



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Teori Umum

II.1.1 Silika presipitat

Silika presipitat yang biasa disebut *particulate* silika, terbentuk baik dari fase uap maupun dari presipitasi larutan. Silika presipitat dalam bentuk *powder* atau bubuk memiliki struktur yang lebih terbuka dengan volume pori yang lebih tinggi daripada silika gel dalam bentuk yang sama. Silika dapat dipresipitasi dari larutan natrium silikat dengan menggunakan konsentrasi yang lebih rendah daripada dalam pembuatan gel. Proses presipitasi terjadi dalam beberapa langkah diantaranya adalah nukleasi partikel, pertumbuhan partikel menjadi ukuran yang diinginkan, koagulasi untuk membentuk akumulasi dengan kontrol pH dan konsentrasi ion natrium, serta penguatan kumpulan partikel tanpa nukleasi lebih lanjut. Silika banyak digunakan di industri karena sifat dan morfologinya yang unik.

Tabel II. 1 Sifat Fisika Precipitated Silica

Bentuk	<i>Powder</i>
Warna	Putih
Kelarutan dalam air	0,012 g/100 ml
Kandungan silica	± 99 %
Density	2,634 g/cm ³
<i>Spesific gravity</i>	2

Sumber: (Melinda,2015)



Sifat Kimia :

Silika presipitat memiliki dua gugus fungsi yang berbeda pada permukaanya, yaitu gugus (Si-OH) dan gugus siloxane (Si-O-Si). Kedua gugus fungsi ini mempengaruhi properti pada permukaan sekaligus aplikasi dari silika presipitasi itu sendiri. Suatu permukaan dengan 5-6 gugus silanol per nm², menghasilkan silika presipitasi yang hidrofilik. Sedangkan gugus siloksan bersifat inert secara kimiawi dan kereaktifannya menghasilkan silika presipitasi dengan permukaan yang beragam. Sehingga reaksinya dengan organosilanes atau silikon membuatnya bersifat hidrofobik. Kandungan-kandungan dalam silika presipitasi dapat dianalisa dengan berbagai metode. Kandungan silika dapat diketahui secara gravimetri menggunakan *hydrofluoric acid*, analisa zat pengotor berupa logam dapat dilakukan dengan AAS, sedangkan kandungan sulfat dapat diperoleh dengan titrasi potensiometri. (Okta, 2009)

Tabel II. 2 Standar dan Spesifikasi Precipitated Silica

No	Parameter	Spesifikasi/Limit
1	Karakteristik	Powder dan berwarna putih
2	pH (5% berat/volume)	6,5 – 7,5
3	Moisture content pada suhu 105 C	Maksimum 5 %
4	Kehilangan karena pembakaran pada 900 C, selama 2 jam	Maksimal 10 %
5	Kandungan silika (SiO ₂)	Minimal 98,0 %
6	Ukuran partikel	3 – 6 mikron
7	Water absorption	250 - 300 ml/100 gram
8	Oil absorption	250 - 270 ml/100 gram
9	BET luas permukaan	140 – 170 m ² /gram
10	Spesifik gravity	1,92
11	Bulk density	0,11 – 0,14 gram/ml



Tabel II. 3 Aplikasi Precipitated Silica

Sektor	Sifat dan Alasan Penggunaan
Pasta Gigi	Pembersih abrasif ringan yang memiliki penyerapan fluoride tinggi
Pakan Ternak	Sebagai Pembawa
Kosmetik	Sebagai penyerap dan penebal

(Krishna, 2012)

II.1.2 Kebutuhan Silika

Kebutuhan ekspor – impor silika di Indonesia selama kurun waktu satu tahun Januari hingga Desember 2018. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) Jakarta :

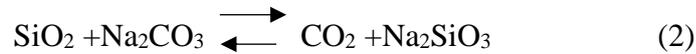
Tabel II. 4 Data Kebutuhan Ekspor-Impor Precipitated Silica

Produk	Impor (Ton)	Impor (Ton)	Ekspor (Ton)	Ekspor (Ton)
	Desember 2018	Jan-Des 2018	Desember 2018	Jan-Des 2018
Silica Powder	3.416.673	40.400.503	351.790	7.958.277

