

PERCOBAAN PENDAHULUAN PERBANDINGAN DAYA SERAP UNSUR MINOR DALAM LARUTAN NATRIUM SILIKAT

F. Firdiyono, Murni Handayani, Eko Sulistiyono, Iwan Dwi Antoro

Pusat Penelitian Metalurgi – LIPI

Kawasan Puspiptek Serpong, Gedung 470, Tangerang 15314

E-mail : ffirdiyono@yahoo.com

Masuk tanggal : 23-01-2012, revisi tanggal : 12-03-2012, diterima untuk diterbitkan tanggal : 21-03-2012

Intisari

PERCOBAAN PENDAHULUAN PERBANDINGAN DAYA SERAP UNSUR MINOR DALAM LARUTAN NATRIUM SILIKAT. Penelitian tentang kemampuan penyerapan zeolit alam Karangnunggal dan karbon aktif sebagai adsorben dalam larutan natrium silikat telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi penyerapan zeolit dan karbon aktif terhadap unsur pengotor Ca, Mg, Fe, dan Al dalam larutan natrium silikat serta mengetahui hubungan penyerapan tersebut dengan beberapa parameter adsorpsi. Penentuan kondisi optimum meliputi masa adsorben, pH, waktu kontak dan temperatur larutan. Hasil analisa menggunakan spektroskopi serapan atom (SSA) menunjukkan bahwa zeolit alam Karangnunggal tidak efektif untuk menyerap ion Mg dan Ca dalam larutan natrium silikat, tetapi zeolit tersebut dapat digunakan untuk menyerap ion Fe. Kondisi optimum penyerapan ion Fe dicapai dengan parameter waktu kontak selama 60 menit, massa zeolit sebanyak 3 gram, pH 3, dan pada temperatur ruang. Efisiensi adsorpsi tertinggi oleh karbon aktif pada larutan sodium silikat mencapai 88,43 % untuk ion Al dan 41,6 % untuk ion Fe.

Kata kunci : Pasir kuarsa, Natrium karbonat, Natrium silikat, Adsorpsi, Adsorben, Adsorbat, Zeolit, Karbon aktif

Abstract

PRELIMINARY COMPARATIVE STUDY ON THE ADSORPTION OF MINOR ELEMENTS IN SODIUM SILICATE SOLUTION. Research studies on the adsorption capacity of Karangnunggal natural zeolite and activated carbon as a sorbent in solution of sodium silicate has been done. This study aims to determine the efficiency of adsorption of the zeolite and activated carbon to a solution of sodium silicate impurity elements such as Ca, Mg, Fe and Al and to know the relationship between the adsorption of the zeolite and activated carbon with the adsorption parameters. Determination of optimum conditions include the mass of adsorbent, pH, contact time and temperature of solution. Results of analysis using atomic absorption spectroscopy (AAS) showed that Karangnunggal natural zeolite is not effective to adsorb Mg and Ca ions in sodium silicate solution, but zeolite can adsorb Fe ion. The optimum condition of Fe ion absorption is achieved with contact time parameters for 60 minutes, the mass of zeolite is used as much as 3 gram, pH 3, and at room temperature. The highest adsorption efficiency by activated carbon on sodium silicate solution reached 88.43% for the Al ion and 41.6% for Fe ion.

Keywords : Quartz sand, Natrium karbonat, Natrium silicate, Adsorption, Adsorbent, Adsorbat, Zeolite, Activated carbon

PENDAHULUAN

Al, Fe, Ca, Mg, Ti dan lain-lain merupakan ion-ion pengotor dalam pasir kuarsa dari Indonesia. Pasir kuarsa ini meskipun memiliki kemurnian yang tinggi dengan kenampakan kristal yang baik, ternyata memiliki pengotor dalam bentuk

ikatan kristal yang kompleks dengan senyawa SiO₂. Ikatan kompleks tersebut membentuk senyawa kompleks di dalam mineral pasir kuarsa. Hal ini menyebabkan pengotor yang terkandung dalam pasir kuarsa tersebut tidak dapat dipisahkan dengan menggunakan proses pemisahan fisik seperti pencucian, flotasi,

magnetisasi, dan lain-lain. Indonesia memiliki cadangan pasir kuarsa yang berlimpah dan belum dimanfaatkan secara maksimum. Pemanfaatan pasir kuarsa tersebut akan menjadi lebih optimal bila unsur-unsur pengotor tersebut dapat dieliminasi. Sampai saat ini pemanfaatan pasir kuarsa yang ada hanya memberikan nilai tambah yang kecil, yaitu untuk keperluan industri gelas/kaca, industri semen, bahan bangunan atau di ekspor mentah untuk diolah di luar negeri. Logam silikon merupakan bahan baku utama dalam pembuatan panel surya, sedangkan pasir kuarsa merupakan bahan baku untuk pembuatan logam silikon tersebut. Untuk dapat memberikan nilai tambah yang besar maka pasir kuarsa harus diolah sampai mempunyai tingkat kemurnian yang tinggi sehingga dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan logam silikon. Percobaan yang dilakukan bertujuan untuk mengeliminasi ion-ion pengotor yang ada dalam pasir kuarsa sehingga diperoleh kemurnian yang tinggi. Diperlukan bantuan senyawa alkali dan temperatur yang tinggi untuk dapat merubah senyawa kompleks pasir kuarsa menjadi senyawa alkali silikat yang larut dalam air.

