

### III. TINJAUAN PUSTAKA

#### 3.1 Umum

Kelapa sawit sebagai tanaman penghasil minyak kelapa sawit (*crude palm oil*, cpo) menjadi salah satu primadona tanaman perkebunan yang menjadi sumber penghasil devisa non-migas bagi Indonesia. Cerahnya prospek komoditi minyak kelapa sawit dalam perdagangan minyak nabati dunia telah mendorong pemerintah Indonesia untuk meningkatkan perluasan areal perkebunan kelapa sawit. Selama 14 tahun terakhir ini telah terjadi peningkatan luas areal perkebunan kelapa sawit sebesar 2,35 juta ha, yaitu dari 606.780 ha pada tahun 1986 menjadi hampir 3 juta ha pada tahun 1999. Seiring dengan bertambahnya luas perkebunan kelapa sawit, total produksi minyak kelapa sawit Indonesia meningkat tajam, yaitu 1,71 juta ton pada tahun 1988 menjadi 5,38 juta ton 1997.

Setiap satuan massa tandan buah segar mempunyai kandungan minyak sawit sebesar 21%-massa, tandan kosong sawit (TKS) 21%-massa, cangkang 6%-massa, sabut sawit 11%-massa dan *palm kernel cake* 3%-massa (Susanto dan Budhi, 1998; Singh et al., 1990). Dari seluruh limbah padat yang tersebut diatas hanya abu cangkang dan sabut sawit mengandung usur silika yang paling besar  $\pm 74$  %-massa (Saputra dkk, 2004).

Indonesia dalam menghadapi tahun 2005 memproyeksikan produksi minyak sawit kasar (*crude palm oil*, cpo) sebesar 9,9 juta ton. Setiap ton minyak sawit yang dihasilkan akan mengeluarkan limbah padat sebanyak 0,81 ton berarti untuk mencapai produksi minyak sawit sebesar 9,9 juta ton akan didapat juga 8 juta ton limbah padatnya (cangkang dan sabut). Data ini menunjukkan betapa besar limbah padat industri minyak sawit yang dibuang ke lingkungan dan ini

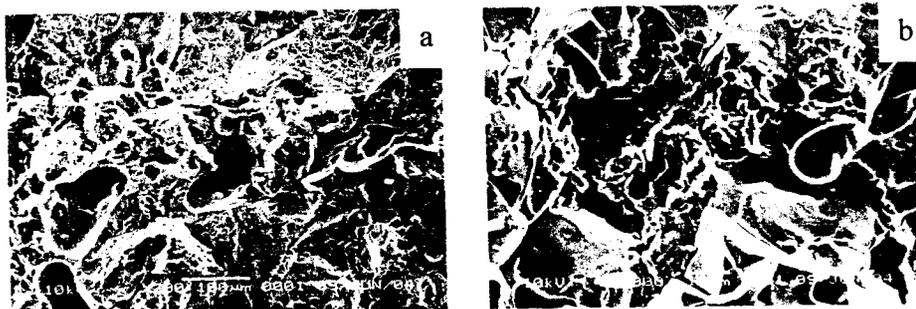
akan meningkat setiap tahunnya sesuai dengan pertumbuhan industri minyak sawit (Susanto dan Budhi, 1997). Untuk menurunkan beban pencemaran dan mengingat besarnya jumlah limbah padat yang dihasilkan maka diperlukan suatu penelitian untuk mengkonversikannya menjadi produk yang bernilai ekonomis yaitu menjadi bahan logam silikon (Si) grade industri (*industrial grade silicone*) yang sangat potensial untuk membuat bahan-bahan kimia berbasis silikon.

### 3.1.1 Silika

Silika adalah nama lain dari  $\text{SiO}_2$  (silika dioksida), silika merupakan material yang menyusun 28 % kerak bumi yang terdapat baik dalam mineral silika maupun sebagai pasir kwarsa (UI-Press, 1989). Silika terbagi dalam beberapa jenis, yaitu :

1. *Crystalline Silica* seperti *Quartz* dan *Tridimite*.
2. *Cryptocrystalline Silica* seperti batu akik dan batu api.
3. *Amorphous Silica* seperti mata kucing.

Tetapi pada umumnya hanya *Crystalline Silica* dan *Amorphous Silica* yang mudah ditemukan di alam (Kirk-Othmer, 1982).



Gb 1. SEM morfologi dari Silika Amorphous limbah abu sawit  
a). perbesaran 100x ; b). perbesaran 1000x

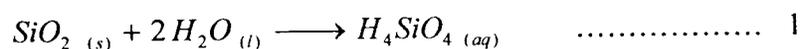
*Silica* yang berbentuk *amorphous* secara mineralogi lebih menguntungkan dibanding dengan *silica* yang berbentuk *crystalline* ataupun *cryptocrystalline* karena bersifat lebih reaktif (mudah bereaksi) dan tidak membutuhkan energi proses yang besar.

