

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Ampas Tebu**

Ampas tebu adalah bahan sisa berserat dari batang tebu yang telah mengalami ekstraksi niranya pada industri pengolahan gula pasir. Ampas tebu juga dapat dikatakan sebagai produk pendamping, karena ampas tebu sebagian besar dipakai langsung oleh pabrik gula sebagai bahan bakar ketel untuk menghasilkan energi yang diperlukan selama proses produksi pembuatan gula, yaitu sekitar 10,2 juta ton per tahun (97,4% produksi ampas).<sup>[7]</sup> Ampas tebu merupakan sisa dari bagian batang tebu dalam proses ekstraksi tebu yang memiliki kadar air berkisar 46–52%, kadar serat 43–52% dan padatan terlarut sekitar 2–6%.<sup>[2]</sup>

Berdasarkan data dari Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI), ampas tebu yang dihasilkan sebanyak 32% dari berat tebu yang digiling. Dari jumlah tersebut, 60%-nya digunakan untuk bahan bakar ketel. Selain dimanfaatkan sebagai bahan bakar pabrik, dapat juga dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk serat dan partikel untuk papan, plastik dan kertas serta media untuk budidaya pertumbuhan jamur merang.<sup>[1]</sup> Selain itu, ampas tebu juga dapat dimanfaatkan untuk pembuatan etanol dan bahan penyerap (adsorben) zat warna.<sup>[8]</sup>

#### **2.2 Abu Ampas Tebu**

Abu ampas tebu adalah abu yang diperoleh dari ampas tebu yang telah diperas niranya dan telah melalui proses pembakaran pada ketel-ketel uap di mana ampas tebu ini digunakan sebagai bahan bakar pada ketel uap. Ketel uap merupakan sumber pembangkit tenaga untuk menggerakkan alat penggilingan tebu. Abu ampas tebu merupakan abu sisa pembakaran ampas tebu.

Abu ampas tebu yang dihasilkan harus dibakar kembali dengan suhu pembakaran lebih dari 600 °C sehingga abu ampas tebu mengalami perubahan warna dari yang semula berwarna hitam karena masih mengandung karbon berubah warna menjadi abu-abu di mana dalam keadaan ini abu ampas tebu memiliki kandungan silikat yang cukup tinggi.

Pembakaran ampas tebu akan menghasilkan abu ampas tebu yang memiliki kandungan senyawa silika (SiO<sub>2</sub>). Abu ampas tebu memiliki kandungan SiO<sub>2</sub> yang cukup besar yaitu 50,36% sehingga abu ampas tebu berpotensi sebagai bahan baku pembuatan

silika gel. Komposisi kimia dari abu ampas tebu terdiri dari beberapa senyawa yang dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.<sup>[3]</sup>

**Tabel 2.1** Kandungan Kimia Abu Ampas Tebu

Senyawa Kimia	Jumlah (%)
SiO <sub>2</sub>	50,36
K <sub>2</sub> O	19,34
CaO	8,81
TiO <sub>2</sub>	0,26
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,51
MnO	0,68
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,78
CuO	0,15
ZnO	0,15

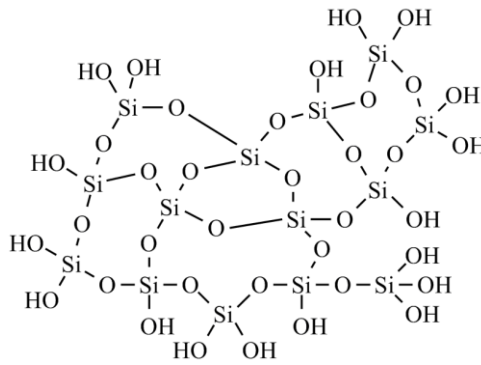
Berdasarkan kandungan silika (SiO<sub>2</sub>) dan ferrit (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) yang cukup tinggi, abu ampas tebu juga dapat digunakan sebagai bahan tambah pada pembuatan beton mutu tinggi, batako ringan dan *pozzolan* (bersifat semen).<sup>[9]</sup>

