

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Biomassa**

Biomassa merupakan bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintesis dimana energi yang diserap digunakan untuk mengkonversi karbon monoksida dengan air menjadi senyawa karbon, hidrogen dan oksigen. Biomassa umumnya mengandung tiga komponen penting yaitu selulosa (40% – 50%), hemiselulosa (20% – 30%), lignin (20% – 25%) dan sejumlah kecil kandungan lainnya. Biomassa dapat menjadi sumber energi alternatif pengganti bahan bakar fosil, karena beberapa sifatnya yang menguntungkan yaitu dapat diperbaharui (*renewableresources*), relatif tidak mengandung unsur sulfur sehingga tidak menyebabkan polusi udara dan juga dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya hutan dan pertanian (Widarto dkk., 1995)

##### **2.1.1 Kategori Biomassa**

Biomassa dapat dikategorikan menjadi 2 yaitu berdasarkan jenis biomassa yang tersedia di alam (seperti pengkategorian berdasarkan ekologi atau jenis tumbuh –tumbuhan) dan kategori berdasarkan penggunaan atau aplikasi sebagai sumber daya. Jenis yang kedua lebih signifikan untuk penggunaan energi (sumber daya) yang lebih efektif. Contoh pengkategorian biomassa ditunjukkan dalam Gambar 2.1. Dalam pengkategorian ini, biomassa tidak hanya mencakup produk dan sisa konvensional dari pertanian, kehutanan, dan perikanan tetapi juga mencakup biomassa tanaman. Pengkategorian berdasarkan sumber sangat penting untuk mendisain sistem penggunaan biomassa.



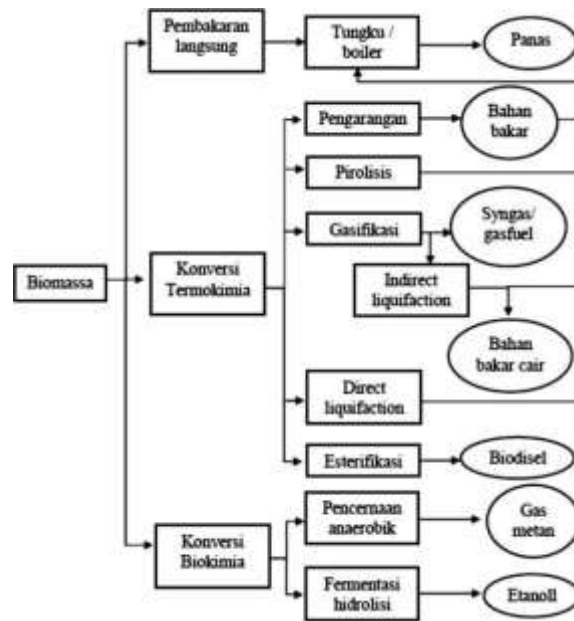
**Gambar 2.1** Pengkategorian Biomassa (berdasarkan Penggunaan dan aplikasi)  
*Sumber: Asian Biomass Handbook*

### 2.1.2 Pemanfaatan Biomassa

Pemanfaatan biomassa telah dilakukan jauh sebelum manusia mengenal bahan bakar fosil. Contohnya adalah penggunaan kayu sebagai bahan bakar. Pemanfaatan jenis ini dikenal dengan pemanfaatan biomassa secara langsung. Namun setelah ditemukan bahan bakar fosil, penggunaan biomassa menjadi sangat terbatas pemanfaatannya. Setelah cadangan bahan bakar fosil yang semakin menipis, pemanfaatan biomassa menjadi aktif kembali dan semakin luas. Biomassa dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar, dimana agar biomassa dapat digunakan sebagai bahan bakar maka diperlukan teknologi untuk mengkonversinya.

### 2.1.3 Teknologi Konversi Biomassa

Terdapat beberapa teknologi untuk konversi biomassa, dijelaskan pada Gambar 2.2 dimana perbedaan pada alat yang digunakan untuk mengkonversi biomassa dan menghasilkan perbedaan bahan bakar yang dihasilkan.



**Gambar 2.2** Teknologi Konversi Biomassa  
*Sumber: Anonim (2008)*

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 dapat langsung dibakar. Beberapa biomassa perlu dikeringkan terlebih dahulu dan didensifikasi untuk kepraktisan dalam penggunaan. Konversi termokimiawi merupakan teknologi yang memerlukan perlakuan termal untuk memicu terjadinya reaksi kimia dalam menghasilkan bahan bakar. Sedangkan konversi biokimiawi merupakan teknologi konversi yang menggunakan bantuan mikroba dalam menghasilkan bahan bakar. Adapun pemanfaatan biomassa yaitu Biobriket, Gasifikasi, Pirolisa, *Liquification* dan Biokimia.

#### a. Biobriket

Biobriket adalah salah satu cara yang digunakan untuk mengkonversi sumber energi biomassa ke bentuk biomassa lain dengan cara dimampatkan sehingga bentuknya menjadi lebih teratur. Briket yang terkenal adalah briket batubara namun tidak hanya batubara saja yang bisa di bikin briket. Biomassa lain seperti sekam, arang sekam, serbuk gergaji, serbuk kayu, dan limbah-limbah biomassa yang lainnya.

#### b. Gasifikasi

Secara sederhana, gasifikasi biomassa dapat didefinisikan sebagai proses konversi bahan selulosa dalam suatu reaktor gasifikasi (*gasifier*) menjadi bahan bakar. Gas tersebut dipergunakan sebagai bahan bakar motor untuk menggerakkan generator pembangkit listrik. Gasifikasi merupakan salah satu alternatif dalam rangka program penghematan dan diversifikasi energi. Selain itu gasifikasi akan membantu mengatasi masalah penanganan dan pemanfaatan limbah pertanian, perkebunan dan kehutanan.

#### c. Pirolisis

Pirolisis adalah penguraian biomassa (*lysis*) karena panas (*pyro*) pada suhu yang lebih dari 150°C. Pada proses pirolisa terdapat beberapa tingkatan proses, yaitu pirolisa primer dan pirolisa sekunder. Pirolisa primer adalah pirolisa yang terjadi pada bahan baku (umpan), sedangkan pirolisa sekunder adalah pirolisa yang terjadi atas partikel dan gas/uap hasil pirolisa primer. Penting diingat bahwa pirolisa adalah penguraian karena panas, sehingga keberadaan O<sub>2</sub> dihindari pada proses tersebut karena akan memicu reaksi pembakaran.

#### d. *Liquification*

*Liquification* merupakan proses perubahan wujud dari gas ke cairan dengan proses kondensasi, biasanya melalui pendinginan, atau perubahan dari padat ke cairan dengan peleburan, bisa juga dengan pemanasan atau penggilingan dan pencampuran dengan cairan lain untuk memutuskan ikatan. Pada bidang energi *liquification* terjadi pada batubara dan gas menjadi bentuk cairan untuk menghemat transportasi dan memudahkan dalam pemanfaatan.

#### e. Biokimia

Pemanfaatan energi biomassa yang lain adalah dengan cara proses biokimia. Contoh proses yang termasuk ke dalam proses biokimia adalah hidrolisis, fermentasi dan *an-aerobic digestion*. *An-aerobic digestion* adalah penguraian bahan organik atau selulosa menjadi CH<sub>4</sub> dan gas lain melalui proses biokimia. Selain *anaerobic digestion*, proses pembuatan etanol dari biomassa tergolong dalam konversi biokimiawi. Biomassa yang kaya dengan karbohidrat atau glukosa dapat difermentasi sehingga terurai menjadi etanol dan CO<sub>2</sub>. Akan tetapi, karbohidrat harus mengalami penguraian (hidrolisa) terlebih dahulu menjadi glukosa. Etanol hasil fermentasi pada umumnya mempunyai kadar air yang tinggi dan tidak sesuai untuk pemanfaatannya sebagai bahan bakar

pengganti bensin. Etanol ini harus didistilasi sedemikian rupa mencapai kadar etanol di atas 99,5%.

## 2.2 Padi

Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan salah satu tanaman budidaya terpenting dalam peradaban. Padi merupakan tanaman yang meliputi kurang lebih 25 spesies, tersebar di daerah tropis dan daerah subtropics. produksi padi menempati urutan ketiga dari semua sereal, setelah jagung dan gandum. Padi termasuk dalam suku padi-padian atau *Poaceae* (Sinonim: *Graminae* atau *Glumiflorae*) (Fakhri, 2017)

Ciri-ciri tanaman ini secara umum adalah:

1. Tanaman ini memiliki akar jenis serabut.
2. Batang tanaman ini seperti rumput, memanjang dan kecil.
3. Daun-daunnya menopang pada batang dalam keadaan saling menopang. Bentuk daun dari tanaman ini memanjang, cenderung ramping. Berwarna hijau, berurat sejajar, dan ditutupi oleh bulu-bulu halus.
4. Biji yang dihasilkan berbentuk lonjong.

Indonesia dikenal sebagai salah satu negara agraris yang subur. Negara agraris adalah negara yang sebagian besar penduduknya mempunyai mata pencaharian sebagai petani. Indonesia yang terkenal sebagai negara yang mempunyai wilayah yang luas, mempunyai potensi di bidang pertanian. Salah satunya adalah pertanian padi. Sepanjang tahun produksi padi menghasilkan limbah berupa jerami padi dalam jumlah yang besar. Jerami padi biasa dimanfaatkan sebagai pakan ternak dan bahan kompos. Namun ada juga yang hanya membakar jerami padi pada areal persawahannya. Jerami padi juga dapat dimanfaatkan sebagai substrat industri dengan mencampurkannya dengan bahan lain sesuai produk yang ingin di hasilkan. Produktivitas pertanian tanaman pangan di Indonesia setiap tahunnya menghasilkan jumlah yang cukup besar. Menurut FAO (2014), Indonesia merupakan produsen padi ketiga terbesar di dunia yaitu sebesar 75,6 juta ton setelah China sebesar 206,5 juta ton dan India sebesar 153,9 juta ton.

