

**BUKU AJAR**

**BIOMASSA SEBAGAI SUMBER ENERGI MASA DEPAN**

*(Disusun dengan dana Hibah Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi)*



**Disusun Oleh :**

Dr. Ir. Susila Herlambang, M.Si.  
Susanti Rina N, ST, M.Eng  
Ir. AZ. Purwono, Budi Santosa, M.P.  
Dr. Heru Tri Sutiono, M.Si

**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN MASYARAKAT  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "Veteran" YOGYAKARTA  
2017**

# **BUKU AJAR**

## **BIOMASSA SEBAGAI SUMBER ENERGI MASA DEPAN**

Disusun Oleh :  
Dr. Ir. Susila Herlambang, M.Si.  
Susanti Rina N, ST, M.Eng  
Ir. AZ. Purwono, M.P.  
Dr. Heru Tri Sutiono, M.Si



**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL  
"VETERAN" YOGYAKARTA**

2017

# **BIOMASSA SEBAGAI SUMBER ENERGI MASA DEPAN**

**Bahan ajar**

Penyusun

Dr. Ir. Susila Herlambang, M.Si.

Susanti Rina N, ST, M.Eng

Ir. AZ. Purwono, M.P.

Dr. Heru Tri Sutiono, M.Si

Penerbit:

Gerbang Media Aksara

Jl. Wonosari Km 7 Sampangan Rt 01/00 Banguntapan,  
Bantul, Yogyakarta

Tahun 2017

ISBSN : 978-602-6248-27-5

## DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	1
Abstrak.....	3
Kata Pengantar.....	5
Daftar Isi.....	7
BAB I PENDAHULUAN.....	9
BAB II AVAILIBILITAS BIOMASSA.....	21
BAB III KOMPOSISI BIOMASSA.....	27
BAB IV KARBONISASI DAN PIROLISIS.....	35
BAB V BIOCHAR.....	47
DAFTAR PUSTAKA.....	51

## **BAB I. PENDAHULUAN**

### **1.1. Apa itu Biomassa?**

Secara umum biomassa merupakan bahan yang dapat diperoleh dari tanaman baik secara langsung maupun tidak langsung dan dimanfaatkan sebagai energi atau bahan dalam jumlah yang besar. “Secara tidak langsung” mengacu pada produk yang diperoleh melalui peternakan dan industri makanan. Biomassa disebut juga sebagai “fitomassa” dan seringkali diterjemahkan sebagai bioresource atau sumber daya yang diperoleh dari hayati. Basis sumber daya meliputi ratusan dan ribuan spesies tanaman, daratan dan lautan, berbagai sumber pertanian, perhutanan, dan limbah residu dan proses industri, limbah dan kotoran hewan. Tanaman energi yang membuat perkebunan energi skala besar akan menjadi salah satu biomassa yang menjanjikan, walaupun belum dikomersialkan pada saat ini. Biomassa secara spesifik berarti kayu, rumput Napier, rapeseed, eceng gondok, rumput laut raksasa, chlorella, serbuk gergaji, serpihan kayu, jerami, sekam padi, sampah dapur, lumpur pulp, kotoran hewan, dan lain-lain. Biomass jenis perkebunan seperti kayu putih, poplar hibrid, kelapa sawit, tebu, rumput gajah, dan lain-lain adalah termasuk kategori ini.

Biomassa sangat beragam dan klasifikasinya, namun secara spesifik merujuk pada limbah pertanian seperti jerami, sekam padi, limbah perhutanan seperti serbuk gergaji, MSW, tinja, kotoran hewan, sampah dapur, lumpur kubangan, dan sebagainya. Dalam kategori jenis tanaman, yang termasuk biomassa adalah kayu putih, poplar hibrid, kelapa sawit, tebu, rumput, rumput laut, dan lain-lain.

