

### BAB III

## TINJAUAN PUSTAKA

Sisa-sisa hasil industri minyak sawit berupa cangkang dan sabut sawit yang jumlahnya sangat banyak hanya digunakan sebagai bahan bakar pada boiler untuk menghasilkan kukus yang selanjutnya dikonversikan menjadi energi mekanik dan energi panas. Sisa pembakaran yang berupa abu (*fly ash*) dibuang kelingkungan dan tidak banyak dimanfaatkan. Kandungan silika yang terdapat pada abu cangkang dan sabut sawit umumnya berupa senyawa silika yang terikat dalam selulosa dalam bentuk *cellulosa-silica* (Sumardi, 1998). Pada saat pembakaran, selulosa terbakar memberikan kalor dan senyawa hasil pembakaran berupa abu pembakaran yang mengandung unsur karbon atau jelaga dan senyawa hasil pirolisisnya berupa silika. Hasil analisa kimia menunjukkan bahwa komposisi abu cangkang dan sabut sawit yang terbanyak adalah silika ( $\text{SiO}_2$ ) (Saputra dkk, 2004d; Graille dkk, 1985).

Secara konvensional untuk mendapatkan silika presipitasi/*Industrial Grade Silica* (IGS) dengan memanfaatkan pasir kwarsa telah dilakukan sejak lama. Dalam proses pengolahannya membutuhkan temperatur yang cukup *extreme* ( $>1500\text{ }^\circ\text{C}$ ) (Dowcorning.com; The OxyChem; ima-eu.org/eurosil.html) dan IGS yang dihasilkan berbentuk kristalin.

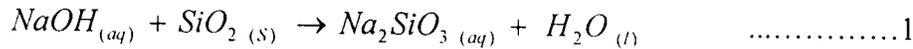
Beberapa peneliti telah mencoba mencari bahan baku baru untuk memproduksi IGS yaitu dengan menggunakan *biomass*, guna mengurangi penggunaan energi yang cukup besar. IGS yang berasal dari biomassa bersifat *amorphous* dan lebih reaktif, hal ini telah dibuktikan oleh Rajiv Singh dan Dindaw (Sumardi dkk, 1999) dalam mereduksi IGS untuk pembuatan sel surya. Suhu reduksi yang dibutuhkan cukup rendah,  $800\text{ }^\circ\text{C}$ , sedangkan pada umumnya untuk IGS dalam bentuk kristalin membutuhkan suhu reduksi  $1300\text{ }^\circ\text{C}$ .

Route yang cukup sederhana untuk mendapatkan IGS dengan melakukan ekstraksi logam *impurities* yang terkandung pada abu *biomass* menggunakan larutan asam pekat (Saputra dkk, 2004e; Henc and West, 1978; Sulistiyo, 1997). Tetapi proses tersebut sangat sulit sekali mendapatkan IGS dengan kemurnian diatas 98 %, ini dikarenakan adanya logam Al dan Fe yang sukar larut (Saputra dkk, 2005f; Cahyo, 2003; Daryanto, 2003). Cara lain yang cukup efisien untuk mendapatkan IGS yang memiliki SSA yang cukup tinggi yaitu dengan cara *microbiological degradation* dikarenakan proses tersebut tanpa melalui kalsinasi, tetapi membutuhkan waktu yang cukup lama (Zhang dkk, 1999; Rohatagi dkk, 1987)

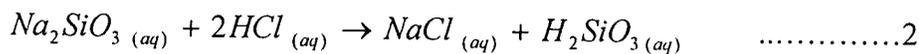
Menurut Saputra dkk (2005e) permasalahan yang paling mendasar yaitu bagaimana mengurangi logam pengotor yang memiliki fraksi yang cukup besar pada abu sawit. Logam pengotor ini pada proses *sintering* yang cukup lama akan dapat menyebabkan pembentukan IGS dalam *phase glass (phase crystal)* dan juga dapat menurunkan SSA (Hanna dkk, 1984). Disamping itu abu sawit juga mengandung logam potasium cukup besar yang dapat dimanfaatkan untuk memproduksi *potassium chloride* (KCl) dan *potassium hydroxide* (KOH) atau sebagai zat aditif pada industri bata (Saputra dkk, 2004a; Tatang, 2002; Utama dan Sunarno, 2003).

Untuk menghindari terjadinya proses pembentukan IGS dalam *phase glass*, *biomass* sebelum digunakan sebagai bahan baku pada *thermoelectric plants* (gasifikasi) harus direbus dengan larutan asam organik pada titik didihnya dalam beberapa jam (Amick, 1982 dan Real dkk, 1996), ini dapat mengurangi logam pengotor dalam jumlah yang besar dan dapat menghasilkan IGS yang memiliki SSA  $250 \text{ m}^2/\text{g}$  yang berdiameter 10nm. Cara tersebut dapat memproduksi IGS yang berukuran nano dengan biaya produksi yang murah (Brazilian Patent, 1999). *Biomass* yang digunakan oleh deSouza, Amick dan Real berupa sekam padi, sedangkan limbah padat industri sawit berupa cangkang memiliki permukaan yang keras sehingga proses diatas tidak cocok untuk diterapkan pada industri sawit.