Senyawa kompleks yang sudah terurai menjadi larutan silikat mengandung ion-ion pengotor Al, Fe, Ti, Ca, Mg dan lain-lain. Ion pengotor tersebut dapat diambil dengan menggunakan metode *ion exchange*, pengikatan organik, koagulasi polimer dan adsorpsi menggunakan adsorben karbon aktif, zeolit dan lain-lain. Dalam penelitian ini eliminasi unsur-unsur pengotor akan dilakukan dengan menggunakan zeolit dan karbon aktif.

TINJAUAN PUSTAKA

Potensi Pasir Kuarsa

Data Departemen Pertambangan dan Energi menunjukkan jumlah produksi pasir kuarsa yang dipasarkan di dalam negeri cenderung meningkat dari tahun ke tahun (1989: 167.200 ton, 1991: 190.500 ton, dan

1993: 300.000 ton). Sampai saat ini pemanfaatannya untuk pabrik semen portland 77,80 %, botol pecah belah 10,90 %, kaca lembaran 9,10 %, dan bahan refraktori 2,20 %.

Cadangan pasir kuarsa di Indonesia sangat besar dengan sebaran yang cukup dominan dapat dilihat pada Tabel 1.

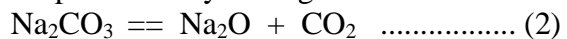
Tabel 1. Potensi pasir kuarsa

No	DAERAH	DEPOSIT (Ton)	KADAR SiO ₂
1	Mandor, Kalimantan Barat	1.000.000.000	95,0 %
2	Ketapang, Kalimantan Barat	89.200.000	99,6 %
3	Pleihari, Kalimantan Selatan	144.150.000	97,3 %
4	P. Belitung	5.180.000	97,3 %
5	P. Bangka	35.350.000	98,0 %
6	Sawah Lunto, Sumatera Barat	1.000.000.000	-
7	Badagai, Sumatera Utara	34.000.000	89,2 %
8	Tuban, Jawa Timur	3.950.000	93,5 %

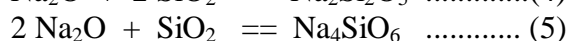
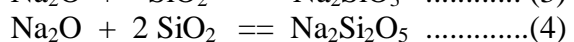
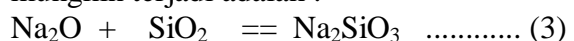
Pasir kuarsa yang mengandung bahan pengotor harus dirubah ke dalam bentuk senyawa yang lebih sederhana atau senyawa alkali silikat yang larut dalam air. Senyawa alkali silikat tersebut diperoleh dengan cara mereaksikan pasir kuarsa dengan natrium karbonat dengan reaksi :



Proses reaksi tersebut didahului dengan proses pembentukan Na₂O terlebih dahulu. Pembentukan Na₂O terjadi pada temperatur 900 °C, kemudian jika temperatur dinaikkan maka mulai terjadi proses peleburan antara Na₂O dan SiO₂, adapun reaksinya sebagai berikut :



Pembentukan reaksi antara Na₂O dan SiO₂ berdasarkan teori dipengaruhi oleh faktor temperatur dan komposisi campuran Na₂O dan SiO₂. Adapun reaksi yang mungkin terjadi adalah :

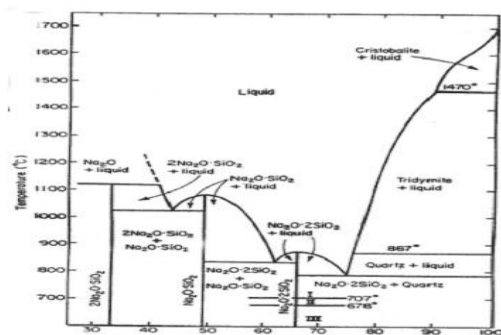


Pada reaksi (3) terbentuk keseimbangan antara Na₂O dan SiO₂ yang menghasilkan natrium metasilikat atau *water glass*. Reaksi (4) adalah pembentukan natrium disilikat atau disebut juga Na₂Si₂O₅ yang

merupakan padatan seperti kaca pada temperatur kamar. Reaksi (5) adalah pembentukan dinatrium silikat (Na_4SiO_6) atau kristobalit, berupa padatan yang mudah menyerap air atau higroskopis dan bersifat reaktif. Proses pembentukan metasilikat (reaksi 3) terjadi pada temperatur di atas $1300\text{ }^\circ\text{C}$ dengan perbandingan mol yang sama. Sedangkan reaksi natrium disilikat / orthosilikat dapat terjadi pada temperatur $800\text{ }^\circ\text{C}$ sampai $900\text{ }^\circ\text{C}$, dengan perbandingan mol Na_2O dan SiO_2 adalah 1 : 2 sampai 1 : 2,3. Hal ini dapat dilihat pada diagram fasa yang tercantum pada Gambar 1.