Biomassa merupakan sumber daya terbarukan dan energi yang diperoleh dari biomassa disebut energi terbarukan. Walaubagaimanapun, di negara Jepang biomassa dinamakan sebagai energi baru dan ia merupakan istilah yang sah menurut undang-undang. Undang-undang berkaitan dengan dorongan penggunaan energi baru telah ditetapkan pada April 1997. Walaupun pada saat ini biomassa belum disetujui sebagai salah satu energi baru, namun ia telah terbukti secara sah ketika undang-undang diamandemenkan pada Januari 2002.

Berdasarkan undang-undang, pembangkit listrik melalui fotovoltan, energi angin, sel bahan bakar, limbah, biomassa, dan juga energi panas dari limbah telah ditetapkan sebagai energi baru. Undang-undang berkaitan dengan energi baru ini menyangkut produksi, pembangkitan, dan penggunaan sumber alternatif minyak bumi, termasuk kekurangan akibat pembatasan ekonomi, dan juga yang ditentukan secara khusus oleh pemerintah dengan tujuan untuk mempromosikan penggunaan energi baru. Di luar negeri, biomassa biasanya dinamakan dan ditetapkan sebagai salah satu dari energi terbarukan.

Banyak kajian telah menyarankan bahwa energi turunan biomassa akan memberikan sumbangan yang besar terhadap suplai energi keseluruhan karena harga bahan bakar fosil semakin meningkat pada beberapa dekade yang akan datang. Penggunaan biomassa sebagai sumber energi adalah sangat menarik karena ia merupakan sumber energi dengan jumlah bersih CO<sub>2</sub> yang nol, oleh karenanya tidak berkontribusi pada peningkatan emisi gas rumah kaca. Ini juga berarti biomassa adalah netral karbon.

Pembakaran energi biomassa akan menghasilkan CO<sub>2</sub>, akan tetapi hampir semua karbon dalam bahan bakar akan diubah menjadi CO<sub>2</sub>, yaitu seperti yang digunakan selama konsumsi bahan bakar fosil. Namun biomassa dikatakan

sebagai memiliki jumlah bersih CO<sub>2</sub> yang nol berdasarkan anggapan bahwa pohon-pohon yang baru atau tumbuhan lain yang ditanam kembali akan memberikan CO<sub>2</sub> yang dihasilkan selama penggunaan energi biomassa. Konsep ini merujuk kepada perkebunan energi yang dikelola secara tepat, tetapi ia tidak bisa diaplikasikan untuk negara-negara berkembang dimana sebagian besar energi biomassa diperoleh dari hutan yang tidak ditanam kembali.

Biomassa sangat beragam dan berbeda dalam hal sifat kimia, sifat fisis, kadar air, kekuatan mekanis dan sebagainya dan teknologi konversi menjadi bahan dan energi juga beragam. Penelitian untuk menghasilkan teknologi konversi dengan biaya yang terjangkau serta teknologi konversi yang ramah lingkungan telah dilakukan untuk mengurangi kebergantungan pada bahan bakar fosil, menekan emisi CO<sub>2</sub>, dan untuk menggerakkan perekonomian pedesaan.

## **1.2. Karakteristik Biomassa**

Sumber daya biomassa dapat digunakan berulang kali dan bersifat tidak terbatas berdasarkan siklus dasar karbon melalui proses fotosintesis. Sebaliknya, sumber daya fosil secara prinsip bersifat terbatas dan hanya untuk sementara. Selain itu, emisi CO<sub>2</sub> yang takterbalikkan dari pembakaran fosil akan memberikan efek yang serius terhadap iklim global

Akan tetapi, kata “terbaharui” dan “berkelanjutan” tidak selalu memiliki arti yang sama. Kemampuan tumbuhan untuk mendaur ulang adalah berbasis prinsip ekosistem yang rumit. Kondisi yang diperlukan untuk biosistem adalah mempertahankan keseimbangan panen versus laju pertumbuhan dan juga perlindungan lingkungan untuk lahan pertanian. Jika tidak, keberlanjutan jangka panjang untuk sistem biomassa tidak akan tercapai.