Kebutuhan impor *silica powder* lebih banyak daripada ekspor. Jumlah ini dapat dilihat dari Buletin Statistik yang dikeluarkan oleh Badan Pusat Statistik pada Desember 2018. Pada data tersebut ditunjukkan bahwa impor *silica powder* secara kumulatif dimulai dari periode Januari hingga Desember 2018 adalah 40.400.503 ton sedangkan untuk kebutuhan ekspor *silica powder* pada periode waktu yang sama jumlahnya hanya sedikit yakni 7.958.277 ton. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa Indonesia masih sangat bergantung akan kesediaan *silica powder* dari luar negeri. Oleh sebab itu, perlu adanya upaya untuk mengahailkan *silica powder* dari dalam negeri. (Badan Pusat Statistik,2018)

II.1.3 Waterglass

Waterglass diproduksi dengan cara memanaskan pasir kuarsa dan Na₂CO₃ dalam tungku open hearth (furnace) pada suhu 1400°C menurut reaksi kimia:



II.1.4 Sifat Fisik dan Kegunaan Waterglass

Sifat fisik dan kegunaan waterglass Waterglass atau kaca alkali silikat berupa kristal putih yang bisa larut dalam air (soluble glass) kemudian menghasilkan larutan alkalin. Secara kimia, waterglass merupakan sodium silikat. Banyak jenis sodium silikat yang tersedia antara lain adalah sodium orthosilikat, sodium polisilikat, dan sodium pyrosilikat. Waterglass termasuk salah satu jenis gelas/kaca dari sejumlah jenis gelas. Selain waterglass terdapat kaca berupa silika lebur, kaca soda gamping (soda lime glass), kaca timbal (lead glass), kaca timbal silikat alkali, kaca borosilikat, dan kaca alumina silikat. Waterglass selalu stabil dalam larutan murni dan alkalin. Di larutan asam, ion silikat bereaksi dengan ion hidrogen untuk membentuk asam silikat, apabila dipanaskan dan dibakar akan membentuk silika gel yang keras, bening seperti zat kaca yang dapat menyerap air dengan cepat.

Waterglass selalu stabil dalam larutan murni dan alkalin. Di larutan asam, ion silikat bereaksi dengan ion hidrogen untuk membentuk asam silikat, yang bila dipanaskan dan dibakar akan membentuk silika gel yang keras, bening seperti zat kaca yang dapat menyerap air dengan cepat. Faktor-faktor yang dipengaruhi oleh nilai perbandingan SiO₂ dan Na₂O di dalam waterglass adalah densitas, viskositas dan pH. Natrium oksida dan silikat merupakan komponen dari waterglass, komponen tersebut diperoleh dari pasir silika yang direaksikan dengan natrium hidroksida, menurut reaksi kimia

Tabel II. 5 Komposisi dan Kegunaan berbagai grade sodium silikat

Komposisi (% Berat)					Penggunaan
Grade	SiO ₂	Na ₂ O	Solid	Specific Gravity	
A-60	37-38	18-19	55	1.711	Pelindung atau pelapis kabel listrik
A-58	35-36	17-18	54	1.672	Detergen campuran pembersih kertas



A-50	31-32	11-13	46	1.530	Peroksida bleaching pada tekstil batik pencegah karat pada pipa air dan tempat penyimpanan gas
A-42	23-25	15-17	37	1.420	Detergen
B-58	37-38	16-27	53	1.672	Sabun dan Detergen
B-45	28-29	12-13	40	1.453	Pelapis las, pembersih logam dan elektrolis
C-42	28-30	9-10	36	1.410	Seman keras, semen tahan panas, tahan asam dan semen bangunan
cullet	75.5	24	99.5	2.5	Pelarut adhesive agent pada plywood, pelapis dinding dan box

II.1.5 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pembuatan Waterglass

Faktor-Faktor yang mempengaruhi pembuatan waterglass dengan cara peleburan alkali adalah:

1. Temperatur Peleburan Pada temperatur tinggi umumnya kelarutan juga tinggi. Tetapi dalam beberapa hal temperatur juga dijaga rendah untuk mencegah terjadinya penguapan pelarut dan rusaknya zat terlarut.
2. Waktu Kontak Makin lama waktu kontak antara pelarut dengan campuran, laju perpindahan solut akan makin besar, namun saat mencapai waktu kontak optimum perpindahan solut kedalam pelarut akan terhenti yang berarti telah terjadi kesetimbangan dalam sistem.
3. Jenis Pelarut dan Kadar Pelarut. Pelarut dipilih dengan mempertimbangkan segi ekonomi, viskositas dan tidak beracun. Kadar pelarut harus cukup untuk melarutkan solut sampai tingkat yang diinginkan.
4. Ukuran Partikel Makin kecil ukuran partikel maka makin luas permukaan kontak antara padatan dan pelarut sehingga perpindahan massa juga makin tinggi. Hal tersebut menyebabkan laju peleburan akan makin tinggi.

