

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Mata Rantai Proses Produksi dan Pemanfaatan Bioenergi

Mata rantai pasokan bioenergi berkelanjutan memiliki perbedaan dibandingkan dengan rantai pasokan konvensional, ketersediaan sumber daya menjadi suatu perhatian yang tidak dapat dikendalikan dengan baik. Ini menyebabkan menjadi penting mempertimbangkan keseimbangan antara ketersediaan pasokan penawaran dan permintaan. Menjaga keberlangsungan mata rantai sistem bioenergi ini dapat dioptimalkan melalui peningkatan faktor ekonomi, lingkungan dan sosial. [3]

Keberlangsungan mata rantai merupakan proses dari keberlanjutan suatu sistem bioenergi. Total biaya rantai pasokan menjadi salah satu penghambat bioenergi berkelanjutan. Biaya pengiriman dan moda transportasi menjadi salah satu faktor penghambat dalam mata rantai pasokan bioenergi berkelanjutan karena dipengaruhi adanya dampak ekonomi dan lingkungan yang disebabkan pengangkutan biomassa.[4]

Ketersediaan *raw material* biomassa tidak dapat dipastikan, untuk menjaga keberlangsungan rantai pasokan bioenergi diperlukan peranan pemerintah dalam menerapkan aturan dan memberikan subsidi kepada petani dan pelaku usaha biomassa dan produsen bioenergi sehingga didapatkan keuntungan maksimal dengan resiko rendah.[5]

Dalam implementasinya ada tiga komponen utama dalam rantai pasokan yaitu rantai suplai hulu merupakan hubungan antara antara penyuplai bahan baku dengan konsumen industri, manajemen internal suplai bahan baku internal yang

meliputi manajemen produksi, pengendalian stock bahan baku, dan pabrikasi, suplai hilir merupakan proses akhir dari proses pengiriman produk sampai kepada pelanggan atau konsumen. [6]



Gambar 2.1 Skema rantai pasokan biomassa<sup>1</sup>

## 2.2. Pengertian Co-firing Biomassa

Co-firing disebut juga dengan sistem pembakaran biomassa secara bersamaan dengan batubara dalam suatu sistem pembakaran. Merupakan suatu strategi yang menjanjikan untuk menambah sumber energi dan mengurangi gas rumah kaca.[7]. Pembakaran co-firing bersama batubara sering digunakan dalam sistem sistem boiler pembangkit, perbedaan sifat dan perilaku thermal antara biomassa dan batubara dapat menyebabkan masalah teknik seperti adanya kotoran yang berlebih pada ruangan bakar boiler[8]. Perbandingan pencampuran biomassa dan ukuran particle dapat mempengaruhi karakteristik pembakaran, dengan kondisi pencampuran yang optimal dan pengayaan oksigen mengurangi karbon karbon yang tidak terbakar selama pembakaran biomassa campuran dengan batubara[9].

<sup>1</sup> Sumber: Materi kuliah sistem bioenergi berkelanjutan

Kombinasi pembakaran bersama ini antara biomassa dan batubara dalam pembangkit listrik meliuti beberapa masalah umum seperti pengotoran yang berlebihan, slagging, berkurangnya efisiensi karena adanya perbedaan perilaku termal antara batunara dan biomassa [10].

### 2.3. Sumber Bahan Baku Biomassa Untuk Pembuatan Co-firing

#### 2.3.1. Limbah Pertanian Sebagai Biomassa

Energi yang dihasilkan melalui panas dan proses kimia dengan adanya kandungan karbon melalui sebuah proses fotosintesis menghasilkan unsur senyawa yang disebut sebagai biomassa.[11] Salah satu potensi yang menghasilkan biomassa adalah pertanian. Indonesia yang dikenal sebagai negara dengan hasil pertanian melimpah memiliki potensi biomassa yang melimpah, hak ini berdampak pada peningkatan penggunaan energi terbarukan yang ramah lingkungan berbasis biomassa. Karena sumber limbah pertanian dapat diolah dan dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan berbentuk biomassa.[12]

Tabel 2.1 Potensi biomassa dari limbah pertanian

No	Jenis Tanaman	Tipe Sumber	Nilai Kalor
		Biomassa	(kJ/Kg)
1	Padi	Sekam Padi	16.054
		Jerami	17.999
2	Jagung	Tongkol	16,9
		Kulit	10,50
		Daun	10,50
		Batang	17,74

Sumber : [13]

Dari Tabel 2.1 ada beberapa juga jenis tanaman dari limbah pertanian yang bisa menghasilkan limbah biomassa, diantaranya padi dan jagung

