



---

# Sintesis dan Karakterisasi Silika *Aerogel* Hidrofobik dan Oliofilik Dari Pasir Laut Sebagai Absorben Tumpahan Minyak

**Bramantya, Losendra Primamas Yonando, Muhammad Rifaldi, Rama Oktavian\***

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran, Malang, Jawa Timur

Email : rama.oktavian@ub.ac.id

## ABSTRAK

Proses pengolahan minyak di Indonesia sangat menguntungkan untuk perekonomian negara. Tetapi disamping itu, terdapat hal yang menyebabkan kerugian yaitu terjadinya tumpahan minyak. Tumpahan minyak bisa diatasi salah satunya dengan menggunakan absorben. Silika *aerogel* dapat digunakan sebagai absorben. Bahan baku utama sintesis silika *aerogel* adalah silika. Pada pasir laut di Indonesia rata-rata mengandung silika yang cukup tinggi yaitu sebesar 70%. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh *precursor* dalam modifikasi material silika *aerogel* yang bersifat oliofilik dan hidrofobik. Pembuatan silika *aerogel* terbagi menjadi beberapa bagian yaitu pembuatan *waterglass* (sodium metasilikat) dari pasir laut, kemudian pembuatan silika *aerogel* dari *waterglass*. Dalam metode ini digunakan beberapa variabel perbandingan yaitu dengan penambahan TEOS (tetraetil ortosilikat) dan heksana dengan perbandingan volume 1:1, 1:2, dan 1:3 sedangkan untuk penambahan etanol divariabelkan konsentrasi volumenya dengan rincian 10%, 20%, dan 30%. Bahan baku pasir laut dan produk silika *aerogel* dilakukan karakterisasi yang bertujuan untuk mengetahui sifat-sifatnya. Bahan baku pasir laut diuji dengan metode XRF (*X-Ray Fluorescence*) bertujuan mengetahui komponen yang terkandung dalam pasir silika dengan hasil SiO<sub>2</sub> 98,9%, K<sub>2</sub>O 1,2%, CaO 0,6%, TiO<sub>2</sub> 0,766%, V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0,007%, MnO 0,028%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,431%, NiO 0,01%, CuO 0,035%, Yb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,03%. Sedangkan produk silika *aerogel* dilakukan uji sudut kontak dan uji serapan minyak, dari hasil uji sudut kontak didapat hasil pada sampel dua dengan penambahan TEOS dan heksana sebanyak 1:2 dan etanol 20% memiliki sudut kontak sebesar 143,95° sedangkan untuk uji serapan minyak sampel dua memiliki kemampuan menyerap minyak sebesar 13,98 g/g silika *aerogel*.

**Kata kunci:** Absorpsi, hidrofobik, oliofilik, pasir laut, silika *aerogel*

## ABSTRACT

Oil processing in Indonesia is very profitable for the economy of the country. However, in the exploration process there might be an oil spill which can cause a loss in oil production. Oil spill can be overcome by using absorbent. Silica aerogel can be used as absorbent. The main raw material of silica absorbent is silica. Sea sand in Indonesia contains high enough silica reaches 70% on average. This research was conducted to determine the effect of precursors in the modification of silica aerogel which is oliophilic and hydrophobic. The synthesys of silica aerogel was divided into several parts, namely synthesys *waterglass* from the sea sand and synthesys silica aerogel from *waterglass*. In this method, several variables were used with addition of TEOS (tetraethyl orthosilicate) and hexane with volume ratio 1:1, 1:2, and 1:3, while for addition of ethanol was varied with volume concentration of 10%, 20%, and 30%. Sea sand as raw material and silica aerogel as product was characterized in order to determine their properties. Sea sand were characterized using XRF (*X-Ray Fluorescence*) method contains SiO<sub>2</sub> 98.9%, K<sub>2</sub>O 1.2%, CaO 0.6%, TiO<sub>2</sub> 0.766%, V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.007%, MnO 0.028%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.431%, NiO 0.01%, CuO 0.035%, Yb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.03%. While the silica aerogel was characterixed by contact angle method and oil absorption test. In result, sample with addition of TEOS:hexane as much as 1:2 and ethanol 20% have contact angle of 143.95° and has ability to absorb oil 13.98 g/g silica aerogel.