### 2.2.1 Jerami Padi

Jerami padi merupakan limbah pertanian berupa batang padi tanpa akar yang tertinggal setelah diambil butir buahnya. Jumlah limbah jerami padi di Indonesia sekitar 20 juta per tahun. Menurut data BPS tahun 2006, luas sawah di Indonesia adalah 11,9 juta ha. Produksi per hektar sawah bisa mencapai 12-15 ton bahan kering setiap kali panen, tergantung lokasi dan varietas tanaman. Sejauh ini, pemanfaatan jerami padi sebagai pakan ternak baru mencapai 31% - 39%, sedangkan yang dibakar atau dimanfaatkan sebagai pupuk 36% - 62% dan sekitar 7% - 16% digunakan untuk keperluan industri (safan dkk., 2008)



**Gambar 2.3** Jerami Padi

Banyaknya jerami padi yang belum dimanfaatkan secara optimal mendorong para peneliti mengembangkan potensi jerami padi menjadi sesuatu yang mempunyai nilai ekonomi tinggi. Menurut Saha (2004) komponen terbesar penyusun jerami padi adalah selulosa (35% - 50%), hemiselulosa (20% - 35%) dan lignin (10% - 25%) dan zat lain penyusun jerami padi. Selulosa dan hemiselulosa merupakan senyawa yang bernilai ekonomis jika dikonversi menjadi gula-gula sederhana. Gula-gula hasil konversi tersebut selanjutnya dapat difermentasi untuk menghasilkan produk-produk bioteknologi seperti bioetanol, asam glutamat, asam sitrat dan lainnya.

Selulosa adalah polimer yang tersusun atas unit-unit glukosa melalui ikatan  $\alpha$ -1,4-glikosida. Bentuk polimer ini memungkinkan selulosa saling menumpuk/terikat menjadi bentuk serat yang sangat kuat. Panjang molekul selulosa ditentukan oleh jumlah unit 4 glucan di dalam polimer disebut dengan derajat polimerisasi. Derajat polimerisasi selulosa tergantung pada jenis tanaman dan umumnya dalam kisaran 200-27.000 unit glukosa. Selulosa dapat dihidrolisis menjadi glukosa dengan menggunakan asam atau enzim (safan, 2008). Hemiselulosa mirip dengan selulosa, namun tersusun dari bermacam-macam jenis

gula. Monomer gula penyusun hemiselulosa terdiri dari monomer gula berkarbon 5 (C-5) dan 6 (C-6), seperti: xylosa, mannose, glukosa, galaktosa, arabinosa, dan sejumlah kecil rhamnosa, asam glukoroat, asam metal glukoroat, dan asam galaturonat (safan, 2008).

Lignin adalah material yang paling kuat dalam biomassa, namun sangat resisten terhadap degradasi, baik secara biologi, enzimatik, maupun kimia. Karena kandungan karbon yang relatif tinggi dibandingkan dengan selulosa dan hemiselulosa lignin memiliki kandungan energi yang tinggi (safan, 2008). Lignin merupakan salah satu bagian yang berbentuk kayu dari tanaman seperti janggol, kulit keras, biji, bagian serabut kasar, akar, batang dan daun. Lignin mengandung substansi yang kompleks dan merupakan suatu gabungan beberapa senyawa yaitu karbon, hidrogen dan oksigen.

### **2.2.2 Pemanfaatan Jerami Padi**

Jerami merupakan salah satu limbah pertanian yang tak banyak dimanfaatkan oleh sebagian besar petani. Bahkan sebagian dari mereka menganggap produk ini adalah sampah yang harus disingkirkan dari lahan pertanian dengan cara dibakar atau dibuang ke sungai tanpa memikirkan dampak bagi lingkungan. Hal ini disebabkan karena rendahnya pengetahuan tentang pemanfaatan limbah pertanian untuk meningkatkan perekonomian dan kesuburan tanah. Jerami adalah produk sampingan yang menjanjikan sebagai penambah penghasilan. Dengan pengolahan yang sesuai jerami dapat dimanfaatkan sebagai berikut:

#### **1. Sebagai Pakan Ternak**

Jerami memiliki kandungan nutrisi yang dibutuhkan ternak sebagai asupan untuk mencukupi bahan pakan musiman, akan tetapi dengan pengolahan yang benar akan meningkatkan kadar gizi seperti difermentasi menggunakan ragi lebih tinggi dibanding diberikan dalam keadaan segar atau kering selain itu juga lebih awet.

#### **2. Pembuatan Pupuk**

Penggunaan jerami sebagai bahan pupuk memang jarang diterapkan, biasanya jerami hanya dibiarkan hingga membusuk dalam tumpukan dipinggir sawah, setelah busuk baru dilemparkan kembali ke lahan. Banyak cara mengolah jerami sebagai pupuk organik yang memiliki kandungan nitrogen tinggi pengganti urea dan pupuk berunsur N lainnya.

### 3. Mulsa Jerami

Mulsa adalah material penutup tanaman budidaya untuk menjaga kelembaban tanah serta menekan pertumbuhan gulma dan penyakit sehingga membuat tanaman tumbuh dengan baik. Penggunaa jerami sebagai mulsa jarang dilakukan petani, mereka memilih menggunakan mulsa plastik hitam perak dengan alasan lebih simpel dan rapi. Padahal penggunaan mulsa jerami memiliki beberapa keuntungan yaitu bisa menghemat anggaran pemeliharaan karena rumput tidak tumbuh akibat tertutup jerami yang membuat tanah tetap gembur karena jerami menyimpan air dan melindungi penguapan, serta menjadi pupuk alami.

### 4. Alas kandang ternak

Jerami sangat baik sebagai alas kandang ternak terutama itik dan entok untuk mencegah lantai kandang kotor dan basah sehingga mengundang berbagai bibit penyakit.

### 5. Kerajinan tangan

Kerajinan berbahan jerami akan memberikan nilai tambah bagi petani ketika menunggu saat tanam atau panen dengan memanfaatkan jerami atau batang padi sebagai bahan kerajinan anyaman membuat berbagai bentuk yang layak jual. Berbagai produk bisa dibuat menggunakan jerami padi mulai dari atap dan dinding rumah, dan beberapa mainan anak dari batang padi.

Selain dari ke-lima manfaat tersebut, jerami juga dapat digunakan sebagai pengawet kayu, disinfektan dan penghilang bau pada pengolahan karet dengan menggunakan asap cair dari proses pirolisis jerami padi.

## 2.3 Asap Cair

Asap cair merupakan suatu hasil kondensasi dari uap hasil pembakaran tidak sempurna dari bahan yang mengandung komponen lignin, selulosa, hemiselulosa serta senyawa karbon lainnya. Selama pembakaran komponen tersebut akan mengalami proses pirolisis menghasilkan bermacam senyawa antara lain fenol, karbonil, asam, furan, alkohol, lakton, hidrokarbon polisiklis aromatis dan lain sebagainya (Girard, 1992). Menurut Wastono (2006), asap cair (*liquid smoke*) dapat digunakan sebagai pengawet karena adanya senyawa asam, fenolat dan karbonil yang memiliki kemampuan mengawetkan bahan makanan. Selain itu penggunaan asap cair dapat diaplikasikan pada industri kayu seperti pengawetan



kayu dan juga pada industri makanan sebagai pengawet pada ikan, daging dan bahan makanan lainnya (Sinha dkk., 2000; Wijaya dkk., 2008). Asap cair mengandung lebih dari 400 komponen dan memiliki fungsi sebagai penghambat perkembangan bakteri dan cukup aman sebagai pengawet alami (Fachrariah, dkk., 2009).

Kualitas dan kuantitas asap cair dipengaruhi oleh kondisi proses produksinya, diantaranya bahan baku, tekanan, suhu dan lama pembakaran. Perbedaan bahan baku menyebabkan perbedaan dari komposisi senyawa yang dihasilkan dari proses pembakaran. Di dalam asap cair yang diperoleh masih terdapat senyawa tar yang mengandung senyawa *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons* (PAH).

### 2.3.1 Jenis-Jenis Asap Cair

Asap cair terbagi menjadi 3 jenis berdasarkan penggunaannya dan komponen-komponen yang terkandung didalamnya. Perbedaan Asap cair dalam berbagai *grade* dapat dilihat pada Gambar 2.4



**Gambar 2.4** Asap Cair

Asap cair dapat dibedakan menjadi *grade 1*, *grade 2* dan *grade 3*, dimana masing masing grade mempunyai warna, kandungan dan kegunaan yang berbeda, untuk mendapatkannya perlu dilakukan proses pemurnian terlebih dahulu. Pemurnian asap cair dapat dilakukan dengan menggunakan metode distilasi, adsorpsi atau gabungan dari kedua metode tersebut. Asap cair *grade 1* adalah asap cair dengan kualitas terbaik dibandingkan dengan *grade* lainnya.

### 1. Asap Cair *Grade 1*

Asap cair *grade 1* digunakan sebagai pengawet makanan seperti bakso, mie, tahu, bumbu-bumbu *barbeque*, berwarna bening, rasa sedikit asam, aroma netral. Asap cair *grade 1* merupakan asap cair yang paling bagus kualitasnya dan tidak mengandung senyawa yang berbahaya lagi untuk diaplikasikan pada produk makanan. Asap cair ini merupakan hasil dari proses distilasi dan penyaringan dengan zeolit yang kemudian dilanjutkan dengan distilasi fraksinasi yang dilanjutkan lagi dengan penyaringan dengan arang aktif (Ratna, 2008).

### 2. Asap Cair *Grade 2*

Asap cair *grade 2* merupakan asap cair yang telah melewati tahapan distilasi kemudian dilakukan adsorpsi zeolit. Asap cair ini memiliki warna kuning kecoklatan, rasa asam sedang dan aroma asap lemah kandungan tar 16,6%, fenol 9,55%, karbonil 1,67% (Himawati, 2010). Asap cair digunakan untuk pengawet makanan sebagai pengganti formalin digunakan untuk pengawetan bahan makanan mentah seperti daging asap, ayam, dan ikan asap atau bandeng asap.

### 3. Asap Cair *Grade 3*

Asap cair *grade 3* ini merupakan pemurnian asap cair dari tar dengan menggunakan distilasi. Pada asap cair *grade 3* ini, asap cair yang diperkirakan masih mengandung tar yang tinggi. Asap cair ini memiliki ciri-ciri yaitu berwarna coklat pekat dan bau yang tajam kandungan tar (51,82 %) masih tinggi (Himawati, 2010). Asap cair *grade 3* tidak dapat digunakan untuk pengawet makanan karena masih banyak mengandung tar yang bersifat karsinogenik, tetapi dapat digunakan pada pengolahan karet penghilang bau dan pengawet kayu agar tahan terhadap rayap.

