampah menjadi masalah penting untuk kota yang padat penduduknya. Menurut R. Sudrajat, faktor yang mempengaruhinya adalah sebagai berikut.

1. Volume sampah sangat besar sehingga melebihi kapasitas daya tampang tempat pembuangan sampah akhir atau TPA
2. Lahah TPA semakin sempit karena tergeser tujuan penggunaan lain
3. Teknologi pengelolaan sampah tidak optimal sehingga sampah lambat membusuknya. Hal ini menyebabkan percepatan peningkatan volume sampah

lebih besar dari pembusukannya. Oleh karena itu, selalu diperlukan perluasan area TPA baru.

4. Sampah yang sudah matang dan telah berubah menjadi kompos tidak dikeluarkan dari TPA karena berbagai pertimbangan.
5. Manajemen pengelolaan sampah tidak efektif sehingga sering kali menjadi penyebab distorsi dengan masyarakat setempat.
6. Pengelolaan sampah dirasakan tidak memberikan dampak positif kepada lingkungan.
7. Kurangnya dukungan kebijakan dari pemerintah, terutama dalam memanfaatkan produk sampingan dari sampah sehingga menyebabkan tertumpuknya produk tersebut di TPA.

Tabel 2.1. Degradibilitas dari Komponen Sampah Kota

No.	Komponen Sampah Kota	Degradibilitas (%)
1.	Selulosa dari kertas koran	90
2.	Selulosa dari kertas bungkus	50
3.	Kayu/ranting berkulit	5
4.	Bamboo	50
5.	Hemiselulosa	70
6.	Karbohidrat	70
7.	Lignin	0
8.	Lemak	50
9.	Protein	50
10.	Plastik	0

(sumber: Sudradat, 2006)

Meskipun hanya bahan organik yang dapat terurai oleh mikroba, tetapi setiap jenis bahan berbeda tingkat kemudahan dalam penguraiannya (degradibilitas). Pada tabel 2.1. terlihat bahwa kertas koran, hemiselulosa, dan karbohidrat mudah terdegradasi. Kertas bungkus, bambu, lemak, dan protein, agak sulit terdegradasi. Sedangkan kayu, lignin, dan plastik hampir sama sekali tidak terdegradasi.

Jenis-jenis sampah yang dapat dimanfaatkan dalam konversi menjadi biobriket adalah jenis sampah organik. Nilai kalor dari berbagai jenis sampah organik dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. Nilai Kalor Sampah Organik

No.	Sampel	Nilai Kalor (Kcal/kg)*
Kertas		
1.	HVS	3024,24
2.	Karton	3602,18
3.	Koran	3845,53
4.	Majalah	2598,95
5.	Kertas Nasi	4246,92
6.	Kardus	4487,07
Sampah Makanan dan Pasar		
7.	Makanan tercampur	5162,21
8.	Daun Pembungkus	4638,37
9.	Batok & Gambut Kelapa	4684,11
10.	Sayur	4568,29
11.	Ikan	5837,12
12.	Lemak	9891,62
13.	Daging	7154,78
14.	Tulang	4464,42
15.	Buah	5064,86
Sampah Kebun		
16.	Daun	3998,02
17,	Rumput	4153,51
18,	Cabang Pohon/Ranting	4715,66

(sumber: Novita,, 2010)

*Analisis menggunakan *bomb calorimeter*

2.3. Teknologi Hidrotermal

2.3.1. Pengertian Hidrotermal

Teknologi hidrotermal adalah pengolahan sampah menggunakan proses termokimia yang melibatkan penggunaan air dalam suatu kondisi suhu dan

tekanan tertentu. Keunggulan utama teknologi hidrotermal adalah sampah organik kota yang akan diolah tidak memerlukan proses pemilahan maupun pengeringan. Selama proses hidrotermal, sampah organik (biomassa) di konversi menjadi produk karbon-padat biobriket yang dapat digunakan untuk berbagai aplikasi. Biobriket menjadi salah satu alternatif untuk bahan bakar pengganti bahan bakar fosil (Fiori, 2017).