Ada dua jenis sumber energi, yaitu: (1) sumber daya tidak terbarukan (jenis stok) dan (2) sumber daya terbarui (jenis aliran seperti sinar matahari, angin, kekuatan hidrolis dan biomassa). Sumber jenis aliran bersifat tidak terbatas namun ia seharusnya dibatasi dalam jangka waktu tertentu. Penggunaan yang berlebihan seperti penggundulan hutan bisa menyebabkan ketidakberlanjutan sistem energi terbarukan ini.

Bahan bakar biomassa juga menghasilkan CO<sub>2</sub> melalui pembakaran. Akan tetapi, CO<sub>2</sub> akan diserap oleh tumbuhan semasa proses pertumbuhan. Hal ini bisa dikatakan bahwa [pelepasan CO<sub>2</sub>] = [pengikatan CO<sub>2</sub> melalui proses pertumbuhan]. Walaupun batu bara juga berasal dari biomassa, namun kisaran karbonnya berada dalam jangka waktu yang panjang, yaitu beberapa juta tahun. Untuk pertimbangan jangka penghasilan kembali CO<sub>2</sub>, laju kekebalan CO<sub>2</sub> haruslah diperkirakan. CO<sub>2</sub> tidak bisa diproduksi kembali setelah pembakaran biomassa. Oleh karena itu, diperkirakan untuk hutan iklim sedang (perkiraan 25 tahun untuk pertumbuhan kembali) membutuhkan [laju kekebalan CO<sub>2</sub> = 1], sebagai standar. Untuk hutan subartik, masa pertumbuhan kembali = 100 tahun, maka tingkat kekebalan menjadi [25/100 = 0,25]. Batu bara muda (berasal 25 juta tahun), tingkat kekebalannya hanya 1 ppm. Maka dapat disimpulkan bahwa bahan bakar fosil tidak memiliki daur CO<sub>2</sub> yang efektif. Harga bensin dan bahan bakar yang lain akan meningkat seiring dengan efek ekonomi yang buruk sehingga manusia akan beralih ke alternatif lain selain bahan bakar fosil. Peningkatan penggunaan biomassa akan memperpanjang umur pasokan minyak mentah yang semakin berkurang. Carpentieri et al.(2005) menunjukkan manfaat lingkungan yang penting dari pemanfaatan biomassa dalam hal pengurangan pasokan sumber daya alam, meskipun



metodologi penilaian dampak yang lebih baik harus dilakukan untuk membuktikan kelebihan pemanfaatan biomassa.

### **1.3. Peningkatan pendapatan petani**

Ada 2 cara utama untuk membantu para petani (The Japan Institute of Energi, 2007). Salah satu cara adalah dengan memberikan energi agar para petani ini mendapat akses ke bahan bakar yang berguna. Di Thailand, para petani menggunakan gas untuk memasak yang berasal dari proses biometanasi skala kecil, sehingga mereka tidak perlu membeli gas propana untuk keperluan memasak. Bantuan kepada para petani ini juga efektif untuk menciptakan pertanian yang berkelanjutan dikarenakan pengurangan penggunaan bahan bakar fosil. Bantuan yang lain adalah melalui pemberian uang tunai. Jika para petani ini menanam bahan baku untuk produksi etanol lalu menjualnya dengan harga yang lebih tinggi, maka mereka akan mendapatkan uang untuk membeli listrik. Karena mereka yang menggunakan etanol sebagai bahan bakar lebih kaya jika dibandingkan para petani, maka mekanisme ini bisa dianggap sebagai “redistribusi kekayaan”. Pasokan energi akan menjadi lebih rentan pada waktu dekat ini akibat kebergantungan global terhadap minyak impor. Biomassa merupakan sumber daya domestik yang tidak terkena pengaruh fluktuasi harga pasar dunia atau ketidakpastian pasokan bahan bakar impor.