### 2.3.2. Limbah Kehutanan Sebagai Sumber Biomassa

Selain limbah pertanian, sumber biomassa juga dapat memanfaatkan limbah kehutanan, biomassa hutan menjadi salah satu potensi yang besar dalam industri pangan proyek pemanfaatan biomassa. keberlanjutan sistem bioenergi melalui limbah kehutanan dalam jumlah yang besar sangat potensial untuk menghasilkan uap, panas bahkan energi listrik yang diproses melalui sistem gasifikasi dan pembakaran. [14]

### 2.3.3. Limbah Perkebunan Sebagai Sumber Biomassa

Tabel 2.2 Sumber biomassa dari limbah perkebunan

No	Jenis Tanaman	Tipe Sumber Biomassa	Nilai Kalor (MJ/kg)
1	Kelapa Sawit	Batang	17,47
		Pelepah	15,72
		Tandan Kosong	18,79
		Serat/Mesocarp Fiber (MF)	19,05
		Batok/Palm Kernel Shell (PKS)	20,09
2	Kelapa	Kernel	17
		Serabut	15,75
3	Tebu	Tunas Daun	18
		Daduk	18,3
		Bagasse	18,25
4	Singkong	Kulit Buah Singkong	17,9
5	Karet	Kulit Pohon	18,93

6	Sagu	Daun	16,5
		Kulit	17,3
		Ampas	17,5

#### **2.3.4. Sistem Produksi Bioenergi Berkelanjutan**

Biomassa dalam peringkat energi global berada pada posisi keempat dengan batu bara pada posisi pertama diikuti dengan gas alam dan minyak bumi. Proses dan sistem produksi sistem biomassa ke bioenergi, naiknya pemakaian bahan baku energi terbarukan untuk bioenergi produk ditandai dengan menurunnya pasokan sumber daya minyak bumi dan adanya kekhawatiran peraturan tentang lingkungan.[15]

Sistem produksi menjaga keberlangsungan sistem bioenergi, namun hal ini juga menimbulkan dampak masalah lingkungan, sosial dan ekonomi, ini merupakan suatu indikator yang menjadi perhatian untuk para pengambil kebijakan dalam mengatur dan pengembangan kebijakan dan regulasi Sistem bioenergi berkelanjutan handal dan ramah lingkungan.[16]

### **2.4. Produk Bioenergi**

#### **2.4.1. Biomassa Jenis Padat ( Bio Solid )**

Biomassa jenis padat merupakan suatu material yang berbentuk bahan organik dari sumber hayati yang berbentuk padat dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku industri dan sebagai sumber energi. Biomassa padat ini adalah sumber energi yang sangat mudah ditemukan disekitar kita, bahan biomassa padat ini dapat berupa serat kayu, serbuk kayu, limbah kehutanan dan limbah pertanian.[17]

Limbah pertanian yang dimanfaatkan kembali menghasilkan bahan organik untuk bahan baku biomassa akan mengurangi dampak terhadap lingkungan dan dampak sosial, dan apabila limbah tersebut langsung dibuang akan menjadi ancaman bagi lingkungan. [18]

#### **2.4.2. Bioenergi Jenis Cair ( Bio-oil )**

Bioenergi jenis cair adalah bentuk bioenergi yang berbentuk senyawa cair yang dikategorikan sebagai biofuel, bioethanol dan biodiesel. Bioenergi jenis cair merupakan biofuel yang menggunakan bahan baku olahan dari limbah tanaman pangan seperti tebu, sorgum manis, singkong, jagung, gandum, kedelai, bit gula, dan barley. Biofuel ini terdiri dari, biopolymer, biokimia, bioediesel dan bioethanol.[19]

##### **a. Biofuel**

Biofuel menjadi salah satu bentuk dari energi terbarukan yang merupakan bahan bakar karbon netral dengan emisi CO<sup>2</sup> yang rendah atau minimum, dimana biofuel adalah subtract energi bahan bakar dengan rantai karbon yang paling sedikit pada strukturnya.[20]

##### **b. Bioethanol**

Bioethanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) merupakan biofuel cair dan dapat diproduksi menggunakan berbagai teknologi konversi dengan bantuan mikroba menggunakan bahan baku biomassa.[21]

##### **c. Biodiesel**

Biodiesel adalah salah satu jenis bahan bakar yang dapat diperbaharui dan sangat mudah diproses, dan tidak berbahaya terhadap lingkungan dan

memiliki emisi yang rendah, karena biodiesel ini diolah dari minyak tumbuhan yang diolah dan diekstrak menggunakan alkohol.[22]