**Keywords :** Absorbtion, hydrophobic, oliophilic, sea sand, silica aerogel

## 1. PENDAHULUAN

Kegiatan pengolahan minyak pada kilang minyak sudah barang tentu akan menghasilkan limbah minyak dan juga berpotensi untuk terjadinya tumpahan minyak (*oil spill*) [1]. Tumpahan minyak dapat terjadi pada saat *loading* dan *unloading* di tangki timbun (*storage tank*), pembersihan tangki timbun (*tank cleaning*), pada proses di *separator* dan pada pompa *feed* maupun pompa produk [2].

Berdasarkan PP no 18 tahun 1999 jo. PP no. 85 tahun 1999 tentang pengelolaan limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun), tumpahan minyak di area kilang termasuk dalam kategori limbah B3 kode D 221, karena sifat dan konsentrasinya dapat membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan hidup. Sedangkan karakteristik yang termasuk limbah B3 adalah mudah meledak, mudah terbakar, bersifat reaktif, beracun, menyebabkan infeksi, korosif, dan bersifat *karsinogenik* (menyebabkan kanker).

Sampai saat ini belum ada suatu model pengorganisasian ataupun alat yang mampu diaplikasikan di setiap kasus pencemaran laut oleh minyak bumi. Antara lain adalah pembakaran minyak (*in situ burning*). Tetapi metode pembakaran minyak pada permukaan air ini dari sudut pandang ekologis hanya memindahkan masalah pencemaran ke udara [1]. Metode yang lain adalah dengan menggunakan dispersant yaitu formulasi kimia dari surfaktan, pelarut, dan aditif lainnya yang disemprotkan pada slick minyak untuk mempercepat penyebarannya di air dengan mengurangi tegangan permukaan antara air dan minyak. Penyebaran tidak menghilangkan minyak tapi minyak diangkut ke dasar air. Dengan demikian, kehidupan akuatik di bawah air masih terkena efek merusak minyak dan juga dispersant yang ditambahkan [3].

Metode selanjutnya adalah memakai sorben yaitu bahan berpori padat yang diperoleh dari sumber organik dan sintesis yang digunakan untuk memulihkan minyak dalam preferensi terhadap air. Bahan sorben

dapat bekerja baik dengan adsorpsi atau penyerapan. Dalam adsorpsi, minyak lebih disukai menempel pada permukaan adsorben sementara dalam penyerapan, minyak dimasukkan ke dalam bahan. Sorben diperlukan untuk menarik minyak sesuai dengan air, yaitu *oleophilic* dan *hydrophobic*. Dengan demikian, banyak usaha akan dikhususkan untuk meninjau karya-karya sebelumnya mengenai sintesis dan karakterisasi sorben untuk pembersihan tumpahan minyak [3].

Sebagai negara kepulauan terbesar di dunia, Indonesia memiliki kekayaan laut yang melimpah. Panjang pantai 81.000 km atau 14% garis pantai seluruh dunia, dimana 2/3 wilayah Indonesia berupa perairan laut. Garis pantai yang panjang merupakan indikasi kuantitas pasir pantai yang sangat melimpah. Pasir pantai di Indonesia umumnya berwarna putih dan memiliki kecenderungan material berupa pasir silika [4]. Komposisi pasir pantai berwarna putih umumnya 40% - 70% silika. Berdasarkan hasil uji karakterisasi XRD (*Xray Diffraction*), pasir pantai memiliki kandungan mineral utama didominasi oleh SiO<sub>2</sub> (silika) dan diikuti oleh mineral ikutan seperti SO<sub>3</sub>, CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [5].

Silika merupakan bahan baku silika aerogel, yaitu smart material dengan sifat fisika yaitu nanopori (ukuran pori-pori kurang dari 50 nanometer), struktur internal *cross linked* sehingga memiliki luas 1000 m<sup>2</sup>/g, konduktivitas termal rendah (~ 0,05 W/m), massa jenis rendah 50 g·cm<sup>-3</sup>, dan memiliki konstanta dielektrik yang rendah (Sinko, 2010). Silika aerogel memiliki kemampuan untuk memisahkan material organik dan air secara absorpsi [3].

Bayat, dkk.[6] meneliti adsorben minyak dengan bahan dasar *polypropylene*. Pada penelitian tersebut didapat bahwa *polypropylene* dapat mengabsorb minyak sebesar 8 kali dari berat bahannya. *Polypropylene* dapat secara efektif menyerap minyak, tetapi bahan ini merupakan bahan yang mahal dan sulit dicari. Oleh karena itu harus dicari bahan

absorben minyak yang tidak mahal dan mudah ditemui yang sekaligus efektif untuk digunakan sebagai absorben minyak.