Meskipun energi dari biomassa umumnya tidak kompetitif dari segi biaya jika dibandingkan dengan bahan bakar fosil dengan teknologi dan kondisi pasar saat ini, namun produksi biomassa untuk bahan baku dan energi akan menghasilkan berbagai manfaat. Manfaat-manfaat ini beragam, namun beberapa manfaat yang signifikan adalah mengimbangi emisi gas rumah kaca dari pembakaran bahan bakar

fosil, menciptakan lapangan pekerjaan dan pendapatan melalui pengembangan industri baru dan pemanfaatan bahan baku lokal serta meningkatkan keamanan energi dengan mengurangi ketergantungan terhadap barang impor. Namun, pemahaman terhadap nilai dari semua manfaat yang disebutkan di atas masih belum dapat ditentukan jika dibandingkan dengan biaya biomassa dan biaya produksi bioenergi. Penilaian terhadap manfaat-manfaat ini akan memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai daya saing biomassa dan bioenergi, dan dapat memberikan implikasi yang jelas terhadap perkembangan bioenergi dan perumusan kebijakan yang terkait.

## **BAB II. AVAILIBILITAS BIOMASSA**

Bumi memiliki pasokan biomassa yang sangat banyak meliputi daerah yang luas termasuk hutan dan lautan. Total biomassa di dunia sekitar 1.800 miliar ton di darat dan 4 miliar ton di lautan, termasuk sejumlah yang ada di dalam tanah. Total biomassa di darat adalah sebanyak 33.000 EJ berbasis energi, yang bersamaan dengan 80 kali atau lebih dari konsumsi energi dunia selama setahun. Akan tetapi, beberapa bagian biomassa digunakan untuk makanan oleh makhluk hidup termasuk manusia, serta penggunaan lain selain makanan untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia. Oleh karena itu, penting untuk memperkirakan kuantitas sumber daya biomassa yang dapat digunakan sebagai sumber energi.

### **2.1. Estimasi Potensi Limbah Biomassa**

Sisa biomassa termasuk sisa dan sisa yang dibuang dari kehidupan seharian kita. Kuantitas produksi ini kini disebut sebagai penghasilan sisa biomassa. Sisa biomassa memiliki kepelbagaian petunjuk tidak hanya untuk energi tetapi juga sebagai bahan pengisi atau baja. Sebaliknya, untuk biomassa yang kini belum lagi digunakan tetapi bisa diubah ke energi disebut energi potensial biomassa.

### **2.2. Jumlah produksi limbah biomassa**

Penting mengetahui produksi limbah biomassa untuk menaksir stok limbah biomassa saat ini, namun sulit untuk mengetahui jumlah produksi limbah biomassa di setiap negara dan kawasan di seluruh dunia. Oleh karena itu, produksi limbah biomassa seringkali ditaksir berdasarkan rasio antara produksi limbah relatif terhadap produksi sumber daya biomassa.

Parameter ketersediaan biomassa diukur menggunakan prosedur berikut:

- Jumlah produksi limbah pertanian dan kehutanan diperkirakan dengan memodifikasi produksi pertanian (2000) dan kehutanan (1999) dengan menggunakan statistik FAO, dan kemudian dikalikan dengan rasio produksi limbah.
- Jumlah produksi limbah peternakan diperkirakan dengan menentukan jumlah peternakan (2000), serta dengan menggunakan jumlah kotoran yang diproduksi oleh setiap hewan ternak.
- Stok biomassa saat ini diperkirakan berdasarkan produksi limbah biomassa dikalikan dengan koefisien konversi energi.

Stok limbah biomassa saat ini (nilai tahunan) diperkirakan sekitar 43 EJ untuk biomassa peternakan, 48 EJ untuk biomassa pertanian, dan 37 EJ untuk biomassa kehutanan dengan total sekitar 128 EJ. Sekitar 22 EJ kotoran sapi merupakan sumber daya terbesar dan diikuti dengan sekitar 20 EJ dari limbah kayu.