Keuntungan dari proses orthosilikat adalah temperatur operasi cukup rendah bisa dibawah $1000\text{ }^\circ\text{C}$ dan penggunaan natrium karbonat bisa dihemat serta natrium orthosilikat atau natrium silikat masih dapat larut dengan sempurna dalam air. Larutan natrium silikat ini selanjutnya dilakukan proses eliminasi pengotor-pengotornya.

Ada empat metode proses yang dapat digunakan dalam pemurnian silika dari unsur-unsur pengotor seperti Al, Fe, Ti, Ca, Mg dan Mn yaitu *ion exchange*, adsorpsi, koagulasi polimer dan pengikatan secara organometalik. Dari keempat metode ini, metode yang akan digunakan dalam percobaan ini ialah metoda adsorpsi yang dilakukan dengan menggunakan zeolit dan karbon aktif.



Gambar 1. Diagram fasa Na_2O dan SiO_2

Metoda Adsorpsi

Adsorpsi merupakan suatu proses penyerapan oleh padatan tertentu terhadap

zat tertentu yang terjadi pada permukaan zat padat karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan zat padat tanpa meresap ke dalam^[1].

Adanya gaya ini, padatan cenderung menarik molekul-molekul yang lain yang bersentuhan dengan permukaan padatan, baik fasa gas atau fasa larutan ke dalam permukaannya. Akibatnya, konsentrasi molekul pada permukaan menjadi lebih besar daripada dalam fasa gas atau zat terlarut dalam larutan. Adsorpsi dapat terjadi pada antar fasa padat-cair, padat-gas atau gas-cair. Molekul yang terikat pada bagian antarmuka disebut adsorbat, sedangkan permukaan yang menyerap molekul-molekul adsorbat disebut adsorben.

Berdasarkan besarnya interaksi antara adsorben dan adsorbat, adsorpsi dibedakan menjadi dua macam yaitu adsorpsi kimia dan adsorpsi fisika.

Adsorpsi Kimia

Pada adsorpsi kimia, molekul-molekul yang teradsorpsi pada permukaan adsorben bereaksi secara kimia. Hal ini disebabkan pada adsorpsi kimia terjadi pemutusan dan pembentukan ikatan. Ikatan antara adsorben dengan adsorbat dapat cukup kuat sehingga spesies aslinya tidak dapat ditemukan kembali. Adsorpsi ini bersifat *irreversible* dan diperlukan energi yang besar untuk melepaskan kembali. Pada umumnya, dalam adsorpsi kimia jumlah (kapasitas) adsorpsi bertambah besar dengan naiknya temperatur. Zat yang teradsorpsi membentuk satu lapisan monomolekuler.

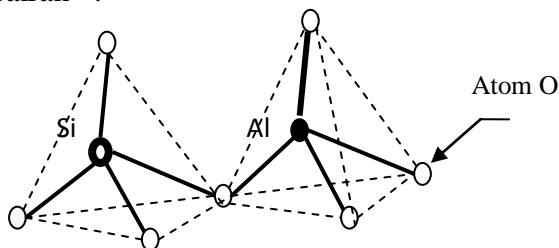
Adsorpsi Fisika

Dalam adsorpsi fisika, molekul-molekul teradsorpsi pada permukaan adsorben dengan ikatan yang lemah. Adsorpsi ini bersifat *reversible*, sehingga molekul-molekul yang teradsorpsi mudah dilepaskan kembali dengan cara menurunkan tekanan gas atau konsentrasi

zat terlarut. Adsorpsi fisika umumnya terjadi pada temperatur yang rendah dan jumlah zat yang teradsorpsi akan semakin kecil dengan naiknya suhu. Banyaknya zat yang teradsorpsi dapat membentuk beberapa lapisan monomolekuler.

Zeolit

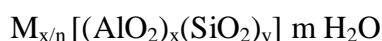
Zeolit adalah silikat hidrat dengan struktur sel berpori yang biasanya diisi oleh air dan mempunyai sisi aktif yang mengikat kation yang dapat dipertukarkan. Struktur inilah yang membuat zeolit mampu melakukan pertukaran ion. Bila zeolit dipanaskan maka air tersebut akan keluar. Zeolit yang telah dipanaskan dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan^[2].



Gambar 2. Struktur penyusun zeolit

Ion-ion pada rongga berguna untuk menjaga kenetralan zeolit. Ion-ion ini dapat bergerak bebas sehingga pertukaran ion yang terjadi tergantung dari ukuran dan muatan maupun jenis zeolitnya. Sifat sebagai penukar ion dari zeolit antara lain tergantung dari sifat kation, suhu, dan jenis anion^[3]. Zeolit dapat dimanfaatkan sebagai penyaring molekuler, senyawa penukar ion, sebagai filter dan katalis. Zeolit terbentuk dari abu vulkanik yang telah mengendap jutaan tahun silam. Sifat-sifat mineral zeolit sangat bervariasi tergantung dari jenis dan kadar mineral zeolit.