Menurut Cyrilla Oktaviananda (2017) Pengolahan dengan hidrotermal mengarah ke proses *thermo-chemical* untuk mendekomposisi material yang mengandung zat arang seperti batubara dan biomassa dengan air dalam kondisi temperatur dan tekanan tinggi. Dibanding dengan metode konversi *thermo-chemical* yang lain seperti pirolisis dan gasifikasi, temperatur pengolahan dengan hidrotermal lebih rendah (200-230°C pada proses hidrotermal, dibanding dengan 250-550°C untuk pirolisis dan 900-1200°C untuk gasifikasi). Sebagai tambahan, konversi biomassa terjadi di lingkungan yang lembab, sehingga kandungan air dari bahan baku tidak menjadi masalah. Untuk itu metode hidrotermal cocok untuk mengolah biomassa yang mengandung kadar air tinggi, seperti limbah pertanian yang mengandung air lebih dari 50% wt pada kondisi segar.

Reaksi yang terjadi pada tahap pertama pengolahan dengan hidrotermal menjadi *hydrocar* adalah hidrolisis, ketika air bereaksi dengan ekstraktif, hemiselulosa, atau selulosa dan menghancurkan ikatan ester dan eter (terutama ikatan β -(1-4) glikosidik), menghasilkan berbagai macam produk, termasuk oligomer terlarut seperti oligon-sakarida dari selulosa dan hemiselulosa. Proses pengolahan dengan hidrotermal membutuhkan aplikasi panas dan tekanan untuk mengolah biomassa dalam media berair. ini secara luas dianggap sebagai cara yang menjanjikan untuk mengubah biomassa basah menjadi produk bernilai tambah (seperti biofuel dan bahan kimia) karena hal itu menghilangkan kebutuhan (modal, energi, dan waktu) untuk pengeringan dan pengeringan bahan baku.

Tahap-tahap proses hidrotermal adalah sampah organik padat yang telah dikumpulkan dimasukkan ke dalam reaktor bersama dengan air. Dengan rasio sampah dan air 1:1. Setelah proses umpan selesai, reaktor ditutup dan proses dimulai dengan memanaskan reaktor yang berpenguk tipe *hellical-ribon* dan tipe turbin hingga temperatur operasi 130-190°C dengan kecepatan pengadukan 200-

250 rpm dan tekanan 2-3 MPa. Proses hidrotermal dilakukan selama 30-60 menit. Konsep ini serupa dengan memasak menggunakan panci presto. Produk yang diperoleh akan berupa padatan seragam yang berukuran lebih kecil. Setelah diproses, produk yang dihasilkan dapat digunakan setelah pengeringan 2-4 hari dibawah matahari sebagai bahan bakar padat (Prawisudha, 2018).

2.3.2. Mekanisme Reaksi

Hydrothermal Carbonization (HTC) dari biomassa lignoselulosa adalah proses pengolahan untuk menghomogenisasi dan memadatkan bahan baku biomassa yang beragam. Produk padat ini bersifat hidrofobik dan gembur dengan analisis akhir yang serupa dengan lignit, dan mudah dibuat menjadi pelet padat dan tahan lama. Produk sampingan termasuk gula, asam, karbon dioksida, dan air. Prosesnya terdiri dari perlakuan dalam keadaan panas (180-280 ° C) air bertekanan untuk waktu kontak yang singkat, dan telah ditunjukkan pada biomassa kayu, residu pertanian, dan rumput. Reaksi pada proses HTC yaitu hidrolisis, dehidrasi, dekarboksilasi, kondensasi, polimerisasi, dan aromatisasi. Hampir semua hemiselulosa dihilangkan dan dikonversi menjadi gula sederhana dan furfural. Selulosa mulai bereaksi pada 200 C, dan menghasilkan oligosakarida, glukosa, 5-HMF, dan asam organik. Lignin relatif sulit bereaksi. Reaksi HTC relatif cepat, dengan waktu reaksi diukur dalam menit. Telah ada banyak penelitian tentang HTC yang diterbitkan baru-baru ini, tetapi sedikit untuk dikomersialkan. Desain inovatif diperlukan untuk komersialisasi, dan biaya mungkin tinggi, karena beroperasi pada tekanan tinggi.

a. Hidrolisis

Reaksi hidrolisis adalah reaksi pertama yang terjadi terhadap sampah organik yang masih berbentuk padatan, di mana air bereaksi selulosa atau hemiselulosa dan merusak ikatan ester dan eter, menghasilkan berbagai produk termasuk oligomer terlarut seperti (oligo-) sakarida dari selulosa, dan hemiselulosa. Dengan peningkatan waktu reaksi, oligomer ini selanjutnya menghidrolisis menjadi mono atau disakarida sederhana (misalnya, glukosa, fruktosa, xilosa). Di sisi lain, 5-HMF dan zat lainnya dapat lebih lanjut menghidrolisis menjadi asam sederhana seperti levulinat, asetat, dan / atau asam format.