#### **2.4. Potensi Energi Limbah Biomassa**

Sebagian stok limbah biomassa saat ini telah digunakan untuk aplikasi lain, sehingga cukup sulit untuk mendapatkan kembali semua massa secara efisien serta menggunakan kembali sebagai sumber energi. Sebagai contoh, beberapa jerami digunakan sebagai pakan ternak saat ini. Hampir mustahil untuk mengumpulkan kotoran sapi di padang rumput ternak. Oleh karena itu, ketika stok kuantitas biomassa saat ini diperkirakan, perlu untuk mempertimbangkan ketersediaannya, sehingga potensi energi limbah biomassa dihitung sebagai bagian dari sumber energi yang tersedia dari keseluruhan stok saat ini.

## **BAB III. KOMPOSISI BIOMASSA**

### **3.1. Tinjauan Komposisi Biomassa**

Ada berbagai jenis biomassa dan komposisinya juga beragam. Beberapa komponen utama adalah selulosa, hemiselulosa, lignin, kanji, dan protein. Pohon biasanya mengandung selulosa, hemiselulosa dan lignin seperti tanaman herba meskipun persen komponennya berbeda satu sama lain. Jenis biomassa yang berbeda memiliki komponen yang berbeda, misalnya gandum memiliki kadar pati yang tinggi, sedangkan limbah peternakan memiliki kadar protein yang tinggi. Karena komponen ini memiliki struktur kimia yang berbeda, maka reaktivitasnya juga berbeda. Dari segi penggunaan energi, biomassa berlignoselulosa yang terutama mengandung selulosa dan lignin seperti pohon berada dalam jumlah yang banyak dan mempunyai potensi yang tinggi.

### **3.2. Komponen Khas Biomassa**

#### **3.2.1. Selulosa**

Polisakarida yang tersusun dari D-glukosa yang terhubung secara seragam oleh ikatan  $\beta$ -glukosida. Rumus molekulnya adalah  $(C_6H_{12}O_6)_n$ . Derajat polimerasinya, ditunjukkan oleh  $n$ , dengan nilai kisaran yang lebar mulai dari beberapa ribu hingga puluhan ribu. Hidrolisis total selulosa menghasilkan D-glukosa (sebuah monosakarida), akan tetapi hidrolisis parsial menghasilkan disakarida (selobiosa) dan polisakarida yang memiliki  $n$  berurutan dari 3 ke 10. Selulosa memiliki struktur kristal dan memiliki resistensi yang tinggi terhadap asam dan basa.

### 3.2.2. Hemiselulosa

Polisakarida dimana unit-unitnya adalah terdiri atas monosakarida dengan 5 karbon seperti D-xilosa, D-arabinosa dan monosakarida karbon-6 seperti D-manosa, D-galaktosa dan D-glukosa. Jumlah monosakarida karbon-5 lebih banyak dibandingkan monosakarida karbon-6 dan rumus molekul rata-ratanya adalah  $(C_5H_8O_4)_n$ . Karena derajat polimerisasi ( $n$ ) hemiselulosa adalah antara 50 sampai 200, yaitu lebih kecil dari selulosa, maka ia lebih mudah terurai dibandingkan selulosa, dan kebanyakan hemiselulosa dapat larut dalam larutan alkali.

### 3.2.3. Lignin

Merupakan senyawa dimana unit komponennya, fenilpropana dan turunannya, terikat secara 3 dimensi. Strukturnya kompleks dan sejauh ini belum sepenuhnya dipahami. Berdasarkan pengamatan ini, maka dapat disimpulkan bahwa lignin memberikan kekuatan mekanis dan juga perlindungan untuk tumbuhan itu sendiri. Selulosa, hemiselulosa dan lignin dapat ditemukan secara universal dalam berbagai jenis biomassa dan merupakan sumber daya karbon alami yang paling berlimpah di bumi.