## 2.3.2 Komponen yang Terkandung dalam Asap Cair

Komponen yang terkandung dalam asap cair akan mempengaruhi kualitas dan kegunaan dari asap cair. senyawa-senyawa yang terkandung dalam asap cair terbentuk karena terjadinya pirolisis tiga komponen yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin. Lebih dari 400 senyawa kimia dalam asap telah berhasil diidentifikasi. komponen tersebut meliputi asam yang dapat mempengaruhi citarasa, Karbonil yang bereaksi dengan protein membentuk warna coklat dan fenol yang merupakan pembentuk utama aroma dan menunjukkan aktivitas antioksidan (Astuti, 2000).

Temperatur pada pembuatan asap cair merupakan faktor yang paling menentukan kualitas asap yang dihasilkan. Darmadji dkk (1999) menyatakan bahwa kandungan maksimum senyawa-senyawa fenol, karbonil, dan asam dicapai pada temperatur pirolisis 600°C, tetapi produk yang diberikan asap cair yang dihasilkan pada temperatur 400°C dinilai mempunyai kualitas organoleptik yang terbaik dibandingkan dengan asap cair yang dihasilkan pada temperatur pirolisis yang lebih tinggi.

Senyawa yang berhasil dideteksi dalam asap dapat dikelompokkan menjadi beberapa golongan:

1. Fenol, terdapat 85 macam yang telah diidentifikasi dalam kondensat dan 20 macam dalam produk asap.
2. Karbonil, keton dan aldehyd, 45 macam yang telah diidentifikasi dalam kondensat.
3. Asam, 35 macam yang telah diidentifikasi dalam kondensat.
4. Furan, 11 macam yang telah diidentifikasi dalam kondensat.
5. Alkohol dan ester, 15 macam yang telah diidentifikasi dalam kondensat.
6. Lakton, 13 macam yang telah diidentifikasi dalam kondensat.
7. Hidrokarbon alifatik, 1 macam yang telah diidentifikasi dalam kondensat dan 20 macam dalam produk asap.
8. Hidrokarbon Polisiklik Aromatik (HPA), 47 macam yang telah diidentifikasi dalam kondensat, 20 macam dalam produk asap.

Adapun komponen-komponen penyusun asap cair meliputi:

#### 1. Fenol

Senyawa fenolik/polifenol merupakan sekelompok metabolit sekunder yang mempunyai cincin aromatik yang terikat dengan satu atau lebih substituen gugus hidroksi (OH) yang berasal dari jalur metabolisme asam sikimat dan fenol propanoid.. Fenol (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>OH) memiliki berat molekul (BM) sekitar 94,11 g/mol dengan titik didih 181,2°C. Senyawa fenol berbentuk kristal halus, tidak berwarna atau merah muda pucat atau kuning pucat dan berwarna gelap serta berbau spesifik. Senyawa fenol diduga berperan sebagai antioksidan sehingga dapat memperpanjang masa simpan produk asapan, disamping itu fenol memberikan cita rasa dan warna yang khas pada produk olahan.

Senyawa fenol bertanggung jawab pada pembentukan flavor pada produk pengasapan dan juga mempunyai aktivitas antioksidan yang mempengaruhi daya simpan makan

(Girard, 1992). Komponen senyawa fenol yang berperan dalam pembentukan flavor adalah *guaiakol*, *4-metilguaiakol*, *siringol*, dan *2,6-dimetoksifenol*. *Guaiakol* berperan memberi rasa asap, sementara *siringol* memberi aroma asap (Daun, 1979).

Fenol memberikan kontribusi dalam pewarnaan produk asapan. Fenol yang mempunyai kontribusi dalam pewarnaan merupakan fenol dengan berat molekul tinggi (di atas 500), memiliki gugus hidroksil yang cukup untuk membentuk ikatan silang dengan protein pada banyak sisi melalui ikatan hidrogen. Fenol dengan titik didih yang lebih tinggi akan menunjukkan sifat antioksidan yang lebih baik jika dibandingkan dengan senyawa fenol yang bertitik didih rendah (Daun., 1979; Maga., 1987). Adanya fenol dengan titik didih tinggi dalam asap juga merupakan zat antibakteri yang tinggi. Senyawa fenol menghambat pertumbuhan populasi bakteri dengan memperpanjang fase lag secara proporsional di dalam bodi atau produk sedangkan kecepatan pertumbuhan dalam fase eksponensial tetap tidak berubah kecuali konsentrasi fenol sangat tinggi. Beberapa turunan senyawa fenol berdasarkan titik didihnya dapat dilihat pada Tabel 2.1

**Tabel 2.1** Titik Didih Turunan Senyawa Fenol (Astuti, 2000)

Senyawa Fenol	Titik Didih (760 mmHg)
Guaikol	205°C
4-metilguaikol	211°C
Eugenol	244°C
Siringol	267°C
Furfural	162°C
Piroketakol	240°C
Hidroquinon	285°C
Isoeugenol	266°C

## 2. Senyawa Asam Organik

Senyawa asam merupakan senyawa yang berperan sebagai antibakteri dan membentuk cita rasa produk asapan. Senyawa asam ini antara lain adalah asam asetat, propionat, butirrat dan valerat. Asam asetat merupakan salah satu asam karboksilat paling

sederhana, setelah asam format. Larutan asam asetat dalam air merupakan sebuah asam lemah, artinya hanya terdisosiasi sebagian menjadi ion  $H^+$  dan  $CH_3COO$ . Senyawa asam asetat mempunyai aktivitas anti mikrobia dan pada konsentrasi 5% mempunyai efek bakterisidal. Asam asetat bersifat mampu menembus dinding sel dan secara efisien mampu menetralkan gradien pH transmembran (Pszczola, 1995). Beberapa turunan senyawa asam berdasarkan titik didihnya dapat dilihat pada Tabel 2.2

**Tabel 2.2** Titik Didih Turunan Senyawa Asam (Astuti, 2000)

Senyawa Asam	Titik Didih (760 mmHg)
Asam asetat	118°C
Asam butirat	162°C
Asam propionate	141°C
Asam isovalerat	176°C

### 3. Senyawa Karbonil

Senyawa karbonil merupakan senyawa yang berperan pada pewarnaan dan citarasa produk asapan. Golongan senyawa ini mempunyai aroma seperti aroma karamel yang unik. Jenis senyawa karbonil yang terdapat dalam asap cair antara lain adalah vanilin dan siringaldehid. Kandungan senyawa karbonil dari berbagai jenis kayu bervariasi antara 8,56% - 15,23% dengan variasi rata-rata 11,84% sedangkan untuk tempurung kelapa sebesar 13,28% (Tranggono *et al*, 1996) . Beberapa turunan senyawa karbonil berdasarkan titik didihnya dapat dilihat pada Tabel 2.3

**Tabel 2.3** Titik Didih Turunan Senyawa Karbonil (Astuti, 2000)

Senyawa Karbonil	Titik Didih (760 mmHg)
Glioksal	51°C
Metilglioksal	51°C
Glioksaldehid	97°C
Diasetil	88°C
Formaldehid	21°C

#### 4. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs)

*Polycyclic aromatic hydrocarbons* (PAHs) adalah senyawa organik yang terdiri dari dua atau lebih cincin benzena atau molekul pentasiklik yang tersusun secara teratur dalam berbagai konfigurasi struktural (Gan dkk., 2009; Haritash dkk., 2009). Dari sekitar 500 jenis PAHs yang telah diketahui, US EPA telah mengidentifikasi 17 jenis PAHs (EPA-PAHs) yang berbahaya karena bersifat toksik, karsinogenik dan/atau mutagenik seperti yang tercantum pada Tabel 2.4 (Haritash dkk., 2009). Bamforth & Singleton (2005) dan Cerniglia (1992) menjelaskan bahwa PAHs merupakan senyawa hidrofobik dengan kelarutan dalam air yang rendah, sehingga memiliki kecenderungan besar untuk berikatan dengan partikel bahan organik padat dan membentuk micropollutants rekalsitran di lingkungan, terutama di dalam matrik tanah. Secara umum, semakin tinggi berat molekul PAHs, maka semakin hidrofobik, toksik dan resisten PAHs.

**Tabel 2.4** Jenis PAHs berbahaya dalam daftar US EPA ( Haritash dkk., 2009)

Jenis PAHs	Bobot Molekul	Jumlah Cincin	Formula
Naphthalene	128	2	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>
Acenaphthylene	152	2	C <sub>12</sub> H <sub>8</sub>
Acenaphthene	154	2	C <sub>12</sub> H <sub>10</sub>
Fluorene	166	3	C <sub>13</sub> H <sub>10</sub>
Anthracene	178	3	C <sub>14</sub> H <sub>10</sub>
Phenanthrene	178	3	C <sub>14</sub> H <sub>10</sub>
Fluoranthene	202	4	C <sub>16</sub> H <sub>10</sub>
Pyrene	202	4	C <sub>16</sub> H <sub>10</sub>
Benzo[a]anthracene	228	4	C <sub>18</sub> H <sub>20</sub>
Chrysene	228	4	C <sub>18</sub> H <sub>20</sub>
Benzo[b]fluoranthene	252	5	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>
Benzo[k]fluoranthene	252	5	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>
Benzo(a)pyrene	252	5	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>
Benzo[g,h,i]perylene	276	5	C <sub>22</sub> H <sub>12</sub>
Indenol[1,2,3-c,d]pyrene	276	5	C <sub>22</sub> H <sub>12</sub>
Dibenzo(a,h)anthracene	278	6	C <sub>22</sub> H <sub>14</sub>
Coronene	302	6	C <sub>24</sub> H <sub>14</sub>

Pirolisis dan petrogenik menghasilkan PAH yang memiliki 3, 4, dan 5-6 cincin PAH. PAH dengan 3 cincin dihasilkan oleh proses petrogenik, sedangkan PAH dengan 4 dan 5-6 cincin oleh proses pirolisis (Muri dkk., 2009)

### 2.3.3 Keunggulan dan Sifat Fungsional Asap Cair

Fungsi komponen asap terutama adalah untuk memberi *flavour* dan warna yang diinginkan pada produk asapan dan berperan dalam pengawetan serta bertindak sebagai antibakteri dan antioksidan. Berikut beberapa keunggulan dan sifat fungsional dari asap cair:

#### 1. Keamanan Produk Asapan

Penggunaan asap cair yang diproses dengan baik dapat mengeliminasi komponen asap berbahaya yang berupa hidrokarbon polisiklis aromatis. Komponen ini tidak diharapkan karena beberapa di antaranya terbukti bersifat karsinogen pada dosis tinggi. Melalui pembakaran terkontrol dan teknik pengolahan yang semakin baik, tar dan fraksi minyak berat dapat dipisahkan sehingga produk asapan yang dihasilkan mendekati bebas hidrokarbon polisiklis aromatis (HPA) (Astuti, 2000).