Pada penelitian ini juga dikaji pengaruh komposisi *Tetraethyl Orthosilicate* (TEOS), *n-heksane*, dan etanol dalam modifikasi silika aerogel dari pasir laut.

## 2. METODE PENELITIAN

Proses penelitian ini dilakukan dengan dua kali proses sintesis yaitu sintesis *waterglass* dan kemudian dilanjutkan dengan sintesis silika aerogel. Kemudian dilakukan karakterisasi XRF, pengujian sudut kontak, dan kapasitas absorpsi

### 2.1. BAHAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Pasir Laut Tuban, HCl dengan *grade* P.A dan kemurnian 37% yang dibeli dari MERCK, Akuades, NaOH dengan *grade* P.A dan kemurnian 97%, Asam Asetat dengan *grade* P.A 99 % yang dibeli dari MERCK, Ammonium Hidroksida *grade* P.A, TEOS, Heksana dengan *grade* P.A dan kemurnian 97% yang dibeli dari MERCK, dan Etanol *grade* P.A 98 %.

### 2.2. SINTESIS WATERGLASS

*Waterglass* disintesis dari bahan dasar pasir laut. Pasir Laut direndam dalam larutan HCL konsentrasi 5 % untuk menghilangkan *impurities*. Kemudian pasir laut dicampur dengan NaOH dengan perbandingan 1:2 lalu dilebur dalam furnace pada suhu 500°C selama 2 jam. Hasil peleburan akan dilarutkan dalam air demineralisasi selama 12 jam untuk menghasilkan *waterglass*.

### 2.3. SINTESIS SILIKA AEROGEL

Silika aerogel disintesis dari *waterglass*. *Waterglass* pertama akan diubah menjadi silika gel dengan menurunkan pH menjadi 4 dengan menambahkan asam asetat 3M, kemudian pH dinaikkan menjadi 6 dengan menambahkan ammonium hidroksida 1M. Pada pH 6 inilah silika gel akan terbentuk. Silika gel kemudian akan direndam dengan larutan campuran TEOS

(*Tetraethylorthosilicate*) dan heksana dengan perbandingan sebesar 1:1, 1:2, dan 1:3 pada suhu 60°C selama 24 jam. Silika gel kemudian direndam kembali dengan etanol dengan konsentrasi 10%, 20%, dan 30%. Silika gel yang telas selesai proses perendaman akan dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C selama 24 jam.

### 2.4. VARIABEL PENELITIAN

Variabel penelitian ini yaitu perbandingan volume TEOS (*Tetraethyl orthosilicate*) dan Heksana dengan variabel 1:1, 1:2, dan 1:3 kemudian terdapat variabel lain yaitu konsentrasi volume etanol yaitu 10%, 20%, dan 30%. Sehingga total terdapat variasi variabel penelitian yang bisa dilihat pada tabel 1.

### 2.5. KARAKTERISASI

Karakterisasi sampel uji dilakukan dengan 3 pengujian. Yaitu uji XRF yang digunakan untuk mengetahui komposisi sampel pasir laut yang digunakan. Pengujian yang kedua adalah uji sudut kontak yang dilakukan dengan alat *goniometer* LSB-1800B untuk mengetahui besar sudut kontak air dengan permukaan silika aerogel dengan tujuan mengetahui tingkat hidrofobisitas silika aerogel. Pengujian yang terakhir adalah uji kapasitas absorpsi untuk mengetahui kemampuan silika aerogel dalam menyerap minyak.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. KOMPOSISI SAMPEL PASIR LAUT

Pasir Laut diuji menggunakan metode XRF untuk mengetahui kandungan silika dikarenakan silika merupakan bahan dasar sintesis silika aerogel. Dari pengujian XRF didapat hasil pasir laut yang digunakan sebagai sampel mengandung silika sebesar 96,8% dengan rincian seperti yang terdapat pada tabel 2.

### 3.2. SINTESIS WATERGLASS

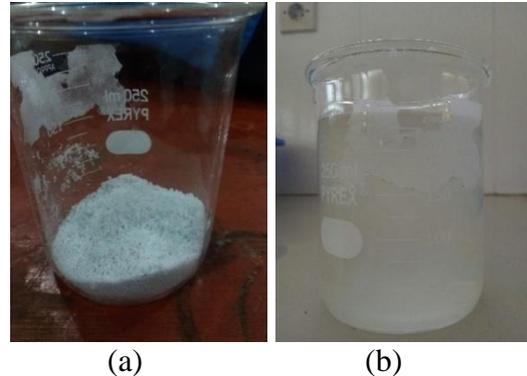
Pasir laut digunakan sebagai bahan baku *waterglass* dikarenakan memiliki kandungan silika yang besar, pada pengujian didapat kandungan sebesar 96,8% berat, hal ini sesuai dengan kandungan  $\text{SiO}_2$  yang berada di Indonesia yaitu sekitar 55,3-99,87% berat [7]. Setelah diketahui kandungan  $\text{SiO}_2$  nya maka dengan persamaan reaksi dapat diketahui kebutuhan pelebur yang digunakan pada konversi 100%.