Kerangka dasar struktur zeolit terdiri dari unit-unit tetrahedral $[AlO_4]$ dan $[SiO_4]$ yang saling berhubungan melalui atom O. Dalam struktur tersebut Si^{4+} dapat diganti Al^{3+} , sehingga rumus umum komposisi zeolit dapat dinyatakan sebagai berikut :



dimana :

- n = Valensi kation M (alkali / alkali tanah)
- x, y = Jumlah tetrahedron per unit sel
- m = Jumlah molekul air per unit sel
- M = Kation alkali/alkali tanah

Zeolit dibedakan menjadi 2 jenis yaitu zeolit alam dan zeolit buatan. Zeolit alam pada umumnya mempunyai ukuran pori-pori yang tidak sama. Proses aktivasi zeolit alam dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu secara fisika melalui pemanasan dengan tujuan untuk menguapkan air yang terperangkap di dalam pori-pori kristal zeolit, sehingga luas permukaannya bertambah^[2] dan dengan cara kimia untuk membersihkan permukaan pori, membuang senyawa pengotor dan mengatur kembali letak atom yang dapat dipertukarkan. Proses aktivasi zeolit dengan perlakuan asam HCl menyebabkan zeolit mengalami dealuminasi dan dekationisasi yaitu keluarnya Al dan kation-kation dalam kerangka zeolit sehingga permukaan zeolit bertambah dan kemampuan zeolit dalam menyerap akan meningkat^[4-5].

Zeolit yang digunakan dalam percobaan ini ialah zeolit alam dari Karangnunggal, Cipatujah dan Cikalong, Kabupaten Tasikmalaya. Hasil analisis kandungan senyawa oksida dalam mineral zeolit alam Karangnunggal dengan menggunakan XRF dapat dilihat pada Tabel 2.

Hasil analisis lebih lanjut menggunakan XRD untuk menentukan karakteristik batuan zeolit menunjukkan bahwa zeolit hijau Karangnunggal merupakan jenis mineral mordenit yang merupakan senyawa utama dari sampel $((Na_2, Ca, K_2) Al_2 Si_{10} O_{24} \cdot 7 H_2O)^{[6]}$.

Tabel 2. Hasil analisa XRF zeolit alam Karangnunggal^[6]

Senyawa	Zeolit Hijau
CaO	1,65 %
Na ₂ O	2,77 %
K ₂ O	0,72 %
SiO ₂	78,92 %
Al ₂ O ₃	15,62 %
MgO	0,05 %

Karbon Aktif

Tabel 3. Karakteristik karbon aktif dari berbagai jenis bahan baku

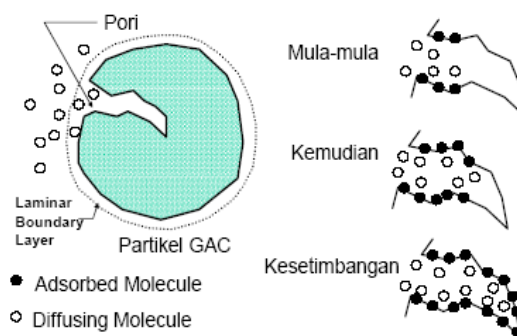
Karakteristik	Karbon aktif Tempurung kelapa	Karbon aktif Batubara	Karbon aktif Lignit	Karbon aktif Kayu
Pori-pori mikro	Tinggi	Tinggi	Sedang	Rendah
Pori-pori makro	Rendah	Sedang	Tinggi	Tinggi
Kekerasan	Tinggi	Tinggi	Tinggi	-
Kadar abu	5%	10%	20%	5%
Solouable ash dust	Tinggi	Rendah	Tinggi	Medium
Debu	Rendah	Sedang	Tinggi	-
Reaktivitas	Baik	Baik	Lemah	-
Rapat jenis	0,48 g/cc	0,48 g/cc	0,4 g/cc	0,35 g/cc

Karbon aktif adalah arang yang telah diaktifkan baik secara fisika maupun kimia, yang menghasilkan karbon dengan pori-pori lebih terbuka sehingga luas permukaan persatuan massa besar yaitu mencapai 400-1600 m²/g karbon aktif dan memiliki volume pori-pori besar lebih dari 30 cm³/100 g. Hal ini menyebabkan karbon aktif dapat menyerap gas atau zat lain dalam larutan dan udara. Karbon aktif yang telah jenuh dapat direaktifasi kembali, meskipun demikian tidak jarang disarankan untuk sekali pakai^[7]. Karakteristik karbon aktif dari berbagai bahan baku dapat dilihat pada Tabel 3.