#### 2. Pemberi *Flavour*

Asap cair memberikan *flavour* asap khas yang tidak dapat digantikan dengan cara lain (Hadiwiyoto dkk, 2000). Pembentukan aroma pada produk pengasapan diperoleh karena adanya senyawa fenol dengan titik medium (Varlet dkk, 2007). Fenol merupakan senyawa yang paling bertanggung jawab pada pembentukan aroma tipikal yang diinginkan pada produk asapan. Fenol dalam hubungannya dengan sifat sensoris mempunyai bau tajam menyengat. Meskipun Senyawa fenol memegang peranan penting dalam *flavour* asap, namun diperlukan senyawa lain seperti karbonil dan lakton agar *flavor* karakteristik asap dapat muncul.

#### 3. Pemberi Warna

pembentukan warna pada pengasapan dihasilkan langsung oleh senyawa karbonil yang terdeposit pada permukaan selama proses pengasapan. Warna produk berkisar dari kuning keemasan sampai coklat gelap.

#### 4. Anti bakteri

Potensi asap cair sebagai antibakteri dapat memperpanjang masa simpan produk (sebagai pengawet) dengan mencegah kerusakan akibat aktifitas bakteri perusak atau pembusuk dan juga dapat melindungi konsumen dari penyakit karena aktivitas bakteri

patogen. Senyawa yang mendukung sifat antibakteri dalam asap cair adalah fenol dan asam. Asap cair akan menurunkan pH sehingga dapat memperlambat pertumbuhan mikroorganisme. Pada pH 4,0 asap cair mampu menghambat semua bakteri pembusuk dan patogen, sedangkan pada pH tinggi sekitar 6,0 penghambatan asap cair terhadap pertumbuhan bakteri mulai berkurang (Darmaji & Izimoto, 1995). Pada pengenceran 10 kali, asap cair mampu menghambat pertumbuhan bakteri *Pseudomonas fluorescense*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, dan *Staphylococcus aureus* (Darmaji, 1996).

#### 5. Antioksidan

Asap cair memiliki sifat antioksidatif dan dapat digolongkan sebagai antioksidan alami. Senyawa yang berperan sebagai antioksidan adalah fenol, yang merupakan antioksidan utama dalam asap cair (Girard, 1992). Peran antioksidatif ditunjukkan oleh senyawa fenol bertitik didih tinggi terutama 2,6-dimetoksifenol; 2,6 dimetoksi-4-metilfenol dan 2,6-dimetoksi-4-etilfenol yang bertindak sebagai donor hidrogen terhadap radikal bebas dan menghambat reaksi rantai (Pszczola, 1995). Senyawa-senyawa ini dapat menghambat oksidasi lemak, mencegah oksidasi lipida dengan menstabilkan radikal bebas dan efektif mencegah kehilangan cita rasa akibat oksidasi lemak (Khayat dkk., 1983; Ladikos dkk., 1990).

### 2.3.4 Pemanfaatan Asap Cair

Pemanfaatan asap cair telah banyak diteliti dan digunakan pada berbagai produk pangan dan hasil pertanian, antara lain:

#### 1. Industri pangan

Penggunaan asap cair lebih luas aplikasinya untuk menggantikan pengasapan makanan secara tradisional yang dilakukan secara manual yaitu bersama-sama dengan proses pemanasan (Darmadji, 1999). Asap cair pada pemberian aroma asap makanan akan lebih praktis karena hanya dengan mencelupkan produk makanan tersebut dalam asap cair diikuti dengan pengeringan. Dengan demikian, pengasapan dapat berlangsung dengan mudah, cepat dan terkendali.

Asap cair dapat digunakan sebagai bahan pengawet karena mengandung senyawa anti bakteri, anti fungsi sehingga dapat digunakan untuk menghilangkan bau pada daging bakso, selain itu asap cair juga mengandung asam asetat dan fenol sehingga dapat



digunakan untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Khusus untuk asam asetat yang biasa digunakan untuk bahan pengawet makanan (menghambat pertumbuhan mikroorganisme yang mungkin berkembang dalam makanan) dan bekerja sebagai pelarut lipid sehingga dapat merusak membran sel.

## 2. Industri perkebunan

Asap cair dapat digunakan sebagai penggumpal lateks atau getah karet. Dibandingkan menggumpalkan dengan asam semut, penggunaan asap cair ini lebih unggul, karena getah karet yang menggumpal menjadi tak berbau lagi. Penambahan asam semut justru memicu pertumbuhan bakteri sehingga muncul ammonia dan sulfida. Senyawa itulah yang menyebabkan getah karet yang menggumpal itu berbau busuk. 200 liter penggumpalan getah karet pekebun hanya perlu 1 liter asap cair. Manfaat lain, kualitas meningkat karena karet menjadi lebih putih.

## 3. Industri kayu

Asap cair dapat dimanfaatkan pada industri kayu khususnya untuk mengawetkan kayu. Pengawetan kayu merupakan suatu usaha untuk menambah daya tahan kayu terhadap faktor perusak dengan tujuan agar umur pemakaian kayu dapat bertambah menjadi beberapa kali lipat dan secara ekonomis menguntungkan. Oleh karena itu, untuk meningkatkan ketahanan kayu yang tidak awet, tindakan pengawetan kayu sangat diperlukan (Supriana dkk., 1996). Asap cair memiliki kemampuan untuk mengawetkan kayu terutama terhadap jamur pembusuk putih seperti jamur *Ganoderma sp* dan *Paliporus alcularis*.

Pencelupan asap cair terhadap kayu merupakan salah satu metode yang bertujuan untuk memperpanjang umur kayu. Metode pencelupan dilakukan dengan mencelupkan kayu ke dalam asap cair selama beberapa menit, agar hasil lebih baik sebaiknya kayu tersebut dikeringkan terlebih dahulu. Berdasarkan syarat dari *National Woodwork Manufactures Association*, waktu yang diperlukan dalam pencelupan tidak kurang dari 3 menit.

### 2.3.5 Aplikasi Asap Cair

Asap cair telah banyak diaplikasikan pada pengolahan, antara lain pada daging dan lemak, daging olahan dan keju. Asap cair juga digunakan untuk menambah *flavour* asap pada saus, sup, daging kaleng, bumbu dan campuran rempah-rempah. Asap cair dapat diaplikasikan pada produk dengan berbagai cara, antara lain sebagai berikut:

#### 1. Pencampuran

Asap cair dapat ditambahkan langsung pada produk seperti sosis, salami, keju oles, emulsi daging panggang dan lain-lain. Banyaknya asap cair yang ditambahkan pada produk antara 0,1% - 1% berat bahan produk.

#### 2. Pencelupan

Produk yang diasap dicelupkan dalam cairan yang mengandung asap cair selama 50-60 detik. Perlakuan pencelupan dalam asap cair berpengaruh terhadap warna produk asapan tapi rasanya sangat lemah. Produk yang diperlakukan dengan cara ini menunjukkan kualitas *organoleptik* yang memuaskan secara keseluruhan. Cara ini terutama dilakukan untuk ikan, daging dan sosis. Metode pencelupan juga dilakukan pada industri keju di Italia, dimana keju direndam dalam larutan garam asap.

#### 3. Injeksi

Asap cair ditambahkan kedalam larutan yang diinjeksikan dalam jumlah bervariasi antara 0,25% - 1%. Metode ini menghasilkan *flavour* yang lebih seragam pada daging ikan.

## 2.4 Pembuatan Asap Cair

Pembuatan asap cair merupakan salah satu usaha pemanfaatan biomassa menjadi produk yang mempunyai nilai guna. Pembuatan asap cair dapat dilakukan dengan pembakaran bahan baku yang mengandung selulosa, hemiselulosa dan lignin. Pembakaran dengan biomassa dapat mencapai suhu yang cukup tinggi dan terjadi penguraian dari senyawa-senyawa organik yang terdapat dalam bahan baku sewaktu proses pembakaran. Terdapat beberapa metode untuk membuat asap cair yaitu Torefaksi, Karbonisasi dan Pirolisis, dimana proses pirolisis merupakan metode yang paling umum digunakan dan proses yang sederhana.

### 2.4.1 Torefaksi (*Torrefaction*)

Torefaksi adalah suatu proses perlakuan panas pada biomassa pada temperatur antara 200°C - 300°C dan tekanan atmosfer tanpa kehadiran oksigen. Penelitian awal tentang torefaksi dimulai pada tahun 1930-an, akan tetapi publikasi dari hasil penelitian tersebut terbatas. Nama lain dari proses torefaksi adalah *roasting*, *slow-mild pyrolysis*, *wood cooking*, dan *high temperature drying*.