### 3.2.4. Pati

Seperti selulosa, pati merupakan polisakarida dimana unit komponennya adalah D-glukosa, tapi ia dihubungkan oleh ikatan  $\alpha$ -glikosida. Karena perbedaan dalam struktur ikatan, maka selulosa tidak larut dalam air sedangkan sebagian pati dapat larut dalam air panas (amilosa, dengan bobot molekul antara 10.000 sampai 50.000, mencakup hampir 10% -20% dari pati) dan sebagian lagi tidak dapat larut (amilopektin, dengan bobot molekul antara 50.000 sampai 100.000, mencakup

hampir 80% - 90% dari pati). Pati ditemukan di dalam biji, umbi (akar) dan batang, dan mempunyai nilai yang tinggi sebagai makanan.

### 3.2.5 Protein

Protein merupakan senyawa makromolekul dimana asam amino dipolimerisasi dengan derajat yang tinggi. Sifat-sifatnya berbeda bergantung pada jenis dan rasio komponen asam amino dan derajat polimerisasi itu sendiri. Protein bukan merupakan komponen utama biomassa dan hanya meliputi proporsi yang lebih rendah jika dibandingkan dengan 3 komponen yang sebelumnya.

### 3.2.6. Komponen-komponen lain (organik dan anorganik)

Jumlah komponen organik yang lain berbeda bergantung pada jenis biomassa, tetapi ada juga komponen organik dengan jumlah yang tinggi seperti gliserida (contohnya minyak rapeseed, minyak sawit dan minyak sayur lainnya) dan sukrosa di dalam tebu dan gula bit. Contoh yang lain adalah alkaloid, pig men, terpena dan bahan berililin. Meskipun komponen ini ditemukan dalam jumlah yang sedikit, namun memiliki nilai tambah yang tinggi sebagai ramuan obat. Biomassa tidak hanya terdiri atas senyawa organik makromolekul tetapi juga mengandung bahan anorganik (abu) dalam jumlah yang sangat kecil. Unsur logam primer termasuk Ca, K, P, Mg, Si, Al, Fe dan Na. Bahan dan jumlahnya berbeda bergantung pada jenis bahan baku.

## 3.3. Analisis Komponen Biomassa

Meskipun ada pengecualian, namun secara umum, komponen utama biomassa daratan dari urutan tertinggi ke terendah adalah selulosa, hemiselulosa, lignin dan protein. Biomassa lautan memiliki komposisi yang berbeda.



## BAB IV KARBONISASI DAN PIROLISIS

### 4.1. Karbonisasi

Karbonisasi merupakan metode atau teknologi untuk memperoleh arang sebagai produk utama dengan memanaskan biomassa padat seperti kayu, kulit kayu, bambu, sekam padi, dll pada 400-600°C di hampir tidak ada atau sama sekali tidak ada udara atau oksigen. Hal ini dapat menghasilkan tar, asam pyroligneous, dan gas mudah terbakar sebagai hasil samping produk. Dalam kasus diskriminasi dari 'distilasi kering' yang mengarah pada pemulihan dan pemanfaatan produk-produk cair, 'pembuatan arang' merupakan terminologi yang digunakan. Karbonisasi umumnya berarti pembuatan arang, meskipun itu merupakan istilah umum termasuk distilasi kering.

#### 4.1.1. Karakteristik karbonisasi

Karbonisasi adalah konversi energi klasik dari biomassa, mirip dengan pembakaran. Sementara tujuan utamanya adalah peningkatan nilai kalor dari produk arang yang padat, hal tersebut memiliki dua sisi dari pencairan dan gasifikasi. Pencairan berarti sesuai dengan proses pirolisis biasa (lihat Bab 4.3), operasi komersial awal diperiksa bersama-sama dengan proses tekanan tinggi (langsung) (Bab 4.6). Namun, tar yang diperoleh (minyak) memiliki hasil yang rendah (<30%) dengan kualitas yang buruk (viskositas tinggi, kadar oksigen yang tinggi, nilai kalor rendah, pH rendah, dll), sehingga proses tersebut dihentikan setelah kemunculan proses pirolisis cepat yang menghasilkan minyak lebih banyak.