### 2.3 Silika Gel

Silika gel terdiri atas silika dioksida (SiO<sub>2</sub>) dengan rumus SiO<sub>2</sub>.xH<sub>2</sub>O. Silika gel merupakan bentuk silika yang berbentuk koloid dan mempunyai banyak pori halus yang menyebabkan permukaannya luas. Silika gel adalah salah satu padatan anorganik yang dapat digunakan untuk keperluan adsorpsi. Selain untuk keperluan adsorpsi, silika gel juga dapat digunakan sebagai adsorben pada senyawa polar, desikan, bahan katalisator, bahan tambahan untuk pembuatan keramik, pengisi kolom pada alat kromatografi, dan isolator.<sup>[10]</sup>

Silika gel yang digunakan sebagai penyerap uap air (*desiccant*) biasanya dijual dalam kemasan kecil (*sachet*) yang dimasukkan ke dalam kemasan alat-alat elektronik, bahan makanan, obat-obatan atau barang-barang lain, yang bertujuan untuk mencegah barang-barang tersebut berkarat atau rusak karena udara lembab.<sup>[11]</sup>

Matriks dan partikel silika gel primer adalah inti yang terdiri dari atom silikon yang terikat bersama silikon lain oleh adanya atom oksigen dengan ikatan siloksan (Si–O–Si) sehingga pada permukaan tiap partikel primer terdapat gugus –OH yang tidak terkondensasi yang berasal dari monomer asam silikat. Gugus –OH yang kemudian dikenal dengan gugus silanol inilah yang memberikan sifat polar pada silika gel dan merupakan sisi aktif silika gel. Silika gel mempunyai keaktifan adsorpsi pada permukaannya.<sup>[12]</sup> Struktur silika gel dapat dilihat pada Gambar 2.1.



**Gambar 2.1** Struktur silika gel

Sifat silika gel ditentukan oleh orientasi dari ujung tempat gugus hidroksil berkombinasi. Kemampuan adsorpsi silika gel ternyata tidak sebanding dengan jumlah gugus silanol dan siloksan yang ada pada permukaan silika gel, namun tergantung pada distribusi gugus  $-OH$  per satuan luas adsorben.<sup>[11]</sup> Silika gel dapat digolongkan menjadi tiga, yaitu:<sup>[13]</sup>

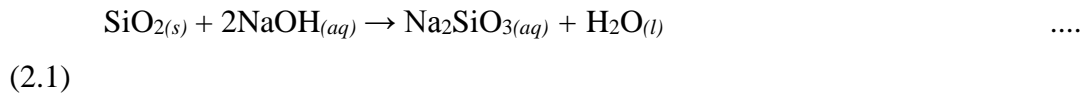
1. Akuagel, merupakan silika gel yang pori-porinya terisi oleh air.
2. Xerogel atau silika kering, merupakan silika gel kering yang dihasilkan dengan mengeringkan fase cair dalam pori-pori melalui proses evaporasi.
3. Aerogel, merupakan silika gel yang dihasilkan dengan mengeringkan fase cair dalam pori-pori melalui proses ekstraksi superkritikal.

Silika gel pertama kali dikenal dalam bentuk hidrogel. Silika gel dapat diperoleh melalui dialisis sol silika yang dihasilkan melalui pencampuran larutan natrium silikat dan larutan asam. Silika amorf yang bereaksi dengan basa dalam jumlah berlebih akan membentuk suatu cairan, dan penambahan asam secara kuantitatif akan mengendapkan silika dari larutan tersebut.<sup>[14]</sup>

Silika gel merupakan suatu bentuk dari silika yang dihasilkan melalui penggumpalan sol natrium silikat ( $Na_2SiO_3$ ). Sol mirip agar-agar ini dapat didehidrasi sehingga berubah menjadi padatan atau butiran mirip kaca yang bersifat tidak elastis. Sifat ini menjadikan silika gel dimanfaatkan sebagai zat penyerap, pengering dan penopang katalis. Pembuatan silika gel dapat dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu:<sup>[13]</sup>

1. Pembentukan natrium silikat ( $Na_2SiO_3$ ) dari reaksi  $SiO_2$  dengan  $NaOH$ .
2. Reaksi pembentukan silika hidrosol dari reaksi antara  $Na_2SiO_3$  dengan asam.
3. Reaksi pembentukan silika hidrosol, yaitu polimerisasi asam silikat.
4. Pemanasan silika hidrogel menjadi silika gel.