Torefaksi digunakan sebagai langkah pengkondisian awal untuk metode konversi biomassa seperti gasifikasi dan *co-firing*. Perlakuan panas tidak hanya mengubah struktur serat, tetapi juga keuletan dari biomassa. Selama proses torefaksi, biomassa akan mengalami devolatisasi yang menyebabkan penurunan berat, tetapi kandungan energi awal dari biomassa yang telah ditorefaksi tersebut tetap terjaga dalam produk padatan sehingga densitas energi dari biomassa menjadi lebih tinggi dibanding biomassa awal. Keseluruhan proses torefaksi dapat dibagi menjadi beberapa langkah, seperti pemanasan, pengeringan, torefaksi dan pendinginan seperti yang telah dijelaskan oleh Bergman dkk (2000). Penjelasan dari Tahapan-tahapan tersebut adalah sebagai berikut:

#### 1. Pemanasan awal

Pada awal proses, biomassa dipanasi sampai tahapan pengeringan tercapai. Pada tahapan ini temperatur dari biomassa meningkat, dan pada akhir dari tahapan ini uap air dari biomassa mulai mengalami penguapan

#### 2. Pengeringan

- Pengeringan awal atau *pre-drying*

Pada suhu biomassa mendekati 100°C, air yang dikandung oleh biomassa akan mulai menguap pada temperatur konstan.

- Pengeringan akhir atau *post-drying*.

Pada suhu biomassa mendekati 200°C, kandungan air terlepas akibat perpindahan kalor pada partikel biomassa. Selama tahapan ini juga terdapat sebagian berat yang bisa hilang sehingga tahapan ini juga disebut torefaksi ringan.

#### 3. Torefaksi

Tahapan inilah yang merupakan inti dari keseluruhan proses torefaksi. Torefaksi akan dimulai saat temperatur mencapai 200°C. Temperatur torefaksi didefinisikan sebagai temperatur konstan maksimum. Selama proses ini, sebagian besar dari berat hilang.

#### 4. Pendinginan

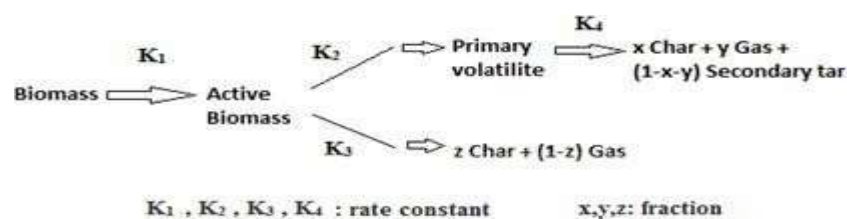
Selanjutnya, biomassa yang telah ditorefaksi didinginkan dari temperatur kurang dari 200°C menuju temperatur akhir, yaitu temperatur ruangan. Mekanisme dari torefaksi didasarkan pada reaksi dari 3 komponen utama biomassa, yaitu hemiselulosa, selulosa, dan lignin. Saat temperatur biomassa mencapai 200°C, hemiselulosa mengalami devolatisasi secara terbatas dan pengarbonan (biomassa mulai berwarna kecoklatan). Jika devolatisasi dilanjutkan, pada temperatur mencapai sekitar 250°C - 260°C, lignin dan selulosa sedikit mengalami dekomposisi yang tidak menyebabkan kehilangan berat biomassa secara signifikan. Perbedaan reaksi pada hemiselulosa, selulosa, dan lignin yang menghasilkan 2 daerah torefaksi, yang pertama adalah torefaksi ringan (*light torrefaction*) dengan temperatur di bawah 240°C dan ditandai oleh dekomposisi yang signifikan dari hemiselulosa. Sedangkan yang kedua adalah torefaksi berat (*severe torrefaction*) yang terjadi di atas 270°C dan ditandai oleh reaksi selulosa dan lignin.

#### 2.4.2 Karbonisasi

Karbonisasi biomassa atau yang lebih dikenal dengan pengarangan adalah suatu proses untuk menaikkan nilai kalor biomassa dan dihasilkan pembakaran yang bersih dengan sedikit asap. Hasil karbonisasi adalah berupa arang yang tersusun atas karbon dan berwarna hitam. Proses karbonisasi merupakan salah satu tahap yang penting dalam pembuatan briket arang. Pada umumnya proses ini dilakukan pada temperatur 500°C -800 °C, kandungan zat yang mudah menguap akan hilang sehingga akan terbentuk struktur pori awal (Widowati, 2003). Menurut Hasani (1996), proses karbonisasi merupakan suatu proses pembakaran tidak sempurna dari bahan-bahan organik dengan jumlah oksigen yang sangat terbatas, yang menghasilkan arang serta menyebabkan penguraian senyawa organik yang menyusun struktur bahan membentuk uap air, metanol, uap-uap asam asetat dan hidrokarbon. Karbonisasi merupakan suatu proses untuk mengkonversi bahan organik menjadi arang. Pada proses karbonisasi akan melepaskan zat yang mudah terbakar seperti CO, CH<sub>4</sub> dan H<sub>2</sub> yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan kalor pada proses karbonisasi.

Adapun proses pengarangan atau karbonisasi terbagi atas empat tahap, yaitu:

- Tahap penguapan air, yaitu pada suhu  $100^{\circ}\text{C} - 105^{\circ}\text{C}$ .
- Tahap penguraian hemiselulosa dan selulosa menjadi larutan piroglinat, yaitu pada suhu  $200^{\circ}\text{C} - 240^{\circ}\text{C}$ .
- Tahap proses depolimerisasi dan pemutusan ikatan C-O dan C-C, yaitu pada suhu  $240^{\circ}\text{C} - 400^{\circ}\text{C}$ .
- Tahap pembentukan lapisan aromatic, yaitu pada suhu lebih dari  $400^{\circ}\text{C}$  dan lignin masih terus terurai hingga suhu  $500^{\circ}\text{C}$ . Pada suhu lebih dari  $600^{\circ}\text{C}$ , terjadi proses pembesaran luas permukaan arang.



**Gambar 2.5** Skema Broide-Shafizadeh termodifikasi

Pada gambar 2.5 menegaskan bahwa distribusi produk bergantung pada kedua langkah, yaitu dekomposisi dari saat “meleleh” kemudian partikel kayu menjadi gas, cairan, dan fraksi padat (tahap pertama) dan dekomposisi lanjutan dari fraksi cair (tahap kedua), dan rasio dari laju konstan untuk tahap pertama ke tahap kedua. Distribusi juga dipengaruhi oleh kelembaban dan ukuran dari bahan, laju, pemanasan, suhu operasi, dll. Tiga terakhir tersebut secara umum penting, dan hasil produk cair meningkat seiring dengan penurunan ukuran. Suhu yang lebih tinggi membuat arang yang dihasilkan lebih sedikit dan tar yang dihasilkan lebih tinggi di bawah suhu  $500^{\circ}\text{C}$ . Tekanan merupakan hal yang berpengaruh terhadap hasil. produk cair yang dihasilkan lebih tinggi pada operasi suhu yang lebih rendah. Hasil karbonisasi berupa arang yang tersusun atas karbon dan berwarna hitam.

Proses karbonisasi merupakan bagian dari proses pirolisis yaitu Pembakaran tanpa menggunakan oksigen. Adapun tujuannya ialah melepaskan zat terbang (*volatile matter*) yang terkandung dalam biomassa tersebut. *Volatile matter* terdiri dari metan, senyawa hidrokarbon, hidrogen dan nitrogen. Sementara karbon yang terkandung di dalam bahan akan tetap karena pembakaran dilakukan tanpa oksigen ( $\text{O}_2$ ).

### 2.4.3 Proses Pirolisis

Pirolisis didefinisikan sebagai proses dekomposisi suatu bahan oleh panas tanpa menggunakan oksigen, yang diawali oleh pembakaran dan gasifikasi serta diikuti oksidasi total atau parsial dari produk utama (Bridgwater, 2004). Melalui proses pirolisis jerami padi diolah menghasilkan asap dan arang. Arang yang diperoleh dari proses pirolisis dapat diolah menjadi arang aktif yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi yang memiliki nilai ekonomis yang lebih tinggi, sedangkan asap yang diperoleh dapat dicairkan dengan menggunakan kondensor menghasilkan distilat berupa asap cair. Pirolisis memiliki 2 jenis yaitu pirolisis berdasarkan laju pemanasan dan pirolisis berdasarkan perbedaan tekanan.

#### 2.4.3.1 Jenis Pirolisis

Berdasarkan laju pemanasan, pirolisis dapat dibedakan menjadi *fast/flash pyrolysis* dan *slow pyrolysis*. *Fast pyrolysis* dapat digunakan untuk memaksimalkan hasil bahan bakar cair (Rabe, 2005). Selain berdasarkan laju pemanasan, pirolisis juga dapat dibedakan berdasarkan katalisator yang digunakan.

##### 2.4.3.1.1 Proses Pirolisis Secara Termal

Proses pirolisis termal jenis terbagi menjadi beberapa bagian pada setiap bagian di bedakan atas temperatur prosesnya, yaitu:

##### 1. *Slow Pyrolysis*

*Slow pyrolysis* dapat dikategorikan sebagai *low-tech* dan teknologi yang kuat yang telah dioptimalkan untuk produksi bio-arang. *Slow pyrolysis* menggunakan tingkat pemanasan yang lebih lambat (berkisar antara  $0,01^{\circ}\text{C}/\text{det}$  sampai  $10^{\circ}\text{C}/\text{det}$  (Brunn, 2011), waktu tinggal padatan dan gas relatif lama (beberapa menit sampai beberapa jam), dan biasanya temperaturnya lebih rendah yaitu berkisar  $350^{\circ}\text{C}$  -  $400^{\circ}\text{C}$ .

*Slow Pyrolysis* yang modern juga dapat diproses dalam reaktor kontinu, seperti drum pirolisis, tungku rotari atau *screw pyrolysis*. Dalam *slow pyrolysis* modern, *gas* hasil dari proses biasanya digunakan sebagai suplai energi untuk menjaga reaksi terus

berlangsung, karena hal ini secara teknis cukup sederhana dan cocok untuk waktu retensi yang lama (Brunn, 2011).

## 2. *Fast Pyrolysis*

*Fast Pyrolysis* adalah tingkat pemanasan, waktu tinggal, dan produk turunan. Tingkat pemanasan berkisar antara 200°C dan 105°C per detik dan suhu yang berlaku biasanya lebih tinggi dari 500°C. Pada proses ini juga produksi arang dan tar yang jauh lebih rendah. jenis pirolisis juga dapat dibedakan terhadap kandungan masing masing produknya yaitu gas, cair, padat (*char*).