Namun demikian, karbonisasi yang memiliki keunggulan industri, yaitu peralatannya yang murah dan pengoperasian yang mudah

masih penting untuk memproduksi bahan bakar padat murah dengan nilai pemanasan tinggi.

Ciri tersebut membuat proporsi tertentu dari karbon organik secara stabil diikat dan ciri yang membuat volume limbah kota, sampah, lumpur limbah, kotoran sapi, dll secara efektif mengurangi kontribusi untuk pengendalian emisi CO<sub>2</sub> dan berfungsi sebagai ukuran praktis untuk membuang berbagai limbah yang ada.

#### 4.4.3 Reaksi karbonisasi

Reaksi karbonisasi pada dasarnya sama dengan reaksi pirolisis dalam suatu gas yang lembam seperti nitrogen. Untuk kayu, setelah hampir semua air diuapkan pada suhu di bawah 200°C, tiga komponen utama, yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin terdekomposisi untuk menghasilkan fraksi cair dan fraksi gas, terutama terdiri atas CO dan CO<sub>2</sub>, pada 200-500°C, oleh karenanya menghasilkan penurunan berat yang cepat. Pada wilayah ini, tiap komponen dari kayu melalui proses dehidrasi dan depolimerisasi untuk mengulangi fisis dan pengikatan ulang secara intermolekuler dan intramolekuler, dan fragmen berbobot molekul rendah yang dihasilkan dipecah menjadi produk cair dan gas, sedangkan fragmen berbobot molekul tinggi yang terbentuk melalui kondensasi diarsangkan bersama dengan bagian yang tidak terdekomposisi. Walaupun kehilangan berat menjadi lebih kecil pada suhu diatas 500°C, karbon aromatik terpolikondensasi meningkat dengan evolusi dari H<sub>2</sub> sampai berkisar 80% C di arang sampai 700°C. Dengan peningkatan suhu lebih lanjut, struktur karbon terpolikondensasi berkembang untuk meningkatkan kandungan C tanpa produksi H<sub>2</sub> lebih lanjut.

#### 4.4.4 Efisiensi energi dari karbonisasi

Karbonisasi kontinu dari campuran kulit pinus dan serbuk gergaji oleh sistem pirolisis

Bahan baku dimasukkan di bagian atas reaktor setelah kelembaban awal dikurangi dari 25-55% menjadi 4-7%. Panas untuk karbonisasi disediakan oleh pembakaran parsial dari bahan baku dengan udara yang berasal dari bagian bawah reaktor. Arang yang dihasilkan dikeluarkan dengan sekrup dari bagian bawah yang lain, sedangkan produk uap melewati siklon dimana partikel padat halus dihilangkan sebelum masuk di kondensor untuk pemulihan tar (minyak). Gas yang tidak terkondensasi kemudian dibakar dalam pembakar, dan gas yang dikeluarkan (204-316°C) digunakan untuk pengeringan bahan baku. Suhu reaktor yang bervariasi dari 430° sampai 760°C dikendalikan untuk memungkinkan nilai kalor dari gas pirolitik memiliki energi yang diperlukan untuk pengeringan bahan baku.

#### 4.4.5 Produk karbonisasi

Di Jepang, arang banyak digunakan sebagai improver tanah, pakan ternak, pengatur kelembaban, dll dengan memanfaatkan kapasitas adsorpsi (yang disebut 'arang untuk penggunaan baru'), sebagai tambahan dari penggunaan sebagai bahan bakar padat untuk memasak dan pemanasan. Untuk produk cair, fraksi titik didih rendah, asam pyroligneous, ada di pasaran sebagai bahan pertanian, deodoran, dll. Sebaliknya, fraksi titik didih tinggi, tar, memiliki pemanfaatan yang terbatas, seperti kreosot sebagai obat. Dalam skala laboratorium, produksi perekat resin fenolik, pemulihan pengawet kayu, konversi menjadi karbon elektrokonduktif, dll telah dilaporkan. Penggunaan fraksi gas merupakan bahan bakar tambahan untuk proses.