#### **2.4.3. Bioenergi Jenis Gas ( Biogas )**

Biogas merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang yang dapat diperoleh dari material yang berasal dari limbah peternakan dan pertanian.[23]. Biogas dapat diolah dari sampah organik yang bersumber dari sampah rumah tangga, limbah peternakan dan kotoran hewan dapat diubah menjadi sumber energi terbarukan berupa biogas. Untuk pengubahan limbah tersebut menjadi sumber energi biogas memanfaatkan bantuan mikroba ( Bakteri metanogenik ) dengan proses *biochemical conversion* sehingga material akan akan terurai alami dalam kondisi anaerobic. [24]

#### **2.5. Pemanfaatan Biomassa dan Teknologi Konversi**

Pemanfaatan biomassa menjadi bioenergi sebagai salah satu sumber energi terbarukan, selain sebagai sumber energi biomassa juga dapat mnegurangi emis gas rumah kaca jika dibandingkan dengan bahan bakar fosil, membantu mengurangi kerusakan lingkungan karena adanya pengolahan limbah menjadi energi, pengembangan dan pembanguna industri biomassa dapat menciptakan stabilitas ekonomi dengan adanya lapangan pekerjaan terutama di daerah pedesaan.

Teknologi konversi biomassa menggunakan beberapa metode. Semua metode yang digunakan adalah proses pengubahan bahan baku biomassa menjadi bentuk energi seperti listrik, panas dan bahkan bahan bakar nabati. Ada beberapa teknologi konversi dalam pemanfaatan biomassa yakni gasifikasi, pirolisis, fermentasi, *anaerobic digestion*.

### 2.5.1. Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa ( PLTBm )

Pemanfaatan biomassa yang menjadi prioritas karena mendukung beragam aktivitas kegiatan manusia yang memerlukan penerangan, penghangat, atau pendingin ruangan serta dalam skala industri yang juga penggunaannya sangat banyak dimanfaatkan. Pemanfaatan biomassa menjadi energi listrik secara langsung menggunakan sistem pembakaran langsung untuk mendapatkan uap panasnya yang kemudian digunakan untuk memutar turbin uap.

Pemanfaatan biomassa menjadi energi listrik dapat diterapkan menjadi tiga jenis teknologi antara lain pembakaran, gasifikasi, dan *sanitary landfill*. Proses pengubahan biomassa padat menjadi biofuel dengan membuat tumpukan biomassa yang dipadatkan pada sebuah lubang dalam tanah yang ditimbun. Sehingga menghasilkan biofuel berbentuk gas dari hasil penguraiannya. Teknologi gasifikasi dapat menghasilkan syngas dari hasil pengolahannya, yang sudah dilakukan melalui empat tahapan, pengeringan reduksi, dekomposisi dan oksidasi. Teknologi RDF ( *Refused Derived Fuel* ) yaitu proses pengubahan biomassa menjadi material berbentuk padat atau yang biasa disebut sebagai pellet / briket yang biasa digunakan sebagai bahan untuk gasifikasi. [25]

Beberapa negara besar di dunia seperti Amerika Serikat, Jerman, Brazil, Jepang dan Inggris merupakan produsen pembangkit listrik yang bersumber dari biomassa. disamping itu jika dinilai dari pendapatan per kapita beberapa negara di eropa utara seperti Finlandia, Swedia, dan Denmark adalah negara yang memiliki kapasitas listrik yang bersumber dari biomassa terbesar di dunia.[25]

Tabel 2.3 Listrik energi biomassa di beberapa negara

Negara	Listrik Biomassa	Referensi
Amerika Serikat	20,6 %	[25]
Germany	12,9%	[25]
Brazil	10,1%	[25]
Japan	6,9%	[25]
United Kingdom	4,4%	[25]

### 2.5.2. Panas Melalui Pembakaran Langsung

Penggunaan biomassa dengan pembakaran langsung (*Heat/direct use*) adalah salah satu pemanfaatan biomassa secara langsung untuk menghasilkan sumber panas. Energi panas yang dihasilkan dari pembakaran biomassa dimanfaatkan bisa dimanfaatkan sebagai media pengering, dalam proses pemanfaatan ini biomassa digunakan sebagai bahan bakar mesin pembakaran (*Burner*). Melibatkan pembakaran biomassa dengan campuran udara menghasilkan gas buang yang panas, gas panas ini menghasilkan uap dalam boiler. Di dunia Metode pembakaran langsung ini banyak digunakan pada pembangkit biopower sebagai penghasil panas dan uap.[1]