Hemiselulosa mulai terhidrolisis pada suhu HTC di atas 180°C, tetapi hidrolisis selulosa dimulai di atas 230°C. Air fase cair pada 200 °C menghidrolisis b-(1-4) ikatan glikosidik hemiselulosa, yang terdegradasi menjadi gula monomer, kemudian didegradasi lebih lanjut menjadi furfurals dan senyawa lainnya, termasuk 2-furaldehyde. Selulosa dapat terdegradasi menjadi oligomer, sebagian darinya menghidrolisis menjadi glukosa dan fruktosa karena hidrolisis. Komponen biomassa lainnya seperti ekstraktif, yang merupakan gula monomer (terutama glukosa dan fruktosa) dengan berbagai alditol, asam alifatik, gula oligomer, dan glikosida fenolik, sangat reaktif dalam media hidrotermal. Komponen lignin dan anorganik sangat stabil dan mungkin tetap tidak berubah oleh HTC pada 200-260 °C, seperti yang dibahas di atas.

b. Dehidrasi dan Dekarboksilasi

Dehidrasi selama HTC dapat merupakan hasil dari proses kimia dan fisik. Proses fisik dikenal sebagai dewatering, di mana air residual dikeluarkan dari biomassa selama HTC karena meningkatnya hidrofobisitas HTC biochar. Dehidrasi kimia terjadi karena eliminasi gugus hidroksil. Alasan utama penurunan oksigen yang signifikan ini adalah reduksi gugus karboksil, terutama dari ekstraktif, hemiselulosa, dan selulosa. Dehidrasi dan dekarboksilasi terjadi secara bersamaan. Satu jalur yang memungkinkan untuk dekarboksilasi adalah degradasi ekstraktif, hemiselulosa, dan selulosa. Di bawah kondisi hidrotermal, mereka dapat terdegradasi menjadi monomer seperti asam asetat, asam format, atau furfurals, yang selanjutnya dapat terdegradasi menjadi CO₂ dan H₂O.

c. Kondensasi, Polimerisasi, dan Aromatisasi

Beberapa senyawa antara (5-HMF, anhydroglucose, furfural, erythrose, 5-metil furfural) dihasilkan dari reaksi dehidrasi dan dekarboksilasi monomer itu sendiri sangat reaktif. Zat antara ini mengalami kondensasi, polimerisasi, dan aromatisasi. Jadi, linear polimer seperti selulosa dapat dikonversi menjadi polimer ikatan silang yang mirip dengan lignin. Reaksi kondensasi monosakarida lebih lambat, karena polimerisasi ikatan silang bersaing dengan rekondensasi ke oligosakarida. Kondensasi polimerisasi kemungkinan besar diatur oleh langkah-pertumbuhan polimerisasi, yaitu ditingkatkan oleh suhu yang lebih tinggi dan waktu reaksi. Dengan demikian kemungkinan demikian pembentukan HTC-

biochar selama HTC terutama ditandai dengan kondensasi polimerisasi dan aromatisasi, khususnya kondensasi aldol. Bahkan, fragmen kondensasi dalam matriks biomassa mampu 'memblokir' biomakromolekul yang tersisa, sehingga mencegah akses air dan hidrolisis berikutnya, Fenomena itu membuat HTC biochar yang tersisa bersifat hidrofobik.