Karbon aktif yang digunakan dalam percobaan ini terbuat dari tempurung kelapa yang diaktifasi dengan HCl. Proses adsorpsi dapat dibagi menjadi 4 tahap, yaitu^[8]:

1. Transfer molekul-molekul zat terlarut yang teradsorpsi menuju lapisan film yang mengelilingi adsorben.
2. Difusi zat terlarut yang teradsorpsi melalui lapisan film (*film diffusion process*).
3. Difusi zat terlarut yang teradsorpsi melalui kapiler/pori dalam adsorben (*pore diffusion process*).
4. Adsorpsi zat terlarut yang teradsorpsi pada dinding pori atau permukaan adsorben (proses adsorpsi sebenarnya).

Mekanisme Adsorpsi



Gambar 3. Mekanisme adsorpsi oleh karbon aktif

PROSEDUR PERCOBAAN

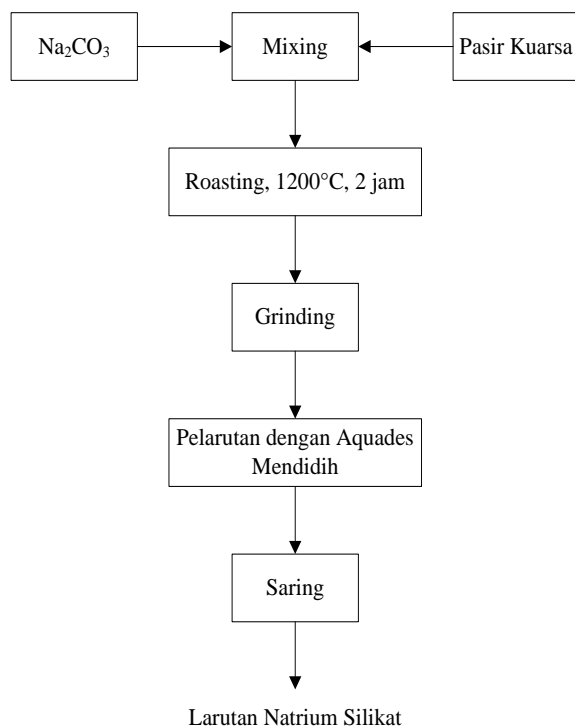
Pasir kuarsa yang digunakan adalah pasir kuarsa yang berasal dari daerah Samboja, Kalimantan Timur. Pasir dicuci dengan menggunakan air bersih sampai hilang kotoran berupa humus maupun lumpur. Setelah bersih, ditandai dengan air cucian yang sudah jernih. Campuran dikeringkan dalam oven pada temperatur 110 °C selama 1 jam.

Analisa komposisi kimia pasir kuarsa yang digunakan dalam percobaan ini dilakukan dengan menggunakan AAS. Analisa ini dilakukan untuk mengetahui senyawa-senyawa pengotor apa saja yang terdapat di dalam pasir kuarsa. Hasil analisa AAS dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil analisa AAS pasir kuarsa

Senyawa	Jumlah (%)
SiO ₂	99,2
Fe ₂ O ₃	0,19
Al ₂ O ₃	0,063
TiO ₂	0,048
CaO	0,008
MgO	0,008
K ₂ O	0,023
Na ₂ O	0,020
LOI	0,39

Pasir kuarsa yang telah bersih selanjutnya dilebur dengan natrium karbonat agar terbentuk natrium silikat yang larut dalam air. Proses pembuatan natrium silikat dilakukan dengan cara melebur 165 gr pasir kuarsa dengan 135 gr natrium karbonat dalam tanur pada temperatur 1200 °C selama 2 jam. Hasil leburan selanjutnya dilarutkan dalam air mendidih. Hasil pelarutan kemudian disaring agar diperoleh filtrat bersih yang bebas dari pengotor yang tidak larut. Untuk lebih jelasnya preparasi sampel larutan natrium silikat dapat dilihat pada diagram alir proses dibawah ini.



Gambar 4. Preparasi sampel larutan natrium silikat

Terhadap larutan natrium silikat selanjutnya dilakukan proses eliminasi pengotor dengan cara mencampurkan larutan tersebut dengan zeolit atau karbon aktif pada kondisi tertentu. Variabel yang digunakan dalam percobaan meliputi temperatur, konsentrasi adsorben, pH dan waktu proses.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Eliminasi Ion Ca dan Mg dengan Zeolit

Pengaruh Massa Zeolit

Zeolit dengan variabel massa 1, 3, 5, dan 7 gram dimasukkan ke dalam 50 ml larutan natrium silikat dengan pH 10 dan diaduk selama 60 menit.

Dari Tabel 5 dapat dilihat bahwa zeolit tidak dapat menyerap ion Mg dan ion Ca dalam berbagai massa zeolit yang digunakan. Hal ini karena dengan kenaikan massa zeolit akan mengakibatkan penurunan pH, sehingga selama proses adsorpsi terjadi pelepasan ion H⁺ di dalam larutan natrium silikat. Penurunan pH terjadi karena zeolit yang digunakan sudah diaktivasi dengan asam.