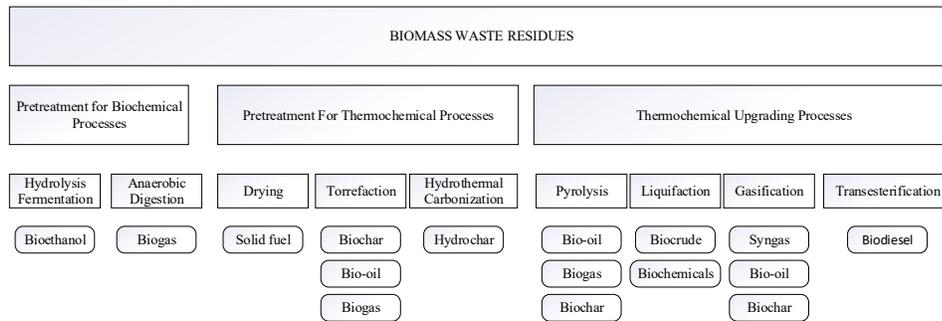
### 2.5.3. *Co-firing* Biomassa

*Co-firing* merupakan suatu proses pembakaran dalam satu alat pembakaran yang memanfaatkan lebih dari satu sumber bahan bakar dalam waktu yang bersamaan. Penggunaan *co-firing* ini umumnya dikombinasikan dengan penggunaan batu bara pada pembangkit listrik tenaga uap. Kandungan kalori sebesar 2500 – 4000 kcal/kg dalam pellet kayu, sangat potensial dimanfaatkan

sebagai pencampur batu bara dalam pembangkit listrik skala besar. Biomassa memiliki kandungan belerang yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan batubara, sehingga dari perpaduan antara biomassa dengan batubara ini berdampak pada pengurangan emisi pemanasan global, pengurangan karbondioksida, sehingga dapat dikategorikan sebagai bahan bakar ramah lingkungan.[26]

## **2.6. Teknologi Konversi Biomassa ke Bioenergi**

Gasifikasi merupakan salah satu bentuk proses konversi pyrolisis dengan metode pemecahan lengkap biomassa dari bentuk padat menjadi gas yang mudah terbakar dengan adanya penambahan jumlah oksigen yang dibatasi.[27] Konversi biomassa yang memanfaatkan teknologi thermal yang dikombinasikan dengan oksigen sehingga terjadi proses konversi dari biomassa padat menjadi gas. Melalui proses gasifikasi ini biomassa padat terurai dan berubah komposisi menjadi 85% gas, 10% arang dan 5% cairan tar. Salah satu pemanfaatan panas dari biomassa ini dapat digunakan dalam industri pengeringan karet.[27] Selain dari gasifikasi ada juga proses konversi lain yang dapat mengubah biomassa ini menjadi panas, yaitu torefaksi. Konversi dengan metode torefaksi adalah proses thermochemical, biomassa padat dalam proses ini mengalami pemanasan dengan suhu 200 sampai 300°C tanpa adanya udara.[28]



Gambar 2.2 Teknologi proses konversi biomassa<sup>2</sup>

## 2.7. Manajemen Bioenergi

Dalam prespektif sistem sistem bioenergi, manajemen diperlukan untuk menganalisa semua elemen dan komponen yang berpengaruh langsung atau tidak langsung pada pemanfaatan biomassa menjadi bioenergi.

Bagi bioenergi, manajemen sangat diperlukan untuk seluruh tahapan kegiatan yang menggunakan bahan baku biomassa menjadi bioenergi. Hasil kajian Taylan (2018) telah merangkum berbagai alasan yang melandasi kebutuhan manajemen pada bioenergi. Rangkaian alasan itu menyebutkan parameter yang mempengaruhi tahapan operasional perusahaan seperti biaya energi, penghematan energi, keseimbangan energi, manfaat lingkungan, keberlanjutan, limbah menjadi energi, keselamatan dan kesehatan, kualitas, produktivitas, pasokan energi, transmisi dan distribusi, cadangan dan penyimpanan energi, infrastruktur, inovasi energi, perencanaan dan pengelolaan energi, pemantauan sistem energi, serta sistem alarm (peringatan).[29]

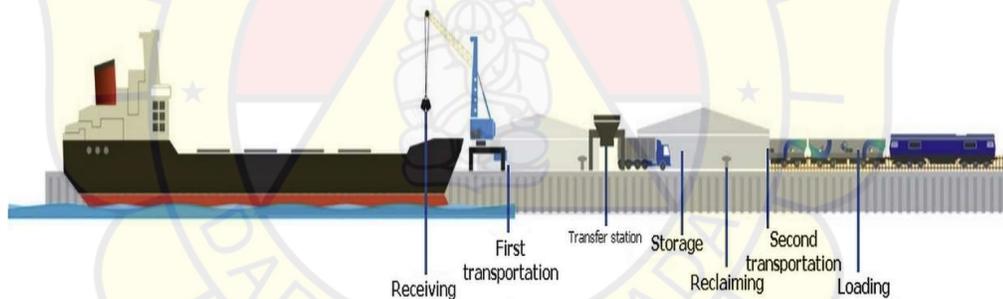
Management bioenergi mempertimbangkan aspek keberlanjutan yang memerlukan pemantauan secara kontiniu yang melibatkan perencanaan jangka