## 3. *Flash Pyrolysis*

*Flash Pyrolysis* ditandai dengan suhu moderat pada (400°C- 600°C) dan laju pemanasan cepat (>2°C/s). Waktu tinggal uap biasanya kurang dari dua detik. Dibandingkan dengan *slow* pirolisis, arang dan gas yang dihasilkan jauh lebih sedikit. Namun, menghasilkan tar dan minyak yang maksimal. Kandungan produk pada jenis proses pirolisis dapat dibedakan berdasarkan Tabel 2.5

**Tabel 2.5** Kandungan Produk pada Jenis Proses Pirolisis (Winanti dkk, 2011)

Proses	Produk		
	Gas terbuang	Asap Cair	Aran g
<i>Slow Pyrolysis</i> Temperatur 350°C - 400°C Waktu tinggal yang lebih lama	35%	30%	35%
<i>Fast Pyrolysis</i> Temperatur 500°C Waktu tinggal uap panas sedang	25%	50%	25%
<i>Flash Pyrolysis</i> Temperatur 400°C - 600°C Waktu tinggal uap panas pendek	13%	75%	12%

### 2.4.3.1.2 Proses Pirolisis Secara Katalik

Pirolisis katalitik adalah proses pirolisis yang menggunakan katalisator. Katalisator di sini

berfungsi untuk memecah hidrokarbon rantai panjang menjadi hidrokarbon rantai pendek





(C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub>). Disamping itu, katalisator mampu meningkatkan kecepatan dekomposisi dan memperbesar produk cair hasil pirolisis (Scheirs dan Kaminsky, 2006).

Mekanisme reaksi proses pirolisis dengan menggunakan katalis berbeda dengan proses pirolisis tanpa katalis (termal). Pada pirolisis katalitik, ketika umpan kontak dengan katalis pada reaktor umpan akan mengalami penguapan, kemudian membentuk muatan positif yang disebut karbokation. Karbokation merupakan istilah umum untuk muatan positif dari ion karbon. Karbokation dapat berupa ion karbonium atau karbenium.

#### **2.4.3.2 Proses Pirolisis Limbah Jerami Padi**

Asap yang dihasilkan dari proses pembakaran dengan suhu tinggi akan masuk ke kondensor dan akan mengalami kondensasi atau pengembunan. Pada proses pirolisis, dilakukan dengan menggunakan bahan baku berupa jerami padi yang telah dikeringkan dan dibersihkan dari pengotor. Asap cair diperoleh dari proses pemanasan limbah jerami padi, asap yang keluar akibat proses pemanasan kemudian akan dikondensasi sehingga diperoleh produk berupa asap cair.

Pada proses pemanasan dilakukan pada suhu yang tinggi sehingga terjadi proses penguraian senyawa kompleks pada limbah jerami padi dan menghasilkan 3 jenis produk (Tahir 1992), yaitu:

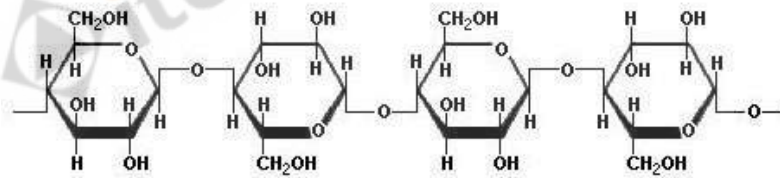
1. Gas yang dikeluarkan pada proses karbonisasi ini sebagian besar berupa gas CO<sub>2</sub> dan sebagian lagi berupa gas-gas yang mudah terbakar seperti CO, CH<sub>4</sub>, ataupun H<sub>2</sub> serta hidrokarbon tingkat rendah lain.
2. Destilat berupa asap cair dan tar: Komposisi utama dari produk yang tertampung adalah metanol dan asam asetat. Bagian lainnya merupakan komponen minor yaitu fenol, metil asetat, asam format, asam butirat dan lainnya.
3. Residu (karbon): Kandungan selulosa, hemiselulosa, dan lignin dalam bahan baku berbeda-beda. Pada umumnya bahan baku mengandung dua bagian selulosa dan satu bagian hemiselulosa, serta satu bagian lignin.

Pada proses pirolisis terjadi dekomposisi pada senyawa-senyawa yang terkandung didalamnya, yaitu:

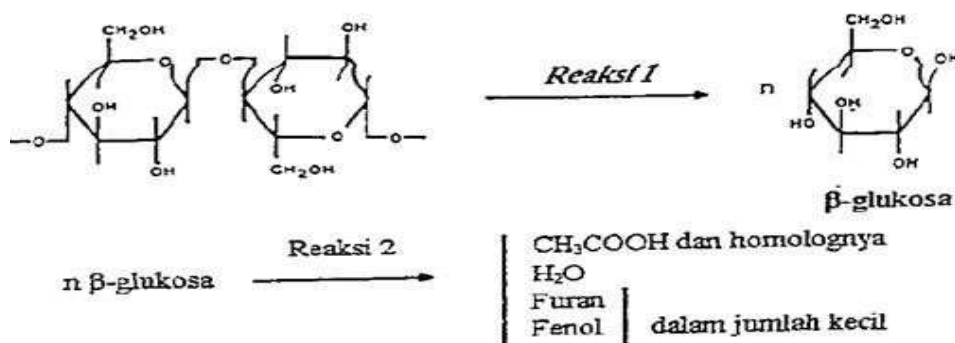
### a. Pirolisis Selulosa

Selulosa merupakan polisakarida yang tersusun dari D-glukosa yang terhubung secara seragam oleh ikatan  $\beta$ -glukosida. Rumus molekulnya adalah  $(C_6H_{12}O_6)_n$ . Derajat polimerisasinya ditunjukkan oleh  $n$ , dengan nilai kisaran yang lebarnya 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 (Anonim, 2008). Struktur selulosa dapat dilihat pada Gambar 2.6

Selulosa adalah senyawa makromolekul yang dihasilkan dari kondensasi linier struktur heterosiklis molekul glukosa. Selulosa terdiri dari 100 – 1000 unit glukosa (Ratna, 2008). Selulosa terdekomposisi pada temperatur 280°C dan berakhir pada 300°C – 350°C. Girard (1992), menyatakan bahwa pirolisis selulosa berlangsung dalam dua tahap, yaitu reaksi hidrolisis yang menghasilkan glukosa dan reaksi yang menghasilkan asam asetat dan homolognya, bersama air sejumlah kecil furan dan fenol. Pembentukan ini lebih sering berhubungan dengan pirolisis hemiselulosa dan lignin. Struktur selulosa dapat dilihat pada Gambar 2.7.



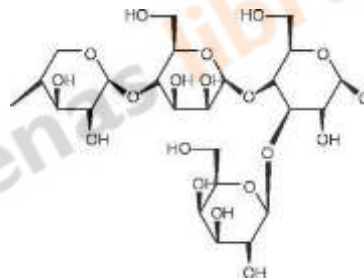
Gambar 2.6 Struktur Selulosa



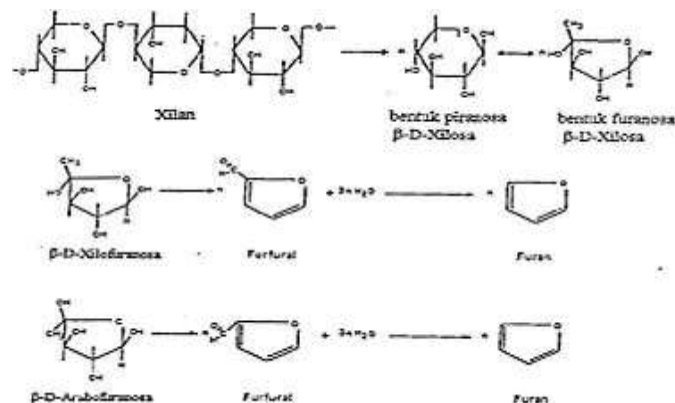
Gambar 2.7 Pirolisis Selulosa

## b. Pirolisis Hemiselulosa

Hemiselulosa merupakan polimer dari beberapa monosakarida dengan berat molekul yang relatif rendah dan terdapat didalam dinding sel tanaman bersama-sama dengan lignin dan selulosa. Rantai molekul hemiselulosa jauh lebih pendek dibandingkan dengan selulosa, dan dalam beberapa senyawa mempunyai rantai cabang. Kandungan hemiselulosa dalam kayu keras lebih besar daripada kayu lunak. Contoh hemiselulosa seperti pentosan ( $C_5H_8O_4$ ) dan heksosan ( $C_6H_{10}O_5$ ). Pentosan terdiri dari dua kelompok utama yaitu xilan dan araban. Dimana xilan lebih mendominasi dibandingkan araban. Pirolisis dari pentosan membentuk fural, furan dan turunannya beserta suatu seri yang panjang dari asam karboksilat. Heksosan juga terdiri dari dua kelompok utama, yaitu mannan dan galaktan, dimana unit dasarnya secara berurutan adalah manosa dan galaktosa. Bersama-sama dengan selulosa, pirolisis heksosan membentuk asam asetat dan homolognya. Hemiselulosa akan terdekomposisi pada temperatur  $200^{\circ}C - 250^{\circ}C$ . Struktur hemiselulosa dan pirolisis pentosa pada hemiselulosa dapat dilihat pada Gambar 2.8 dan 2.9



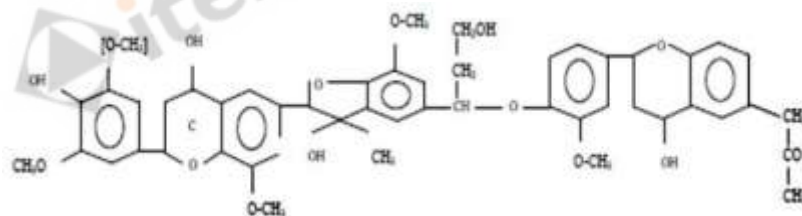
**Gambar 2.8** Struktur Hemiselulosa



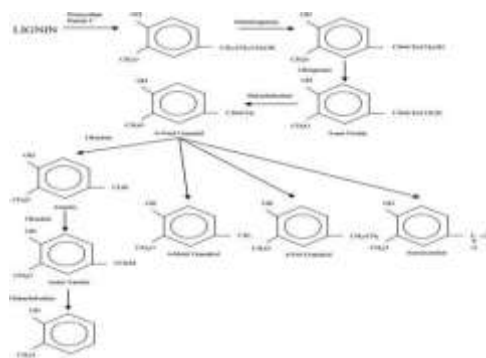
**Gambar 2.9** Pirolisis Pentosa pada Hemiselulosa