Tabel 5. Pengaruh massa zeolit terhadap adsorpsi ion Mg dan Ca

Massa (gr)	Konsentrasi ion Mg		Konsentrasi ion Ca		pH Akhir
	Awal (ppm)	Akhir (ppm)	Awal (ppm)	Akhir (ppm)	
1	0,0324	0,0606	0,1960	1,4480	9
3	0,0324	0,0613	0,1960	0,8139	5
5	0,0324	0,0692	0,1960	0,5906	5
7	0,0324	0,0703	0,1960	0,5716	5

Pengaruh Waktu Kontak

Zeolit sebanyak 2,5 gram dimasukkan ke dalam 50 ml larutan natrium silikat dengan pH 10 dan variabel waktu yang digunakan adalah 5, 10, 20, 30, 40, dan 60 menit.

Dari Tabel 6 dapat dilihat bahwa zeolit tidak dapat menyerap ion Mg dan ion Ca dalam berbagai waktu kontak yang dilakukan. Hal ini karena selama proses

adsorpsi terjadi penurunan pH yang mengakibatkan adanya pelepasan ion H⁺ di dalam larutan natrium silikat. Penurunan pH terjadi karena zeolit yang digunakan sudah diaktifasi dengan asam.

Tabel 6. Pengaruh waktu kontak terhadap adsorpsi ion Mg dan Ca

Waktu Kontak (menit)	Konsentrasi ion Mg		Konsentrasi ion Ca		pH Akhir
	Awal (ppm)	Akhir (ppm)	Awal (ppm)	Akhir (ppm)	
5	0,0312	0,0581	0,1787	0,6842	9
10	0,0312	0,0585	0,1787	0,7207	9
20	0,0312	0,0593	0,1787	0,7553	8
30	0,0312	0,0552	0,1787	0,7022	6
40	0,0312	0,0625	0,1787	0,6978	6
60	0,0312	0,0735	0,1787	0,7139	5

Pengaruh pH

Zeolit sebanyak 2,5 gram dimasukkan ke dalam 50 ml larutan natrium silikat dengan variabel pH yang digunakan adalah 2, 3, 4, 6, 8, dan 10. Percobaan dilakukan selama 60 menit.

Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa zeolit tidak dapat menyerap ion Mg dan ion Ca dalam berbagai pH. Hal ini karena zeolit mengandung senyawa MgO dan CaO seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2. Ion-ion logam tersebut tidak dapat diserap pada suasana asam karena logam magnesium dan kalsium yang terdapat di dalam zeolit ikut larut dalam larutan natrium silikat. Hal tersebut mengakibatkan terjadinya peningkatan konsentrasi ion Mg dan ion Ca setelah proses adsorpsi.

Peningkatan konsentrasi ion Mg dan ion Ca yang tidak terlalu besar didapat pada larutan natrium silikat dengan pH 10, hal ini karena pada pH 10 ion Mg dan ion Ca mengendap. Keasaman dan kebasaan larutan natrium silikat mempengaruhi adsorpsi ion Mg dan ion Ca. Hal ini berhubungan dengan protonasi atau deprotonasi permukaan sisi aktif dari adsorben^[9].

Tabel 7. Pengaruh pH larutan terhadap adsorpsi ion Mg dan Ca

pH	Konsentrasi ion Mg		Konsentrasi ion Ca	
	Awal (ppm)	Akhir (ppm)	Awal (ppm)	Akhir (ppm)
2	0,0747	0,1752	0,6663	10,96
3	0,0549	0,1783	0,3450	9,78
4	0,0613	0,1808	0,3821	10,04
6	0,0470	0,1855	0,2863	9,06
8	0,0627	0,1838	0,5174	8,93
10	0,0520	0,0835	0,3334	0,46

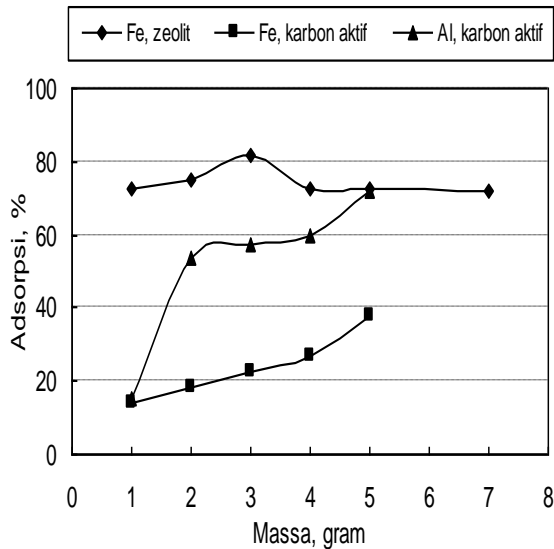
Eliminasi Ion Fe dengan Zeolit dan Ion Fe dan Al dengan Karbon Aktif

Pengaruh Massa

Zeolit dengan variabel massa 1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 11 gram dan karbon aktif dengan variabel massa 1, 2, 3, 4, dan 5 gram, masing-masing dimasukkan ke dalam 50 ml larutan natrium silikat dengan pH 3 pada temperatur kamar dan waktu proses selama 60 menit untuk zeolit dan 30 menit untuk karbon aktif.