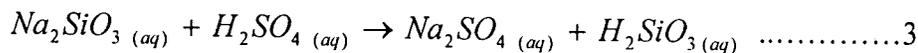
Pembuatan silika presipitasi/IGS dapat dilakukan dengan terlebih dahulu mengekstraksi limbah padat industri sawit menggunakan solven *sodium hydroxide* (NaOH) (Saputra dkk, 2005c). Reaksinya dapat ditulis sebagai berikut:



Reaksi tersebut ternyata dipengaruhi oleh suhu, pengadukan dan konsentrasi solven (Saputra dkk, 2005c; Ali dan Yi, 1968; Tarigan dan Husni, 1986; Sitompul dkk, 1999). Sodium silikat ( $Na_2SiO_3$ ) hasil ekstraksi diatas kemudian direaksikan dengan asam clorida (HCl) atau asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) proses tersebut lebih dikenal dengan sol/gel (Bringker dan Schere, 1990). Reaksinya dapat ditulis sebagai berikut:



dan



Asam silika ( $H_2SiO_3$ ) yang terbentuk berupa sol atau gel (tergantung dari pH pengendapan) dapat diambil sebagai padatan dengan kemurnian tinggi berupa IGS dengan cara filtrasi dan pencucian yang dilanjutkan dengan pengeringan. Menurut Cahyo (2003) dan Daryanto (2003), pada proses pembuatan sol atau gel dengan menggunakan asam sulfat akan menghasilkan IGS yang berwarna agak coklat, ini disebabkan kandungan senyawa Fe dalam asam sulfat. Walaupun konsentrasi Fe amat kecil tetapi pada proses pengeringan akan mengalami oksidasi dan menyebabkan warnanya agak kecoklatan, berbeda dengan menggunakan asam klorida dimana produk IGS yang didapat berwarna putih.

Pada proses pembuatan sol/gel berbeda. Untuk sol pH larutan antara 8-10, sedangkan untuk gel pH antara 2-7. Sol lebih stabil daripada gel, stabilitas sol yang terbentuk tidak membentuk gel, berisi 50 % lebih IGS dan partikel berukuran 300 nm. Stabilitas sol terjadi pada pH 7-11, pada pH 4-7 sol akan

terjadi penggumpalan dengan cepat (*rapid aggregation*), pada pH yang rendah (< 4) sol yang terbentuk akan menjadi *metastable* dan membentuk gel (Iler, 1979). Pembentukan gel dipengaruhi juga oleh suhu, semakin meningkatnya suhu pembentukan gel semakin cepat (Kirk dan Othmer, 1982).

Secara umum prinsip pertumbuhan gel/sol dimulai saat kondisi supersaturasi tercapai, dan variabel yang berpengaruh, yaitu: pengadukan, suhu dan pH. Pengadukan yang tinggi dapat meningkatkan kemungkinan terjadinya tumbukan yang menyebabkan terjadinya inti baru (Genck dan Larson, 1972). Penurunan kecepatan pertumbuhan molekul sol/gel pada tingkat pengadukan yang lebih tinggi disebabkan oleh terjadinya nukleasi sekunder. Nukleasi sekunder ini akan mengalami kenaikan dengan meningkatkannya pengadukan, dengan kecepatan nukleasi yang meningkat akan menurunkan supersaturasi, hal ini akan menyebabkan penurunan kecepatan pertumbuhan pada bilangan Reynold yang tinggi, sehingga operasi yang baik yaitu pada kecepatan pertumbuhan molekul padatan tertinggi, ini terjadi pada kecepatan pengadukan yang hanya cukup memberikan suspensi yang baik (Genck dan Larson, 1972).

Untuk pengaruh suhu, menurut Genck dan Larson (1972) kecepatan pertumbuhan molekul so/gel naik dengan meningkatnya suhu tanpa memperhatikan tahanan yang mengontrol. Jika tingkat supersaturasi naik atau cenderung konstan ketika temperatur naik maka pertumbuhan akan naik, sedangkan jika tingkat supersaturasi turun ketika temperatur naik, hasil akhir dari kuantitas pertumbuhan tergantung pada kenaikan relatif dengan suhu.

Kirk dan Othmer (1982) membagi IGS menjadi tiga tipe, yaitu: *regular-density gel* diproduksi dengan pencampuran dimedia asam dan mempunyai diameter yang sangat kecil dan memiliki SSA yang sangat tinggi (750-800 m<sup>2</sup>/g) atau memiliki ukuran nano yaitu 2,2-2,6 nm. Jenis yang kedua adalah *intermediate-density gel* yang mempunyai ukuran diameter 12-16 nm dan memiliki SSA 300-350 m<sup>2</sup>/g, jenis yang kedua ini sangat cocok untuk proses adsorpsi dikarenakan bentuknya

berupa bubuk halus dan ukuran partikel yang kecil dan porositasnya dapat dikontrol. Jenis ketiga adalah *low density gel* yang memiliki SSA 100-200 m<sup>2</sup>/g.