Persamaan reaksi tersebut adalah sebagai berikut:



dipilihnya NaOH sebagai agen pelebur dikarenakan titik lebur NaOH lebih rendah

dari agen pelebur yang sebelumnya biasa digunakan yaitu  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  sehinggamerlukan energi yang lebih rendah dalam proses peleburan [8].



**Gambar 1.**  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  : (a) padat, (b) larutan

**Tabel 1.** Variasi variabel penelitian

No	Sampel	Perbandingan TEOS:Heksana (v:v)	Konsentrasi Etanol (%v)
1	1	1:1	10%
2	2	1:2	20%
3	3	1:3	30%
4	4	1:1	20%
5	5	1:2	30%
6	6	1:3	10%
7	7	1:1	30%
8	8	1:2	10%
9	9	1:3	20%

**Tabel 2.** Komposisi kandungan pasir laut

No	Kandungan	Persentase (%w)
1	$\text{SiO}_2$	96.900 %
2	$\text{K}_2\text{O}$	1.200 %
3	$\text{CaO}$	0,60 %
4	$\text{TiO}_2$	0,766 %
5	$\text{V}_2\text{O}_5$	0,007 %
6	$\text{MnO}$	0,028 %
7	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0,431%
8	$\text{NiO}$	0,01%
9	$\text{CuO}$	0,035%
10	$\text{Yb}_2\text{O}_3$	0,03%

Dengan menambahkan NaOH sehingga akan menghasilkan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  berbentuk padatan yang kemudian akan dilarutkan dengan air demineralisasi sehingga membentuk  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  larutan atau *waterglass* dengan warna putih keruh dan mempunyai pH sebesar 12.

### 3.4. PENGUJIAN BESAR SUDUT KONTAK

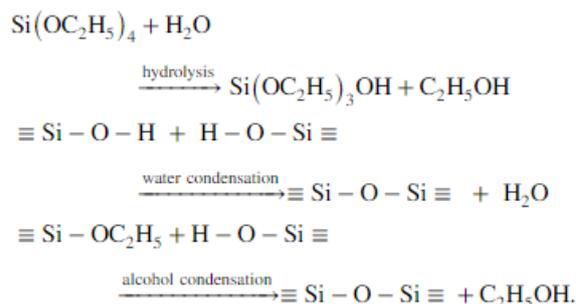
Pengujian sudut kontak dilakukan dengan alat *goniometer*. Pada pengujian besar sudut kontak 9 sampel didapat sudut kontak terbesar yaitu  $143,95^\circ$  dan yang terendah sebesar  $139,28^\circ$  dengan rincian yang ditunjukkan pada tabel 3.

Besarnya sudut kontak yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh banyaknya penambahan TEOS yang berfungsi untuk memodifikasi permukaan silika aerogel dari bersifat polar menjadi non-polar. Karena bersifat non-polar maka akan menolak air yang mempunyai sifat polar [9].

**Tabel 3.** Sudut kontak sampel uji

No	Sampel	Sudut Kontak ( $^\circ$ )
1	1	141,10
2	2	143,95
3	3	139,60
4	4	141,40
5	5	143,58
6	6	140,59
7	7	141,42
8	8	142,87
9	9	139,28

Reaksi umum dari TEOS yang memodifikasi permukaan silika aerogel sebagai berikut :



Proses hidrolisis molekul TEOS akan membentuk grup silanol. Kondensasi antara grup silanol dengan grup etoksi akan membentuk jembatan siloxane ( $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$ ) yang membentuk seluruh permukaan silika aerogel [10].

### 3.5. PENGUJIAN KAPASITAS ABSORBSI

Pengujian kapasitas absorpsi dilakukan dengan cara merendam silika aerogel pada minyak dan diukur selisih berat silika aerogel sebelum dan sesudah berhasil menyerap minyak. Dengan 3 kali pengulangan didapat hasil terbaik yaitu dengan rata-rata dapat menyerap minyak sebesar 13,98 g/g silika aerogel dengan rincian seperti pada tabel 4.