Gambar 5 menunjukkan bahwa adsorpsi optimum dihasilkan pada larutan yang direaksikan dengan 3 gram zeolit, yaitu sebesar 81,81 %. Larutan yang direaksikan dengan massa zeolit kurang dari 3 gram belum optimal. Hal ini dikarenakan bertambahnya massa zeolit sebanding dengan bertambahnya sisi aktif dan pori-pori zeolit, sehingga menyebabkan proses adsorpsi ion Fe lebih efektif. Larutan yang direaksikan dengan massa zeolit lebih dari 3 gram juga tidak optimal. Hal ini mungkin disebabkan dengan jumlah massa zeolit yang meningkat maka pH larutan akan menjadi turun, sehingga ion Fe stabil di dalam larutan. Dari grafik terlihat juga bahwa penambahan massa karbon aktif akan meningkatkan persen adsorpsi. Hal ini karena bertambahnya berat karbon aktif sebanding dengan bertambahnya jumlah partikel dan luas permukaan karbon aktif yang mengakibatkan jumlah tempat mengikat ion logam bertambah dan efisiensi adsorpsinya pun meningkat. Dari hasil penelitian tentang pengaruh massa karbon aktif ini juga menunjukkan nilai kapasitas

adsorpsi yang semakin menurun dengan bertambahnya massa adsorben. Hal ini dikarenakan pada saat ada peningkatan massa adsorben, maka ada peningkatan presentase nilai efisiensi adsorpsi dan penurunan kapasitas adsorpsi^[10].



Gambar 5. Pengaruh massa adsorben terhadap persen adsorpsi

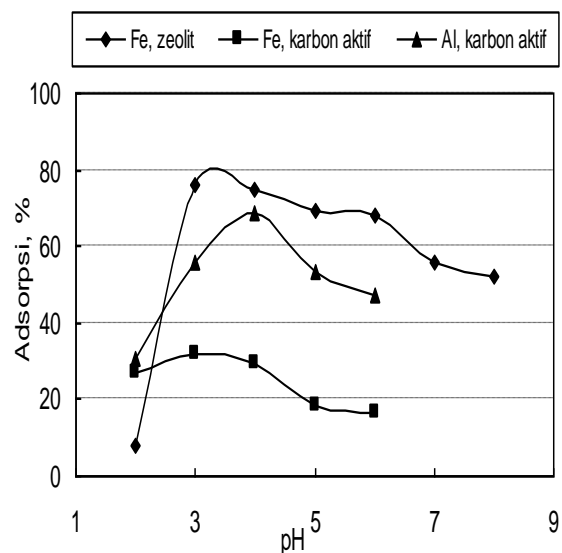
Pengaruh pH

Zeolit sebanyak 3 gram dan karbon aktif sebanyak 1 gram masing-masing dimasukkan ke dalam 50 ml larutan natrium silikat dengan variabel pH antara 2 sampai 8 dan kemudian diaduk pada temperatur kamar dengan kecepatan putaran konstan selama 60 menit untuk zeolit dan 30 menit untuk karbon aktif.

Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa adsorpsi optimum oleh zeolit dihasilkan pada larutan natrium silikat dengan pH 3, yaitu sebesar 76,05 %. Adsorpsi ion logam Fe pada larutan natrium silikat dengan pH kurang dari 3 tidak optimal. Kondisi pH optimum untuk penyerapan logam Al oleh karbon aktif terjadi pada kondisi pH 5 dengan nilai efisiensi adsorpsi sebesar 68,64 %, sedangkan untuk penyerapan logam Fe, pH optimum terjadi pada pH 4 dengan nilai efisiensi adsorpsi sebesar 31,68 %.

Pada kondisi pH asam proses penyerapan semua ion logam rendah. Hal ini karena permukaan adsorben pada pH

rendah dikelilingi oleh ion H^+ , dimana akan terjadi tolakan antara permukaan adsorben dengan ion logam, sehingga adsorpsinya pun menjadi rendah^[11]. Pada pH netral atau cenderung basa efisiensi juga menurun. Hal ini disebabkan pada pH netral ion-ion logam dapat mengalami reaksi hidrolisis dalam larutan sehingga tidak stabil dan menyebabkan kemampuan adsorben untuk menyerap ion logam tersebut menurun. Sedangkan pada kondisi basa atau pH basa, ion-ion logam dapat membentuk endapan hidroksida sehingga proses adsorpsi sulit terjadi^[12].