Dari reaksi silika dengan natrium hidroksida akan dihasilkan natrium silikat yang larut dalam air, oleh karena itu dikenal dengan nama dagang *water glass*, reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Pengasaman terhadap larutan natrium silikat akan membentuk silika hidrosol yang apabila didiamkan akan membentuk hidrogel. Pemanasan pada suhu 100°C mengakibatkan dehidrasi pada hidrogel dan terbentuklah silika gel ( $\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ) dengan kandungan air yang bervariasi.<sup>[11]</sup>

## 2.4 Proses Sol-Gel

Sol merupakan suatu partikel halus yang terdispersi dalam suatu fasa cair membentuk koloid, sedangkan gel merupakan padatan yang tersusun dari fasa cair dan padat dimana kedua fasa tersebut saling terdispersi dan memiliki struktur jaringan internal. Proses sol-gel sendiri didefinisikan sebagai proses pembentukan senyawa anorganik melalui reaksi kimia dalam larutan pada suhu rendah di mana dalam proses tersebut terjadi perubahan fasa dari suspensi koloid (sol) membentuk fasa cair kontinu (gel).<sup>[15]</sup> Metode sol-gel sendiri meliputi beberapa tahap, yaitu:

### 1. Hidrolisis

Pada tahap pertama, logam prekursor (alkoksida) yang dilarutkan ke dalam alkohol akan terhidrolisis dengan penambahan air pada kondisi asam, netral atau basa dan menghasilkan sol koloid. Pada tahap hidrolisis, ligan ( $-\text{OR}$ ) akan digantikan dengan gugus hidroksil ( $-\text{OH}$ ) dengan persamaan reaksi sebagai berikut:

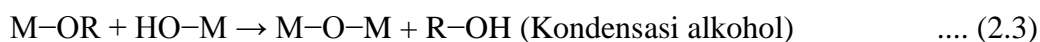


Faktor yang sangat berpengaruh terhadap proses hidrolisis adalah rasio air/prekursor dan jenis katalis hidrolisis yang digunakan. Peningkatan rasio pelarut/prekursor akan meningkatkan reaksi hidrolisis yang mengakibatkan reaksi berlangsung cepat sehingga waktu gelasi lebih cepat.

Katalis yang digunakan pada proses hidrolisis adalah jenis katalis asam atau katalis basa, namun proses hidrolisis juga dapat berlangsung tanpa menggunakan katalis. Dengan adanya katalis maka proses hidrolisis akan berlangsung lebih cepat dan konversi menjadi lebih tinggi.

## 2. Kondensasi

Pada tahap ini, merupakan proses transisi dari sol menjadi gel. Reaksi kondensasi yang melibatkan ligan hidroksil untuk menghasilkan polimer dengan ikatan MO-M. Pada beberapa kasus, reaksi ini juga menghasilkan produk samping berupa air atau alkohol. Persamaan reaksi yang terjadi pada tahap ini adalah:



Dimana R adalah gugus alkil,  $C_xH_{2x+1}$ . Reaksi hidrolisis akan menggantikan kelompok alkoksida (OR) dengan gugus hidroksil (OH). Kemudian, reaksi kondensasi melibatkan kelompok M-OH akan menghasilkan ikatan M-O-M ditambah dengan produk alkohol (R-OH) (pers. 2.3) atau air (H<sub>2</sub>O) (pers. 2.4). Pada kondisi tertentu, reaksi kondensasi dimulai (pers. 2.3 dan 2.4) sebelum reaksi hidrolisis (pers. 2.2) sempurna. Karena air dan alkoksida logam yang bercampur merupakan pelarut bersama seperti alkohol yang biasanya digunakan sebagai agen homogenisasi. Namun, gel dapat dibuat dari campuran air alkoksida logam tanpa menambahkan pelarut, karena alkohol yang dihasilkan sebagai produk dari reaksi hidrolisis cukup untuk menghomogenkan pada tahap awal sistem pemisahan. Perlu dicatat bahwa alkohol bukan hanya pelarut.

## 3. Pematangan (*Aging*)

Setelah reaksi hidrolisis dan kondensasi, dilanjutkan dengan proses pematangan gel yang terbentuk. Proses ini lebih dikenal dengan nama proses pematangan (*aging*). Pada proses pematangan ini, terjadi reaksi pembentukan jaringan gel yang lebih kaku, kuat dan menyusut di dalam larutan.