2.3.3. Penentuan Kapasitas Reaktor

Dalam menentukan besarnya kapasitas *prototype* reaktor *hydrothermal* yang dibutuhkan, ada beberapa faktor yang harus diperhatikan yaitu menentukan densitas dari sampah tersebut, menentukan volume reaktor serta variasi sampah dan air yang dibutuhkan untuk menghasilkan produk.

a. Menentukan Densitas Sampah

$$\rho = \frac{\text{berat zat padat}}{\text{volume zat padat}} = \frac{BGS - BGK}{VG}$$

Dimana:

BGK = Berat Piknometer kosong (gr)

BGS = Berat Piknometer + Sampel (gr)

VG = Volume Piknometer (ml)

ρ = Densitas sampah (gr/ml)

b. Menentukan Volume Total Reaktor

Dalam menentukan volume silinder reaktor dengan merujuk pada hasil berupa produk padat, maka volume silinder reaktor adalah:

$$V_{\text{reaktor}} = \pi \times (r)^2 \times t$$

Dimana:

r = jari jari reaktor (m²)

t = tinggi reaktor (m)

V = volume (m³)

c. Menentukan massa sampah yang digunakan

Kapasitas reaktor = 75% x volume total reaktor (Anggito, 2014. P.41)

Massa sampah = $\rho_{\text{sampah}} \times V_{\text{sampah}}$

V = volume (m³)

ρ = (kg/m³)

2.4. Briket

Briket adalah bahan bakar padat dengan bentuk tertentu yang dibuat dengan teknik pengepresan dan menggunakan bahan perekat sebagai bahan pengeras.

2.4.1. Jenis-Jenis Briket

Jenis-jenis briket berdasarkan bahan baku penyusunnya terdiri dari briket batubara, briket bio-batubara dan biobriket (Fariadhie, 2009).

1. Briket batubara adalah bahan bakar padat yang terbuat dari batubara dengan sedikit campuran perekat. Briket batubara ini dibagi lagi menjadi dua jenis, yaitu briket batubara terkarbonisasi (melalui proses pembakaran) dan briket tanpa karbonisasi (tanpa proses pembakaran).
2. Briket bio-batubara
Briket bio-batubara atau *biocoal* adalah briket campuran antara batubara dan biomassa dengan sedikit perekat.
3. Biobriket
Biobriket adalah bahan bakar padat yang terbuat dari bahan baku biomassa dengan campuran sedikit perekat. Biomassa dalam kehidupan sehari-hari merupakan bahan hayati yang biasanya dianggap sebagai sampah dan sering dimusnahkan dengan cara dibakar.

2.4.2. Perekat

Pada pembuatan briket dibutuhkan zat aditif berupa perekat. Perekat adalah suatu zat atau bahan yang memiliki kemampuan untuk mengikat dua benda melalui ikatan permukaan. Beberapa istilah lain dari perekat yang memiliki kekhususan meliputi *glue*, *mucilage*, *paste*, dan *cement*. *Glue* merupakan perekat yang terbuat dari protein hewani seperti kulit, kuku, urat, otot dan tulang yang digunakan dalam industri kayu. *Mucilage* adalah perekat yang dipersiapkan dari getah dan air yang diperuntukkan terutama untuk perekat kertas. *Paste* adalah perekat pati (*starch*) yang dibuat melalui pemanasan campuran pati dan air dan dipertahankan berbentuk pasta. *Cement* adalah istilah yang digunakan untuk perekat yang bahan dasarnya karet dan mengeras melalui pelepasan pelarut (Ruhendi, dkk, 2007). Sedangkan menurut Kurniawan dan Marsono (2008), ada beberapa jenis perekat yang digunakan untuk briket arang yaitu :

a. Perakat aci

Perakat aci terbuat dari tepung tapioca, cara membuatnya sangat mudah yaitu cukup mencampurkan tepung tapioka dengan air, lalu dididihkan di atas kompor. Selama pemanasan tepung diaduk terus menerus agar tidak menggumpal. Warna tepung yang semula putih akan berubah menjadi transparan setelah beberapa menit dipanaskan dan terasa lengket di tangan.

b . Perakat tanah liat

Perakat tanah liat bisa digunakan sebagai perakat karbon dengan cara tanah liat diayak halus seperti tepung, lalu diberi air sampai lengket. Namun penampilan briket arang yang menggunakan bahan perakat ini menjadi kurang menarik dan membutuhkan waktu lama untuk mengeringkannya serta agak sulit menyala ketika dibakar.