### c. Pirolisis lignin

Lignin merupakan sebuah polimer kompleks yang mempunyai berat molekul yang tinggi dan tersusun atas sistem aromatik serta unit-unit fenil propana. Senyawa-senyawa yang diperoleh dari pirolisis struktur dasar lignin berperan penting dalam memberikan aroma asap produk asapan. Senyawa ini adalah fenol, eter fenol seperti *guaiakol*, *siringol*, dan homolog serta derivatnya. Struktur kimia lignin antara kayu keras dan kayu lunak berbeda yaitu pada bentuk senyawa metoksi dalam cincin aromatiknya, sehingga menyebabkan perbedaan pada hasil pirolisisnya. Pembakaran kayu keras terutama menghasilkan *guaiakol*, sedangkan pembakaran kayu lunak menghasilkan *siringol* (Girard, 1992). Pirolisis lignin menghasilkan senyawa fenol dan eter fenolik seperti *guaiakol* (2-metoksifenol) dan homolognya serta turunannya yang berperan terhadap aroma asap dari produk-produk hasil pengasapan. Fenol dihasilkan dari dekomposisi lignin yang terjadi pada suhu 300°C dan berakhir pada suhu 450°C (Girard, 1992). Kandungan lignin untuk tiap-tiap tumbuhan yang berbeda akan bervariasi, namun secara umum kandungan lignin yang terdapat dalam kayu keras berkisar antara 20% – 40%. Lignin mengalami dekomposisi pada temperatur 300°C – 350°C dan berakhir pada 400°C – 450°C (Ratna, 2008). Struktur lignin dan mekanisme pirolisis lignin dari kayu lunak dapat dilihat pada Gambar 2.10 dan 2.11.



**Gambar 2.10** Struktur Lignin



**Gambar 2.11** Mekanisme Pirolisis Lignin dari Kayu Lunak

### 2.4.3.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Proses Pirolisis

Salah satu teknologi alternatif yang dikembangkan pada beberapa bidang dalam kimia yaitu pirolisis biomassa. Berbagai variabel yang berpengaruh dalam proses pirolisis antara lain waktu pemanasan, temperatur pemanasan, kadar air, ukuran partikel dan berat partikel. Berikut faktor-faktor yang mempengaruhi proses pirolisis:

#### 1. Waktu Pemanasan

Waktu pemanasan berpengaruh pada produk yang akan di hasilkan, karena semakin lama waktu pirolisis berlangsung, unsur karbon yang terkandung pada produk yang dihasilkan (residu padat, tar, dan gas) semakin naik. Kenaikan itu sampai dengan waktu tak terhingga yaitu waktu yang diperlukan sampai hasil padatan residu, tar, dan gas mencapai konstan. Nilai  $\tau$  dihitung sejak proses *isothermal* berlangsung, Tetapi jika melebihi waktu optimal maka karbon akan teroksidasi oleh oksigen (terbakar) menjadi karbondioksida dan abu.

#### 2. Temperatur Pemanasan

Temperatur pemanasan sangat mempengaruhi produk yang dihasilkan. Semakin tinggi temperatur pemanasan maka nilai konstanta dekomposisi termal semakin besar yang mengakibatkan laju pirolisis bertambah dan konversi naik.

#### 3. Kadar Air

Pengaruh kadar air umpan yaitu bila kadar air umpan tinggi, pembakaran dalam alat pirolisis berjalan lambat, dan bara yang terbentuk akan mudah mati sehingga waktu yang diperlukan akan semakin lama. Hal ini disebabkan karena uap air yang dilepaskan makin banyak. Kadar air di dalam suatu bahan berbeda-beda tergantung dari jenis bahan dan proses pengolahan bahan baku.

#### 4. Ukuran Partikel

Ukuran partikel berpengaruh terhadap hasil produk, semakin besar ukuran partikel Maka luas permukaan per satuan berat yang terkena panas semakin kecil sehingga proses akan menjadi lambat.

#### 5. Berat Partikel

Semakin banyak bahan baku yang dimasukkan, menyebabkan hasil bahan bakar cair (tar) dan arang meningkat (Wahyudi, 2001).

#### 2.4.3.4 Prinsip Kerja Alat Pirolisis

Pada alat pirolisis terjadi proses penguraian senyawa-senyawa organik pada bahan baku. Pada proses pemanasan yang terjadi pada reaktor pirolisis, asap yang dihasilkan akan mengalir menuju kondensor melalui pipa yang menghubungkan reaktor pirolisis dengan kondensor. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan tekanan yang disebabkan perbedaan temperatur antara reaktor pirolisis dan kondensor. Seperti yang kita ketahui pada reaktor pirolisis terjadi proses pemanasan sehingga temperatur naik, sedangkan pada kondensor temperaturnya akan lebih rendah karena dialiri oleh air, maka akan terjadi perpindahan fluida berupa asap karena sifat fluida mengalir dari tekanan tinggi menuju tekanan yang lebih rendah.

#### 2.4.3.5 Komponen Alat Pembuatan Asap Cair

Proses pembuatan asap cair dari limbah jerami padi, dilakukan dengan menggunakan *fixed bed reactor* disertai dengan komponen alat pendukung lainnya. Komponen alat pendukung pembuatan asap cair diantaranya yaitu:

##### 1. Reaktor Pirolisis

Reaktor pirolisis adalah alat pengurai senyawa-senyawa organik yang dilakukan dengan proses pemanasan tanpa berhubungan langsung dengan udara luar dengan suhu 300 °C - 600°C. Reaktor pirolisis dibalut dengan selimut dari bata dan tanah untuk menghindari panas keluar berlebih. Proses pirolisis menghasilkan zat dalam tiga bentuk yaitu padat, gas dan cairan (Buckingham, 2010).

##### 2. Pipa Penghubung

Pipa penghubung pada rangkaian alat proses pengolahan asap cair berfungsi sebagai penghubung antara reaktor pirolisis dengan kondensor. Asap dari pembakaran pirolisis akan mengalir menuju kondensor akibat perbedaan tekanan yang disebabkan oleh perbedaan temperatur antara reaktor pirolisis dengan kondensor.

##### 3. Kondensor

Kondensor adalah salah satu jenis mesin penukar kalor (*heat exchanger*) yang berfungsi untuk mengkondensasikan fluida. Pada alat ini kondensor merupakan komponen alat yang berfungsi untuk mengembunkan asap menjadi cair. Uap asap yang mengalir dari reaktor pirolisis melalui pipa penghubung akan masuk pada kondensor dan akan

mengembun pada pipa kondensat yang terdapat dalam kondensor. Pipa kondensat ini berbentuk spiral dengan arah vertikal. Selama asap tersebut dalam pipa kondensat maka akan terjadi pengembunan sehingga terbentuk asap cair (Buckingham, 2010).

#### 4. Termokopel

Termokopel (termometer) berfungsi untuk mendeteksi/mengukur suhu diruang pirolisis.

#### 5. Furnace

Furnace adalah alat yang berfungsi untuk memindahkan panas yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar dalam suatu ruangan ke bahan yang dipanaskan sampai mencapai suhu yang diinginkan.

## 2.5 Pemurnian Asap Cair

Proses pemurnian asap cair bertujuan untuk mendapatkan asap cair dengan kualitas terbaik berdasarkan tampilan warna, kejernihan dan komponen yang terkandung di dalamnya. Pemurnian asap cair dapat dilakukan dengan berbagai metode tergantung dari *grade* yang ingin dicapai pada asap cair yang dihasilkan. Pemurnian asap cair dapat dilakukan dengan metode distilasi, adsorpsi maupun gabungan dari kedua metode tersebut. Distilasi merupakan proses pemisahan fraksi dalam suatu fluida cair berdasarkan perbedaan titik didih, sedangkan adsorpsi adalah proses pemisahan komponen zat dari suatu larutan pada permukaan padatan yang disebut adsorben. Penggabungan dari proses distilasi dan adsorpsi memiliki tujuan untuk mengoptimalkan pemurnian dari asap cair sehingga asap cair yang dihasilkan dengan kualitas baik, memiliki standar mutu yang sesuai serta nilai ekonomi yang tinggi.

### 2.5.1 Distilasi

Destilasi adalah suatu metode pemisahan campuran yang didasarkan pada perbedaan tingkat volatilitas (kemudahan suatu zat untuk menguap) pada suhu dan tekanan tertentu. Destilasi merupakan proses fisika dan tidak terjadi adanya reaksi kimia selama proses berlangsung. Destilasi dapat digunakan untuk memurnikan senyawa-senyawa yang mempunyai titik didih berbeda sehingga dapat dihasilkan senyawa yang memiliki kemurnian yang tinggi.

Distilasi sederhana dilakukan secara bertahap, sejumlah campuran dimasukkan kedalam sebuah bejana, dipanaskan bertahap dan dipertahankan selalu berada dalam tahap pendidihan kemudian uap yang terbentuk dikondensasikan dan ditampung dalam labu. Produk distilat yang pertama kali tertampung memiliki kadar komponen yang lebih ringan dibandingkan distilat yang lain. Distilasi asap cair dapat dilakukan pada suhu 100°C hingga 150°C (Darmadji, 2002). Menurut Gorbatov dkk., (1971) proses distilasi asap cair juga dapat menghilangkan senyawa yang tidak diinginkan yaitu senyawa tar dan hidrokarbon polisiklis aromatik.

## 2.6 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan proses akumulasi adsorbat pada permukaan adsorben yang disebabkan oleh gaya tarik antar molekul atau suatu akibat dari medan gaya pada permukaan padatan (adsorben) yang menarik molekul-molekul gas, uap atau cairan (Oscik, 1982). Sedangkan Alberty dkk., (1987) mendefinisikan adsorpsi sebagai fenomena yang terjadi pada permukaan. Adsorpsi secara umum didefinisikan sebagai akumulasi sejumlah molekul, ion atau atom yang terjadi pada batas antara dua fasa. Adsorpsi menyangkut akumulasi atau pemusatan substansi adsorbat pada adsorben dan dalam hal ini dapat terjadi pada antar muka dua fasa. Fasa yang menyerap disebut adsorben dan fasa yang terserap disebut adsorbat. Kebanyakan adsorben adalah bahan-bahan yang memiliki pori karena berlangsung terutama pada dinding-dinding pori atau letak-letak tertentu didalam adsorben. Dalam proses adsorpsi melibatkan berbagai macam gaya yakni gaya van der Waals, gaya elektrostatik, ikatan hidrogen serta ikatan kovalen (Martell dkk., 1996).