## 4. Pengeringan

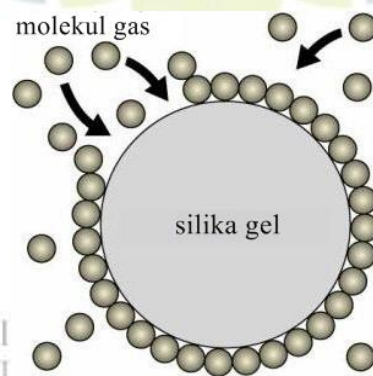
Tahap terakhir pada proses sol-gel adalah proses penguapan larutan dan cairan yang tidak diinginkan. Pada tahap ini bertujuan untuk mendapatkan struktur sol-gel yang memiliki luas permukaan yang tinggi. Pada tahap ini biasanya dapat dilakukan pada suhu di atas 100 °C yang bertujuan untuk menguapkan sisa-sisa atom karbon dan hidrat.<sup>[16]</sup>

## 2.5 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.<sup>[11]</sup>

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 di dalam adsorben.

Silika gel banyak digunakan sebagai adsorben maupun padatan pendukung pada pembuatan adsorben. Hal ini tidak terlepas dari sifat silika gel yang memiliki sisi aktif pada permukaan, seperti adanya gugus silanol, siloksan, dan struktur mikropori yang memberikan luas permukaan yang besar. Kelebihan dari silika gel adalah sebagai adsorpsi uap air (*desiccant*) yang terjadi secara fisik yaitu melalui pori-pori internalnya. Dalam hal ini tidak ada reaksi kimia, tidak oleh produk yang dihasilkan maupun efek sampingnya. Sehingga, penampilan silika gel ketika jenuh dengan uap air masih sama bentuknya dengan produk kering. Adsorpsi pada silika gel oleh molekul yang menempel pada permukaan adsorben dapat dilihat pada Gambar 2.2.



**Gambar 2.2** Adsorpsi pada permukaan silika gel<sup>[11]</sup>

Molekul air dapat melekat pada permukaan silika gel karena tekanan uap air lebih rendah daripada udara di sekitarnya. Ketika kesetimbangan tekanan tercapai, maka tidak terjadi adsorpsi lagi.<sup>[17]</sup>

## 2.6 FTIR (*Fourier Transform Infra Red*)

Spektroskopi inframerah merupakan instrumen yang digunakan untuk mendeteksi gugus fungsional, mengidentifikasi senyawa, dan menganalisis campuran.<sup>[18]</sup> Spektroskopi inframerah digunakan untuk analisis kualitatif maupun kuantitatif pada suatu senyawa karena spektrum yang unik yang dihasilkan khususnya pada zat organik

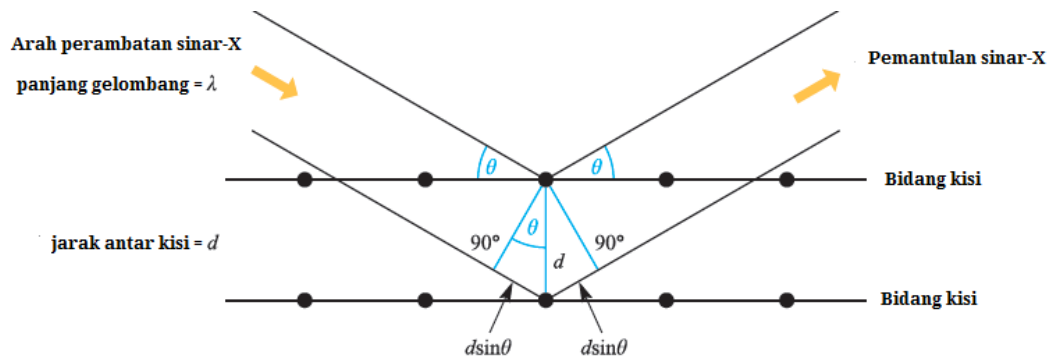
dengan puncak struktural yang berbeda-beda. Selain itu, masing-masing kelompok fungsional menyerap sinar inframerah pada frekuensi yang unik. Daerah radiasi spektroskopi inframerah berkisar pada daerah panjang gelombang 0.75–1.000  $\mu\text{m}$  atau pada bilangan gelombang 12.800–10  $\text{cm}^{-1}$ .<sup>[19]</sup>