## BAB V BIOCHAR

*Biochar* adalah material karbon padat yang dihasilkan dari degradasi secara thermal (biomassa/bahan organik) pada kondisi sedikit atau tanpa oksigen (IBI, 2010). Karena berasal dari makhluk hidup kita sebut arang hayati. Di dalam tanah, biochar dapat meningkatkan kesuburan tanah, mengurangi karbon dalam tanah, dan menyediakan habitat yang baik bagi mikroba tanah, tapi tidak dikonsumsi seperti bahan organik lainnya. Dalam jangka panjang *biochar* tidak mengganggu keseimbangan karbon-nitrogen, bahkan mampu menahan dan menjadikan air dan nutrisi lebih tersedia bagi tanaman. (Anischan Gani, 2010)

Bahan baku pembuatan *biochar* umumnya adalah residu biomassa pertanian atau kehutanan, termasuk potongan kayu, tempurung kelapa, tandan kelapa sawit, tongkol jagung dan sekam padi atau kulit buah kacang-kacangan, kulit-kulit kayu, sisa-sisa usaha perkayuan, serta bahan organik daur-ulang lainnya. Bila limbah tersebut mengalami pembakaran dalam keadaan tanpa oksigen akan dihasilkan 3 substansi, yaitu ; metana dan hydrogen yang dapat dijadikan bahan bakar, bio-oil yang dapat diperbaharui, dan arang hayati (*biochar*).

Setiap tahunnya limbah kehutanan, perkebunan, pertanian dan peternakan yang mengandung karbon mencapai ratusan juta ton dan sering menjadi masalah dalam hal pembuangannya. Limbah jenis ini merupakan bahan sangat potensial diubah menjadi *biochar*. (Anischan Gani, 2010)

### 2.1.1.1. Karakteristik Biochar sebagai bahan penyubur tanah

Tabel 2.2 Karakteristik *Biochar* sebagai bahan penyubur tanah

Requirement	Limit	Unit	Test
-------------	-------	------	------

			<b>Method</b>
pH	[5.5 to 11]		[-]
Electrical conductivity	[<5]	mg/kg	[-]
Ash content	[<5]	mg/kg	[-]
Liming potential	[<5]	mg/kg	[-]
H:C ratio	[0.1 to 0.6]		
C:N ratio	[<20]		
Available P	[<5]	mg/kg	[-]
Available K	[<5]	mg/kg	[-]
Inorganic N / mineralizable N	[<5]	mg/kg	[-]
Surface area	[<5]	mg/kg	[-]
Sorption of a test molecule	[<5]	mg/kg	[-]
Cation exchange capacity	[<5]	mg/kg	[-]
Water holding capacity	[<5]	mg/kg	[-]
Rate of oxidation / surface changes	[<5]	mg/kg	[-]

Sumber : International Biochar Initiative, 2010

#### 2.1.1.2. Klasifikasi Biochar Berdasarkan Kegunaan

➤ Class I – Activated Carbon / Water treatment / Air treatment

Digunakan untuk : mengadsorpsi bahan Volatile Organic Compounds dan mineral dalam cairan serta dapat berfungsi sebagai bahan pemurnian air dan udara.

➤ Class II – Agricultural Soil Amendment

Aman digunakan untuk pertanian atau tanah tanaman horticultura sebagai substansi tambahan tanpa meracuni tanah.

➤ Class III – General Carbon Sequestration

Biasa digunakan untuk landfill dan bahan penghilang karbon dalam tanah.

➤ Class IV – Restricted Carbon Sequestration

Hanya dapat diaplikasikan sebagai bahan isian tertentu, bahan pelapis beton, atau prosedur pengisian yang terkontrol untuk penghilangan karbon.

(International Biochar Initiative, 2010)