Kelarutan silika *amorphous* pada air tidak jauh berbeda dengan kelarutan pada larutan garam. Silika *amorphous* tidak larut dalam metanol, kelarutan silika juga berkurang dengan adanya pengotor (Al dan Fe).



Gb 2. Bentuk *Silica Crystalline*

Pencucian dengan asam telah digunakan untuk penghilangan logar pengotor (Saputra dkk, 2004; Sumardi dkk, 1999; Sulistiyo, 1997; Hench and West, 1992 ), tetapi proses tersebut sangat sulit sekali mendapatkan kandungan silika yang mempunyai kemurnian yang tinggi karena adanya logam seperti Al, Fe. Silika *amorph* larut dalam air sesuai dengan persamaan berikut:



$\text{H}_4\text{SiO}_4 (aq)$  dapat juga dinyatakan sebagai  $\text{Si}(\text{OH})_4 (aq)$  atau  $\text{H}_2\text{SiO}_3 (aq)$ .  
 Kelarutan silika *amorphous* di dalam air pada suhu 25 °C yaitu 80-120



Menurut tifynya silika gel dapat dikelompokkan dalam tiga tipe, yaitu: jenis pertama adalah *regular-density*, gel dibuat dengan pencampuran di media asam, hasil dari cara tersebut dapat memberikan diameter silika gel yang sangat kecil dengan luas permukaan yang sangat besar (750-800 m<sup>2</sup>/g). Rata-rata diameter 2,2-2,6 nm dan memiliki volume 0,37-0,4 ml/g. Jenis kedua adalah *intermediate-density gel*, tipe ini memiliki luas permukaan 300-350 m<sup>2</sup>/g dan volume 0,9-1,1 ml/g, memiliki diameter rata-rata 12-16 nm dan partikel lebih besar dibanding dengan tipe *regular density gel*. Tipe yang kedua ini sangat baik untuk digunakan pada proses adsorpsi air, bentuknya yang berupa bubuk halus karena ukuran partikel yang kecil dan porositas yang dapat dikontrol. Jenis yang ketiga yaitu *low density gel* yang memiliki luas permukaan antara 100 sampai 200 m<sup>2</sup>/g dan volume 1,4 sampai 2,0 ml/g. Diameter rata-rata adalah 18-22 nm dan partikel lebih besar dibanding dengan *intermediate density gel* (Kirk dan Othmer, 1982).

### 3.1.2 Silikon

Silikon berasal dari bahasa latin *silex*, *silis* yang berarti pasir yang keras, pertama kali diteliti oleh Antonie Lavoisier pada tahun 1787, dan dilanjutkan oleh Humphry Davy pada tahun 1800. Pada tahun 1811 Gay Lussac dan Tenard mencoba memperoleh silikon amorphous murni dengan memanaskan kalium dengan silika tetraflorida. Kemudian pada tahun 1824 Berzelius mencoba memperoleh silikon dengan menggunakan metode Gay Lussac. Berzelius juga memurnikan hasil dengan mengulangi pencuciannya.

Unsur silikon sebagai penyusun senyawa silika sangat sulit ditemukan dalam keadaan alami. Dimana silikon terdapat sebagian besar dalam bentuk oksida dan silikat. Pasir, batuan ungu (amethyst), batu akik, batu kristal, pasir yang keras (flint), jasper, dan opal adalah sebagian bentuk dari oksida. *Granite, asbestos, feldspar, clay, hornblende*, dan mika adalah sedikit dari sekian banyak mineral silika. Berdasarkan berat, sekitar 25.7% lapisan kulit bumi tersusun atas silika.

Dalam bentuk kristalnya, silikon memiliki permukaan yang mengkilat dan berwarna abu-abu. Walaupun silikon adalah unsur yang sukar untuk beraksi (inert element), tapi silikon masih dapat bereaksi dengan halogen dan larut dalam alkali, tapi sebagian besar asam (kecuali untuk kombinasi asam nitrat dan asam hydrofluoric) tidak berpengaruh terhadap silikon.

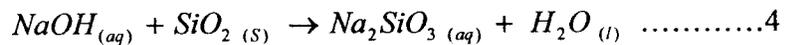
### **3.2 Proses Pembuatan *Industrial Grade Silicon***

Pada tahapan yang akan dilakukan dalam pembuatan silikon (Si) grade industri dari limbah abu cangkang dan sabut sawit terbagi dalam tiga tahapan proses, yaitu proses ekstraksi silika yang terkandung pada abu, proses pembuatan sol atau gel untuk mendapatkan silika dan proses reduksi silika dengan reduktor logam.