Prinsip dasar dari spektroskopi infra merah adalah radiasi inframerah menyebabkan terjadinya vibrasi dan/atau rotasi dalam molekul yang dikenai sinar inframerah. Prinsip kerja dari FTIR yaitu interaksi energi dengan suatu materi. Spektroskopi inframerah berfokus pada radiasi elektromagnetik pada rentang frekuensi 400–4000  $\text{cm}^{-1}$ , dimana  $\text{cm}^{-1}$  yang dikenal sebagai bilangan gelombang (1/panjang gelombang), yang merupakan ukuran unit untuk frekuensi. Untuk menghasilkan spektrum inframerah, radiasi yang mengandung semua frekuensi di wilayah IR dilewatkan melalui sampel. Frekuensi yang diserap akan muncul sebagai penurunan sinyal yang terdeteksi.<sup>[20]</sup> Informasi ini ditampilkan berupa spektrum absorpsi yang dibuat dengan bilangan gelombang pada sumbu X dan persentase transmitan (%T) pada sumbu Y.<sup>[19]</sup>

## 2.7 XRD (*X-Ray Diffraction*)

XRD (*X-ray diffraction*) merupakan instrumen yang digunakan untuk mengidentifikasi bahan kristalit maupun non-kristalit. XRD ini dapat mengidentifikasi struktur kristalit (kualitatif) dan fase (kuantitatif) dengan memanfaatkan radiasi sinar-X. Prinsip dasar dari XRD ini yaitu difraksi sinar-X terjadi pada hamburan elastis foton-foton sinar-X oleh atom dalam sebuah kisi periodik. Hamburan monokromatis sinar-X dalam fase tersebut memberikan interferensi yang konstruktif.<sup>[21]</sup>

Prinsip kerja XRD secara umum adalah sebagai berikut: XRD terdiri dari tiga bagian utama, yaitu tabung sinar-X, tempat objek yang diteliti, dan detektor sinar-X. Sinar-X yang dihasilkan pada tabung sinar-X yang berisi katoda akan memanaskan filamen sehingga menghasilkan elektron. Perbedaan tegangan menyebabkan percepatan elektron pada saat menembaki objek. Ketika elektron mempunyai tingkat energi yang tinggi dan menabrak elektron dalam objek sehingga dihasilkan pancaran sinar-X. Objek dan detektor berputar untuk menangkap dan merekam intensitas refleksi sinar-X. Detektor merekam dan memproses sinyal sinar-X dan mengolahnya dalam bentuk grafik.<sup>[22]</sup> Gelombang-gelombang yang datang pada atom akan dihamburkan oleh bidang-bidang atom yang sejajar, seperti ditunjukkan oleh Gambar 2.3 berikut:



**Gambar 2.3** Proses difraksi sinar-X.<sup>[22]</sup>

Dari penggunaan difraksi sinar-X tersebut, kita akan memperoleh suatu pola difraksi dari bahan yang dianalisis berdasarkan pada persamaan Bragg:

$$n \cdot \lambda = 2 \cdot d \cdot \sin \theta \dots (2.5)$$

dimana:

$n = 1, 2, \dots$  (orde difraksi)

$\lambda$  = Panjang gelombang sinar-X yang digunakan

$\theta$  = Sudut antara sinar datang dengan permukaan kristal

$d$  = Jarak antara kisi

Berdasarkan persamaan Bragg, jika seberkas sinar-X di jatuhkan pada sampel kristal, maka bidang kristal itu akan membiaskan sinar-X yang memiliki panjang gelombang sama dengan jarak antar kisi dalam kristal tersebut. Sinar yang dibiaskan akan ditangkap oleh detektor kemudian diterjemahkan sebagai sebuah puncak difraksi. Makin banyak bidang kristal yang terdapat dalam sampel, makin kuat intensitas pembiasan yang dihasilkannya.

Informasi yang didapatkan dari penggunaan XRD ini adalah diperolehnya suatu pola difraksi dari bahan yang dianalisis. Dari pola tersebut, akan didapatkan beberapa informasi, diantaranya: (1) panjang gelombang sinar-X yang digunakan ( $\lambda$ ); (2) orde pembiasan/kekuatan intensitas ( $n$ ); dan (3) sudut antara sinar datang dengan bidang normal ( $\theta$ ). Tiap puncak yang muncul pada pola XRD mewakili satu bidang kristal yang memiliki orientasi tertentu dalam sumbu tiga dimensi. Selanjutnya tiap puncak-puncak yang didapatkan dari hasil pengukuran dicocokkan dengan standar difraksi sinar-X yang disebut dengan JCPDS (*Joint Committee on Powder Diffraction Standards*).





uin

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
SUNAN GUNUNG DJATI  
BANDUNG