Kapasitas absorpsi ini juga dipengaruhi oleh penambahan TEOS yang menjadikan permukaan silika aerogel bersifat non-polar yang sama dengan sifat minyak yang non-polar juga [11].

Hal lain yang mempengaruhi kapasitas absorpsi adalah tegangan permukaan silika aerogel. Tegangan permukaan direayasa dengan penambahan etanol. Etanol akan menurunkan tegangan permukaan silika aerogel sehingga memudahkan minyak untuk terserap.

**Tabel 4.** Kapasitas absorpsi sampel uji

No	Sampel	Kapasitas Absorpsi (g/g)
1	1	12,46
2	2	13,98
3	3	10,89
4	4	12,78
5	5	13,68
6	6	11,88
7	7	13,13
8	8	13,57
9	9	11,37

Silika aerogel dapat menyerap minyak dengan kapasitas yang besar dikarenakan mempunyai densitas yang rendah dan tegangan permukaan yang rendah. Selain itu kapasitas absorpsi silika aerogel yang besar dipengaruhi oleh morfologinya seperti pernyataan Pajonk (1985) yaitu silika aerogel merupakan material padatan ultra pori yang memperlihatkan volume pori yang besar dengan porositas  $\geq 90\%$ , luas permukaan sekitar  $1500 \text{ m}^2/\text{g}$ .

#### 4. KESIMPULAN

Pasir laut yang memiliki kandungan silika yang besar berpotensi sebagai bahan dasar pembuatan absorben silika aerogel. Sampel dengan perbandingan TEOS : Heksana 1 : 2 dan konsentrasi etanol 20% memiliki kemampuan absorpsi terbaik dengan sudut kontak  $143,95^\circ$  dan kapasitas absorpsi 13,98 g/g silika aerogel.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Sulistiyono. Dampak Tumpahan Minyak(Oil Spill) di Perairan Laut pada Kegiatan Industri Migas dan Metode Penanggulangannya. Forum Teknologi, vol. 3, no.1. 2012.
- [2] PPT Migas. Laporan Penyajian Evaluasi Lingkungan PPT Migas Cepu. Cepu. 1991.
- [3] A.P. Olalekan, A.O. Dada, A. Olusola, Review: Silica Aerogel as a Viable Absorbent for Oil Spill Remediation. *Journal of Encapsulation and Adsorption Sciences*, vol. 4, hal. 122-

131, 2014.

- [4] C. Latif, T. Triwikantoro, M. Munasir, Pengaruh Variasi Temperatur Kalsinasi Pada Struktur Silika. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, vol. 3, no.1, hal. B4-B7, 2014.
- [5] S. Saniah, S. Purnawan, S. Karina, The Characteristics and Mineral Content of Coastal Sand from Lhok Mee, Beureunut and Leungah, Aceh Besar District. *Depik Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir dan Perikanan*, vol.3, hal. 263-270, 2014.
- [6] A. Bayat, S. F. Aghamiri, A. Moheb, G. R. Vakili-Nezhaad. Oil Spill Cleanup from Sea Water by Sorbent Materials. *Journal of Chemical Engineering Technology*, vol. 8, no. 12, 2005
- [7] U. Bisri, A. Lukman, Bahan-bahan Industri Pasir Kuarsa; Direktorat Jendral Pertambangan Umum, Pusat Pengembangan Teknologi Mineral, Bandung, hal. 1-17. 1992.
- [8] S. Fairus, Proses Pembuatan Waterglass dari Pasir Silika dengan Pelebur Natrium Hidroksida. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, vol. 8, no. 2, hal. 56-62, 2009.
- [9] J.L. Gurav, A. V. Rao, D. Y. Nadargi, H.H. Park, Ambient Pressure Dried TEOS-based Silica Aerogels: Good Absorbents of Organic Liquids. *Journal of Materials Science*, vol. 45, no.2, hal. 503-510, 2010.
- [10] I. A. Rahman, V. Padavettan, Synthesis of Silica Nanoparticles by Sol-Gel: Size-Dependent Properties, Surface Modification, and Applications in Silica-Polymer Nanocomposites. *Journal of Nanomaterials*, vol. 2012, hal. 1-15, 2012.
- [11] M. Shi, C. Tang, X. Yang, J. Zhou, F. Jia, Y. Han, Z. Li. Superhydrophobic Silica Aerogels Reinforced with Polyacrylonitrile Fibers for Adsorbing Oil From Water and Oil Mixtures. *RSC Advances*, vol. 7, hal. 4039-4045, 2017.