Proses adsorpsi larutan secara teoritis umumnya berlangsung lebih lama dibandingkan proses adsorpsi pada gas, uap atau cairan murni (Shaw, 1983). Hal ini disebabkan pada adsorpsi larutan melibatkan persaingan antara komponen larutan dengan situs adsorpsi. Proses adsorpsi larutan dapat diperkirakan secara kualitatif dari polaritas adsorben dan komponen penyusun larutan. Kecenderungan adsorben polar lebih kuat menyerap adsorbat polar dibandingkan adsorbat non polar, demikian pula sebaliknya. Kelarutan adsorbat dalam pelarut merupakan faktor yang menentukan dalam proses adsorpsi, umumnya substansi hidrofilik sukar teradsorpsi dalam larutan encer. Pada dasarnya, suatu adsorben harus memiliki luas permukaan spesifik yang tinggi, yaitu memiliki pori-pori berdiameter kecil



agar proses retensi partikel adsorbat oleh adsorben berlangsung lebih efektif. Secara spesifik, ukuran pori juga menentukan adsorpsi suatu senyawa tertentu dalam larutan. Jika ukuran pori adsorben semakin kecil maka kemampuan adsorpsinya semakin besar, dengan anggapan bahwa komponen yang teradsorpsi dapat memasuki rongga porinya. Jumlah adsorben yang makin banyak akan memberikan luas permukaan yang makin besar bagi adsorbat untuk terdesorpsi. Selain itu makin banyak jumlah adsorben juga akan memberi kesempatan kontak yang makin besar dengan molekul-molekul adsorbat.

### 2.6.1 Jenis-Jenis Adsorpsi

Gaya tarik-menarik dari suatu padatan dibedakan menjadi dua jenis yaitu gaya fisika dan gaya kimia yang masing-masing menghasilkan adsorpsi fisika (physisorption) dan adsorpsi kimia (chemisorption). Perbedaan adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia dapat dilihat pada Tabel 2.6.

**Tabel 2.6** Perbedaan Adsorpsi Fisika dan Adsorpsi Kimia (sumber: Atkin, 1999: 437-438)

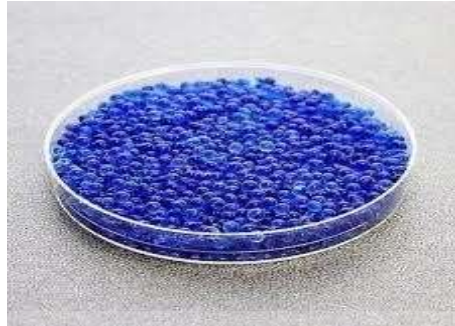
Adsorpsi fisika	Adsorpsi kimia
Molekul terikat pada adsorben oleh gaya Van der Waals	Molekul terikat pada adsorben oleh ikatan kimia
Mempunyai entalpi reaksi -4 sampai -40 kJ/mol	Mempunyai entalpi reaksi -40 sampai 800 kJ/mol
Dapat membentuk lapisan multilayer	Membentuk lapisan Monolayer
Adsorpsi hanya terjadi pada suhu dibawah titik didih adsorbat	Adsorpsi dapat terjadi pada suhu tinggi
Jumlah adsorpsi pada permukaan merupakan fungsi adsorbat	Jumlah adsorpsi pada permukaan merupakan karakteristik adsorben dan adsorbat
Tidak melibatkan energi aktivasi tertentu	Melibatkan energi aktivasi tertentu
Bersifat tidak spesifik	Bersifat sangat spesifik

### 2.6.2 Jenis Adsorben yang Umum Digunakan

Adsorben yang digunakan dalam proses adsorpsi berbeda-beda tergantung jenis *solute* yang akan dimurnikan, berikut adalah beberapa jenis adsorbent yang digunakan dalam proses adsorpsi:

### 1. Silica gel

*Silica gel* terbuat dari silika dengan ikatan kimia mengandung air kurang lebih 5%. Pada umumnya temperatur kerja *silica gel* sampai 200°C, jika dioperasikan lebih dari batas temperatur kerjanya maka kandungan air dalam *silica gel* akan hilang dan menyebabkan kemampuan adsorpsinya hilang. Dengan kata lain, kemampuan desorpsi *silica gel* meningkat seiring dengan meningkatnya temperatur (Ginting, 2008).



**Gambar 2.12** Silika Gel

### 2. Karbon Aktif

Karbon aktif dapat dibuat dari batu bara, kayu, tempurung kelapa dan lainnya melalui proses *pyrolizing* dan *carburizing* pada temperature 700°C - 800 °C, salah satu contoh dari karbon aktif adalah arang aktif. Hampir semua adsorbat dapat diserap oleh karbon aktif, kecuali air. Pada umumnya karbon aktif dapat ditemukan dalam bentuk bubuk atau granula (Ginting, 2008).



**Gambar 2.13** Karbon Aktif

### 3. Zeolit

Zeolit mengandung kristal zeolit yaitu mineral *aluminosilicate* yang disebut sebagai penyaring molekul. Mineral *aluminosilicate* ini terbentuk secara alami, sedangkan zeolit buatan dibuat dan dikembangkan untuk tujuan khusus, diantaranya 4A, 5A, 10X dan 13X yang memiliki volume rongga antara 0,05 sampai 0,30 cm<sup>3</sup>/gram dan dapat

dipanaskan hingga 500°C tanpa harus kehilangan kemampuan adsorpsi dan regenerasinya. Zeolit 4A (NaA) digunakan untuk memisahkan campuran hidrokarbon, sedangkan zeolit 5A (CaA) digunakan untuk memisahkan *paraffins* dan beberapa *cyclic hydrocarbon*. Zeolit 10X (CaX) dan 13X (NaX) memiliki diameter pori yang lebih besar sehingga dapat mengadsorpsi adsorbat pada umumnya (Ginting, 2008).



**Gambar 2.14** Zeolit

Jenis adsorben yang digunakan tergantung pada jenis *solute* yang akan di murnikan. Pada proses pemurnian asap cair dengan cara adsorpsi dilakukan dengan menggunakan adsorben berupa zeolit aktif dan arang aktif untuk memisahkan senyawa-senyawa yang tidak diinginkan dan untuk menjernihkan warna dari asap cair (Ginting, 2008).

### 2.6.3 Pemurnian Asap Cair dengan Adsorpsi Zeolit Aktif

Proses pemurnian asap cair dengan zeolit aktif bertujuan untuk memperoleh asap cair yang bebas dari senyawa-senyawa yang berbahaya seperti benzo(a)pirena (Adhitya dkk, 2015). Zeolit mempunyai kapasitas tukar kation (KTK) selektif yang tinggi yang membuatnya cocok untuk pemakaian yang beragam dalam menghilangkan zat pengotor. Daya serap zeolit tergantung dari jumlah ruang kosong dan luas permukaan. Distribusi dari muatan yang tidak lazim didalam rongga yang sudah didehidrasi menyebabkan beberapa bahan dengan dua kutub (dipole) akan dapat diserap. Apabila ada dua molekul atau lebih yang melintasi saluran rongga, tetapi karena adanya pengaruh kutub atau hubungan antara molekul-molekul zeolit itu sendiri dengan zat-zat yang diserap, maka hanya satu buah saja yang diloloskan sedang yang lain ditahan atau ditolak (Zuzzman dkk., 1985).

Zeolit tersebut akan lebih baik daya serapnya apabila diaktifkan. Pengaktifan zeolit dimaksudkan sebagai suatu usaha untuk memodifikasi keadaan pada struktur kerangka atau non kerangka zeolit sehingga diperoleh sifat-fisika- kimia zeolit yang diinginkan. Pada

zeolit alam, pengaktifan memberikan efek pencucian atau penghilangan komponen pengotor (impurities) dari mineral zeolit. Pengaruh pengaktifan zeolit, yaitu dapat memurnikan zeolit dari komponen pengotor, menghilangkan jenis kation logam tertentu dan molekul air yang terdapat dalam rongga, atau memperbesar volume pori, sehingga memiliki kapasitas yang lebih tinggi. Oleh sebab itu zeolit alam perlu diaktifkan terlebih dahulu sebelum digunakan, untuk mempertinggi daya kerjanya.

#### **2.6.4 Pemurnian Asap Cair dengan Adsorpsi Arang Aktif**

Proses pemurnian asap cair dengan adsorpsi arang aktif bertujuan untuk mendapatkan filtrat asap cair dengan bau asap yang ringan dan tidak menyengat serta warna yang lebih jernih (Adhitya dkk, 2015). Arang merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85% - 95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi.

Arang selain digunakan sebagai bahan bakar, juga dapat digunakan sebagai adsorben (penyerap). Daya serap ditentukan oleh luas permukaan partikel dan kemampuan ini dapat menjadi lebih tinggi jika terhadap arang tersebut dilakukan aktifasi dengan aktif faktor bahan-bahan kimia ataupun dengan pemanasan pada temperatur tinggi. Dengan demikian, arang akan mengalami perubahan sifat-sifat fisika dan kimia. Arang yang demikian disebut sebagai arang aktif. Daya serap arang aktif sangat besar, yaitu 25% - 100% terhadap berat arang aktif. Arang aktif dibagi atas 2 tipe, yaitu arang aktif sebagai pemucat dan sebagai penyerap uap. Arang aktif sebagai pemucat, biasanya berbentuk powder yang sangat halus, diameter pori mencapai  $1000 \text{ \AA}^0$ , digunakan dalam fase cair, berfungsi untuk memindahkan zat-zat pengganggu yang menyebabkan warna dan bau yang tidak diharapkan, membebaskan pelarut dari zat-zat pengganggu (Oyo dkk., 2001).