<sup>2</sup> Sumber: Arpia et al. 2021

panjang untuk memastikan sistem bioenergi berkelanjutan tidak menimbulkan kerusakan pada lingkungan dengan memperhitungkan dampak sosial serta ekonomi.

### 2.7.1. Moda Transportasi

Sistem moda transportasi dan teknologi konversi adalah kunci dalam meningkatkan hasil produksi. Namun rendahnya aspek keekonomian dan moda transportasi berdampak pada harga biomassa yang bervariasi [30]. Pengangkutan biomassa perlu pemahaman posisi dan keberadaan *raw material* dari sumber daya alam yang merupakan bahan baku biomassa, persaingan aktivitas dalam moda pengangkutan sumber daya alam lain yaitu bahan bakar fosil seperti minyak dan gas menjadi hambatan dalam akses dan proses transportasi biomassa [31].



Gambar 2.3 Proses sistem transportasi biomassa dan bioenergi<sup>3</sup>

Sistem moda transportasi contoh menurut Dafnomilis et al. 2018, sebagai contoh proses transportasi biomassa padat diperlukan empat proses penanganan yang berupa *transshipment* (pemuatan), transportasi awal, penyimpanan dan adanya proses *loading* dan *unloading* yang perlu diawasi dengan baik agar produk biomassa / bioenergi dapat tersampaikan ke konsumen dalam keadaan baik. [32]

<sup>3</sup> Sumber: Dafnomilis et al. 2018

### **2.7.2. Pemasaran Biomassa dan Bioenergi**

Untuk menciptakan suatu Sistem mobilisasi pengangkutan yang terstruktur perlu dipertimbangkan untuk membuat suatu proyeksi tentang permintaan akan kebutuhan biomassa baik dari sektor industri maupun pasar pengguna akhir. Dengan memperhitungkan antara volume dan basis sumber daya biomassa, ini sangat memungkinkan untuk mendorong perkembangan proses mobilisasi dan meningkatkan pertumbuhan pasar dan nilai ekonomi dari sumber daya biomassa [33].

Keberlanjutan bioenergi dipengaruhi salah satu faktor pendukung yang dinamakan pasar. Menurut pendapat (Olsson et al. 2016) untuk membuat biomassa menjadi bersaing kompetitif dengan bahan bakar fosil, biomassa harus mengembang kan infrastruktur pasar dengan kelembagaan yang sama antara bioenergi dengan bahan bakar fosil. Ini pada akhirnya akan membuat bahan bakar yang bersumber dari bioenergi berada pada peran yang sama dengan ketersediaan yang terstandarisasi dan berbasis ekonomi dengan bahan bakar fosil saat ini[34].

Pasar bioenergi sangat dipengaruhi oleh ragam regulasi kebijakan. Pemasaran produk bioenergi dilakukan berdasarkan kebutuhan pasar dengan memperhatikan kebutuhan pengguna.

### **2.7.3. Infrastruktur Wilayah**

Infrastruktur merupakan salah satu strategi untuk mendukung penggunaan dan pemanfaatan bioenergi. Untuk menjadikannya berkelanjutan perlu adanya pengembangan infrastruktur yang memadai, dalam paradigma ini terbagi menjadi menjadi dua kategori, antara lain infrastruktur fisik dan infrastruktur non fisik.

Infrastruktur fisik dalam bioenergi berkelanjutan penting karena melengkapi sistem bioenergi melalui adanya ketersediaan jaringan listrik yang memadai dari pembangkit hingga ke konsumen, sistem informasi dan jaringan komunikasi, moda pelengkap transportasi seperti pelabuhan, dan sarana dan prasarana lainnya yang saling melengkapi yang mendukung kegiatan industri sehingga bahan baku dan produk bioenergi dapat terdistribusi sampai ke konsumen.

Infrastruktur non fisik dalam bioenergi berkelanjutan yaitu berfokus kepada kegiatan-kegiatan akademis seperti universitas, lembaga penelitian, pusat balai pelatihan kerja, serta adanya dukungan dari lembaga perbankan bank, asuransi, dan koperasi ( sekuritas ).[35]