#### **3.2.1 Tahapan proses ekstraksi silika**

Cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan silika dengan kemurnian yang cukup tinggi yaitu mengekstraksi silika yang terkandung pada abu dengan larutan NaOH, karena pada proses tersebut dapat menghasilkan silika dengan kemurnian diatas 98 % (Saputra dkk, 2004; Cahyo, 2003; Daryanto, 2003; deSouza dkk, 2002) dibandingkan dengan cara ekstraksi logam impuritis yang terkandung pada abu dengan

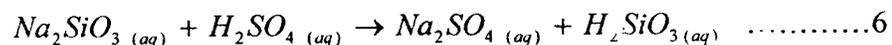
menggunakan larutan asam (Saputra, 2004; Sulistiyo, 1997; Henc dan West, 1978). Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Jika natrium silikat kemudian direaksikan dengan asam klorida, maka akan terjadi reaksi sebagai berikut:



Jika natrium silikat kemudian direaksikan dengan asam sulfat, maka akan terjadi reaksi sebagai berikut:



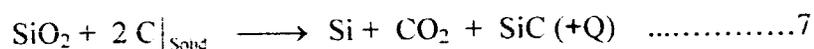
Pada tahapan pertama ini akan digunakan metode yang dikembangkan oleh Saputra dkk. 2004; Cahyo, 2003; Daryanto, 2003; deSouza dkk. 2002.

### 3.2.2 Tahapan proses pembuatan sol atau gel

Asam silika yang terbentuk berupa gel atau sol (tergantung dari pH pengendapan) dapat diambil sebagai padatan dengan kemurnian tinggi berupa senyawa  $SiO_2$  dengan cara filtrasi dan pencucian yang dilanjutkan dengan pengeringan. Menurut Cahyo dan Daryanto, 2003, pada proses pembuatan sol atau gel dengan menggunakan asam sulfat produk silika yang didapat agak kecoklat-coklatan, dikarenakan kandungan senyawa Fe dalam asam sulfat (Cahyo, 2003; Daryanto, 2003), walaupun kandungannya amat kecil tapi pada proses pengeringan mengalami oksidasi dan menyebabkan warnanya agak kecoklatan, berbeda dengan menggunakan asam klorida dimana produk silika yang didapat berwarna putih. Pada tahapan kedua ini akan digunakan metode yang dikembangkan oleh Cahyo, 2003; Daryanto, 2003.

### 3.2.3 Tahapan proses reduksi silika dengan reduktor logam

Secara konvensional, pembuatan logam silikon grade elektronik ataupun grade industri dengan mereduksi *silica containing material* dengan karbon (C) (Sumardi, 1999; Chemlink.com.au). proses reduksi ini dikenal dengan *carbo thermal reduction*. Suhu reduksi yang diperlukan yaitu 1300 °C. Reaksinya dapat dituliskan sebagai berikut :

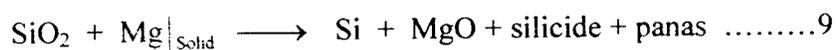


Untuk memurnikan hasil, diperlukan kebutuhan larutan asam yang lebih besar karena adanya unsur karbida dalam hasil (Sumardi, 1999).



Proses reaksi tersebut sangat dipengaruhi oleh karbon. Untuk mendapatkan silikon yang baik memerlukan carbon dengan kemurnian yang tinggi (Chemlink.com.au).

Reduksi dengan menggunakan reduktor magnesium (Mg) dan aluminium (Al). suhu reduksi yang dibutuhkan cukup rendah, 800 °C. Sedangkan pada umumnya untuk SiO<sub>2</sub> kristalin suhu reduksi yang diperlukan sampai 1300 °C, Rajiv dan Dindaw (1978) (Sumardi dkk. 1998) . Hasil akhir reduksi ini selain logam silikon (Si) juga senyawa silicide (MgSi), aluminium silicide (Al<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>) dan juga ferisilicide (Fe<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>). Reduksi dilakukan di dalam *electrical furnace* dan selama proses berlangsung kedalam furnace dialiri api kecil (*small flame*). Reaksi yang terjadi dapat ditulis sebagai berikut:



Reaksi berlangsung sangat eksotermis. Pemurnian hasil reduksi dilakukan dengan mencuci zat hasil dengan larutan asam berulang kali.

Sedangkan reduksi dengan logam aluminium dapat ditulis sebagai berikut;



Dalam bentuk unsur (logam), silikon dijumpai dalam *amorphous silicon* dengan bentuk berwarna coklat kehitaman. Pada suhu tinggi teroksidasi oleh udara membentuk  $\text{SiO}_2$  yang menyelimuti bagian luar silikon. Bentuk *graphitoidal silicon* berwarna hitam mengkilat tidak mudah teroksidasi dan sulit larut dalam asam kuat. Bentuk ketiga adalah bentuk *crystalline silicon*, berupa kristal halus berwarna keabu-abuan, kurang reaktif dibandingkan bentuk amorph dan sulit larut dalam campuran asam kuat kecuali HF.

*Industrial grade silicon* adalah unsur silikon (Si) dengan kandungan impurities lebih besar dan memiliki bentuk powder yang *amorphous*, karena pada umumnya unsur ini sebagai bahan baku untuk membuat senyawa kimia berbasis silikon. Lain halnya dengan *electronik grade silicon* yang kandungan impuritiesnya sangat kecil. Pada tahapan ketiga ini akan digunakan metode yang dikembangkan oleh Sumardi dkk, 1998.