(Fairuz Sirin, 2009)



II.1.6 Pembentukan Natrium Silika

Penggunaan Natrium hidroksida sebagai pelarut dikarenakan NaOH merupakan pereaksi yang sangat kuat dan cenderung untuk merangkai dan membentuk buih saat dipanaskan karena sifatnya yang mudah menyerap air atau hidroskopis (Johnson dkk. 1991). Selanjutnya larutan Na₂SiO₃ hasil dari reaksi NaOH dan SiO₂ kemudian dikontakkan dengan gas CO₂ dalam suatu kolom berpacking. Tujuan pengontakkan ini adalah untuk menghasilkan silika presipitat dan menurunkan pH sehingga <10. Penurunan pH ini dapat terjadi karena sifat NaOH yang bereaksi dengan gas CO₂. Gas karbon dioksida diinjeksikan ke larutan silika alkali akan menurun derajat keasaman (pH) larutan alkali, larutan alkali yang mengalami penurunan pH akan membentuk silika presipitat. Gas karbondioksida dikenal dengan rumus molekul CO₂ ini merupakan gas yang dapat dijumpai dalam gas-gas alam yang terikut didalam bahan bakar, gas karbon dioksida ini juga dihasilkan dari beberapa industri sebagai produk buangan (limbah buang) seperti industri kapur berbahan kalsium karbonat, industri alkohol. Gas karbon dioksida ini tersedia dalam jumlah yang cukup melimpah di Indonesia dan baru dimanfaatkan dalam jumlah kecil sebagai gas karbon dioksida cair juga gas, sebagai pendingin, pemadam kebakaran, dan lainnya

II.1.7 Pembentukan *precipitated silica* dalam fixed-bed column

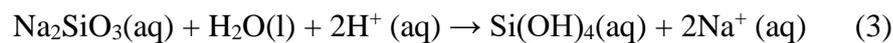
Pada penelitian sebelumnya, produksi *Precipitated Silica* dibuat dari bahan baku abu bagasse dengan pengontakan CO₂. Abu Bagasse dari industri gula dibakar di atas tungku pada suhu 700 C selama 2 jam. Setelah terbakar kemudian didinginkan dan digiling sampai ukuran sekitar 80-100 mesh. Komposisi kimia abu bagas dengan analisis XRF adalah SiO₂: 73%, CaO: 8,63%, K₂O 5,01%. Ekstraksi silika disiapkan dengan ekstraksi abu bagas 80 gr menggunakan 1000ml larutan natrium hidroksida (NaOH) 2 N pada 95 ° C selama 2 jam untuk menghasilkan larutan natrium silikat. larutan natrium silikat dianalisis untuk kandungan natrium oksida (Na₂O) dengan AAS metode dan konten silika (SiO₂) dengan metode Spectrophotometry. Hasilnya menunjukkan natrium itu larutan silikat itu memiliki konsentrasi silika 4,85% dan konsentrasi natrium oksida 4,57%. Larutan natrium



silikat kemudian dilarutkan dengan air demineralisasi dalam kisaran rasio 1: 1; 1: 2; 1: 3; 1: 4; dan 1: 5 memperoleh konsentrasi 0,33; 0,39; 0,49; 0,65 dan 0,98% SiO₂ oleh stoikiometri metode kalkulasi. Konsentrasi silika dalam produk cenderung meningkat dengan peningkatan tinggi *packing*. Morfologi dari endapan silika yang dibuat pada ketinggian bed 30 cm adalah lebih seragam dan bentuknya hampir bulat. Area permukaan endapan silika tercapai 58.811 m²/ g pada kolom alas tetap dengan diameter 7,5 cm, tinggi 15 cm dan tinggi alas 30 cm. (Dewati, 2019)

II.1.8 Pembentukan Silika Gel (Gelation)

Pembuatan silika gel dari natrium silikat teknis secara garis besar terdiri dari empat tahap yaitu pengasaman natrium silikat, pembentukan hidrogel, pencucian dan pengeringan hidrogel menjadi serogel. Asam yang digunakan untuk mengasamkan natrium silikat teknis dalam penelitian ini adalah asam sulfat dengan konsentrasi 1, 3, dan 5 M. Pengeringan silika gel dilakukan pada temperatur 100 °C selama 2 jam. Reaksi yang terjadi pada proses pengasaman adalah:



Proses pengasaman bertujuan untuk membentuk asam silikat yang merupakan monomer dari silika gel. Pembentukan gel terjadi karena atom oksigen dari asam silikat akan menyerang atom silikon dari asam silikat yang lain. Asam silikat bebas dengan cepat akan mengalami polimerisasi dengan asam silikat bebas yang lain akan membentuk dimer, trimer, dan akhirnya membentuk polimer asam silikat. Reaksi polimerisasi asam silikat menurut (Scoot, R. P. W, 1933) dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar II. 1 Reaksi Polimerisasi Asam Silikat

Polimerisasi asam silikat akan terus berlangsung membentuk bola-bola polimer yang disebut sebagai partikel silika primer. Gugus-gugus silanol dari partikel silika primer yang saling berdekatan akan mengalami kondensasi membentuk partikel sekunder dengan ukuran yang relatif lebih besar bila dibandingkan partikel silika primer. Gel yang dihasilkan masih relatif lunak yang disebut alkogel.

II.2 Landasan Teori

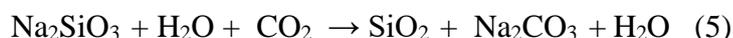
II.2.1 Pembentukan presipitasi Silika

Dalam pembentukan presipitasi silika, digunakan reaksi asidifikasi (penambahan asam). Asidifikasi adalah proses pembentukan atau menjadi asam. Proses asidifikasi digunakan ketika bahan baku yang digunakan bersifat basa. Apabila bahan baku yang digunakan sudah bersifat asam, maka proses asidifikasi tidak diperlukan. Proses perubahan pH ini dilakukan karena silika dapat terbentuk pada pH < 10. (Sumada, 2016)

Reaksi yang terjadi saat ekstraksi menggunakan pelarut NaOH adalah sebagai berikut :



Reaksi Presipitasi Dengan Penambahan Gas Karbon Dioksida (CO₂) adalah sebagai berikut :



II.2.2 Faktor yang mempengaruhi *packed column*

Faktor yang mempengaruhi kinerja penyerapan dalam *packed column* diantaranya:

1. Sifat fisik dari pelarut

Viskositas tidak berpengaruh pada perpindahan massa, tegangan permukaan dapat berpengaruh pada laju reaksi dalam kasus-kasus tertentu. Tegangan permukaan yang lebih rendah mengakibatkan peningkatan kemampuan menyebarkan dan cenderung memaksimalkan area yang efektif dari packing. Hal ini menunjukkan bahwa packing dengan luas permukaan yang lebih tinggi diperkirakan akan mengalami peningkatan yang lebih besar dalam daerah perpindahan massa efektif daripada kemasan dengan luas permukaan yang lebih rendah dalam kondisi tegangan permukaan rendah.

2. Tekanan parsial CO₂ atau total tekanan sistem

Kandungan CO₂ yang lebih tinggi di gas aliran mengakibatkan kekuatan pendorong yang lebih tinggi untuk penyerapan

3. Laju alir Gas CO₂

Semakin tinggi kecepatan gas dalam kolom berpacking, maka semakin lama waktu yang dibutuhkan pelarut untuk terjadinya kontak langsung antara fase cair dan fase gas, sehingga mengakibatkan laju alir cairan menurun.

4. Pemuatan CO₂ Pelarut

Jika jumlah gas CO₂ yang dibawa tinggi, mengakibatkan kekuatan perpindahan massa dari gas ke larutan menjadi kecil.

5. Packing



Packing berperan dalam menciptakan kontak gas-cair selama proses penyerapan CO₂. Umumnya, perpindahan massa volumetrik koefisien meningkat dengan peningkatan luas permukaan. Namun, luas permukaan packing tidak harus menjadi kriteria untuk transfer massa yang lebih tinggi.

(Tan,2012)

Dalam rangka memperluas permukaan kontak antar fase gas-cair digunakan kolom berisi packing (*packed column*).

Pemilihan *packing* dilakukan dengan mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut (Perry and Green, 1984):

1. Memiliki luas permukaan terbasahi tiap unit volume yang besar.
2. Memiliki ruang kosong yang cukup besar sehingga kehilangan tekanan kecil.
3. Karakteristik pembasahan baik.
4. Densitas kecil agar berat kolom keseluruhan kecil.
5. Tahan korosi dan ekonomis.

Beberapa jenis packing yang sering digunakan antara lain rasching ring, intalox saddle, dan pall ring. (Cahyo, 2000)

II.3 Hipotesis

Ukuran packing menentukan volume rongga sedemikian sehingga presipitasi silika dimungkinkan terhambat. Disisi lain laju gas CO₂ yang sesuai akan didapatkan silika terpresipitasi setelah melewati ungun packing.