c. Perakat getah karet

Daya lekat getah karet lebih kuat dibandingkan dengan lem aci maupun tanah liat. Ongkos produksinya relatif mahal dan agak sulit mendapatkannya. Briket arang yang menggunakan perakat ini akan menghasilkan asap tebal berwarna hitam dan beraroma kurang sedap ketika dibakar.

d. Perakat getah pinus

Keunggulan perakat getah pinus terletak pada daya benturan briket yang kuat meskipun dijatuhkan dari tempat yang tinggi (briket tetap utuh).

e. Perakat pabrik

Perakat pabrik adalah lem khusus yang diproduksi oleh pabrik yang berhubungan langsung dengan industri pengolahan kayu. Lem-lem tersebut mempunyai daya lekat yang sangat kuat tetapi kurang ekonomis jika diterapkan pada briket biobriket.

2.5. Parameter Kualitas Briket

Briket yang dibuat harus memenuhi kriteria briket sesuai dengan SNI yang telah ditetapkan. Analisis briket berupa nilai kalor dan analisis proksimat untuk mengetahui kualitas briket.

2.5.1. Nilai Kalor

Nilai kalor bahan bakar adalah jumlah energi panas maksimum yang dibebaskan oleh suatu bahan bakar melalui reaksi pembakaran sempurna

persatuan massa atau volume bahan bakar tersebut. Analisa nilai kalor suatu bahan bakar dimaksudkan untuk memperoleh data tentang energi kalor yang dapat dibebaskan oleh suatu bahan bakar dengan terjadinya reaksi atau proses pembakaran (Almu, 2014).

Nilai kalor terbagi menjadi 2 jenis, yaitu *Gross Calorific Value* (GCV) dan *Net Calorific Value* (NCV)

a. *Gross Calorific Value* (GCV)

Gross Calorific Value adalah jumlah unit panas yang dikeluarkan per unit bahan-bahan yang dibakar dengan oksigen dibawah kondisi standar. GCV menunjukkan nilai kalor yang masih mengandung H₂O. *Gross Calorific Value* dapat juga disebut sebagai *High Heating Value* (HHV).

b. *Net Calorific Value* (NCV)

Net Calorific Value adalah konversi secara matemati dari *Gross Calorific Value* (NCV) dengan menerapkan faktor koreksi yang didasarkan pada kandungan hydrogen, oksigen, dan *moisture*. NCV menunjukkan nilai kalor yang benar-benar bersih, nilai kalor yang dimiliki bahan bakar tanpa pengaruh kandungan zat lain, maksudnya tidak mengandung unsur-unsur lain seperti H₂O.

Adiabatic Bomb Calorimeter Parr 6400 adalah alat yang digunakan untuk menganalisa nilai kalor kotor (*gross calorific value*) bahan bakar dengan mengacu pada standar ASTM D 5865-11a.

Bahan bakar briket yang dihasilkan harus memenuhi persyaratan sesuai dengan Standar Mutu Briket berdasarkan SNI 01-6235-2000. Standar yang telah ditetapkan dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.3. Standar Mutu Briket berdasarkan SNI 01-6235-2000

No.	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
1	Kadar air b/b	%	Maksimum 8
2	Bagian yang hilang pada pemanasan 90	%	Maksimum 15
3	Kadar Abu	%	Maksimum 8
4	Kalori (ADBK)	Kal/gr	Minimum 5000

(Sumber : Badan Standardisasi Nasional)

2.5.2. Analisis Proksimat

Analisis proksimat dapat digunakan alat *Thermogravimetric Analyzer* (TGA 701) ASTM D 7582-10. Analisis tersebut mencakup: kadar air tertambat (*inherent moisture*), karbon tetap (*fix carbon*), kadar abu (*ash*), dan zat terbang (*volatile matter*).

Kandungan *volatile matter* (VM) atau zat terbang yang tinggi dapat menurunkan nilai kalor sementara kandungan *fixed carbon* (FC) yang tinggi dapat menaikkan nilai kalor bahan bakar. Kandungan FC yang tinggi lebih disukai dibandingkan kandungan VM pada bahan bakar padat. FC ditemukan dalam bahan yang tersisa setelah VM dilepaskan (Agus Apriyanto, 2018).