Gambar 6. Pengaruh pH larutan natrium silikat terhadap persen adsorpsi

Pengaruh Waktu Kontak

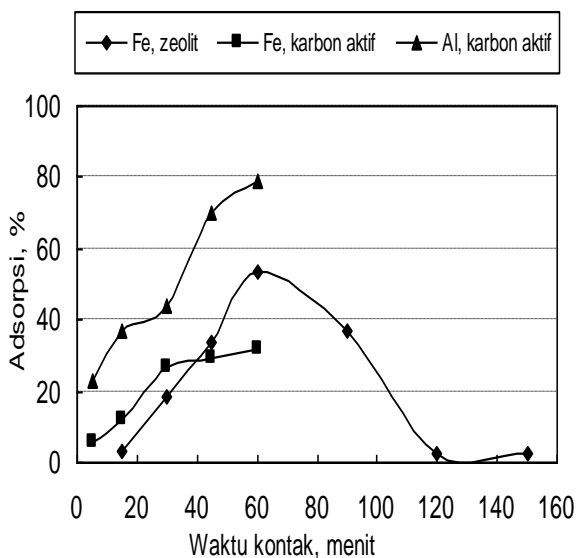
Zeolit dan karbon aktif sebanyak 1 gram dimasukkan ke dalam 50 ml larutan sodium silikat, pada pH optimum dari masing-masing ion logam, kemudian diaduk dengan variabel waktu kontak antara 5 sampai 150 menit.

Dari Gambar 7 dapat dilihat bahwa adsorpsi optimum oleh zeolit dihasilkan pada larutan natrium silikat yang direaksikan dengan zeolit selama 60 menit, yaitu sebesar 53,64 %.

Zeolit yang direaksikan kurang dari 60 menit belum menyerap ion Fe secara optimal. Hal ini dikarenakan belum

sempurnanya reaksi yang terjadi. Setelah proses adsorpsi berlangsung selama 60 menit, prosentase ion logam Fe yang diserap zeolit cenderung mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan proses adsorpsi sudah lewat jenuh sehingga terjadinya pelepasan kembali ion-ion Fe yang sudah terikat pada zeolit. Kemungkinan lain adalah pada proses adsorpsi yang relatif lama menyebabkan pori-pori adsorben mengalami penyusutan kembali^[13].

Pada percobaan dengan karbon aktif terlihat bahwa persen adsorpsi akan meningkat seiring dengan meningkatnya waktu proses. Hal ini dapat dimengerti karena dengan bertambahnya waktu maka makin besar pula waktu kontak antara adsorben dan adsorbat.



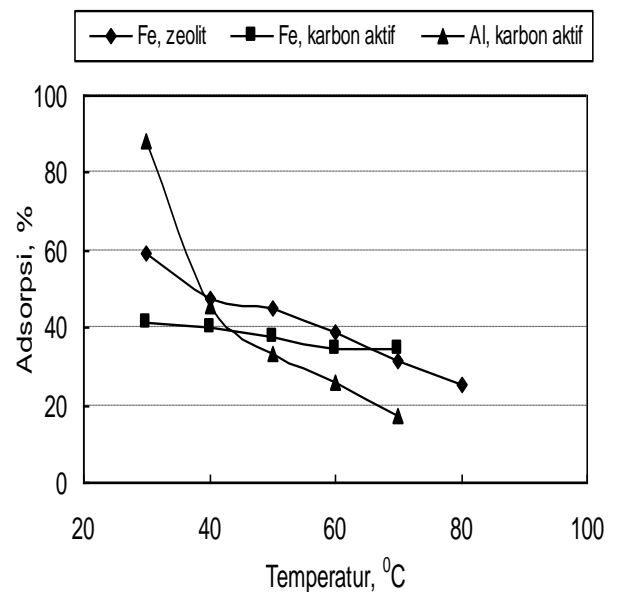
Gambar 7. Pengaruh waktu kontak terhadap persen adsorpsi

Pengaruh Temperatur

Zeolit sebanyak 3 gram dan karbon aktif sebanyak 1 gram masing-masing dimasukkan ke dalam 50 ml larutan natrium silikat dengan variabel temperatur antara 30 °C sampai 80 °C, pada pH dan waktu optimum kemudian diaduk dengan kecepatan putaran konstan.

Dari Gambar 8 dapat dilihat bahwa adsorpsi optimum oleh zeolit dihasilkan pada larutan yang direaksikan pada

temperatur ruang, yaitu sebesar 59,13 %. Semakin tinggi temperatur reaksi, semakin rendah penyerapan ion Fe. Hal yang sama terjadi juga pada percobaan dengan karbon aktif. Penurunan efisiensi adsorpsi terjadi seiring dengan kenaikan suhu. Hal ini dikarenakan dengan semakin tinggi temperatur maka akan menyebabkan pecahnya struktur zeolit. Sehingga menyebabkan kalsit (CaCO_3) yang tersisa dalam struktur zeolit keluar dan mengganggu penyerapan ion Fe. Kemungkinan lainnya karena semakin tinggi temperatur pada proses adsorpsi, maka pergerakan ion Fe semakin cepat sehingga jumlah ion Fe yang terserap oleh adsorben semakin berkurang^[14-16].



Gambar 8. Pengaruh temperatur larutan natrium silikat terhadap persen adsorpsi

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Zeolit hijau tidak efektif untuk menyerap ion Mg dan ion Ca dalam larutan natrium silikat.
2. Penyerapan optimum ion Fe dalam larutan natrium silikat dihasilkan menggunakan zeolit sebanyak 3 gram,

pH 3, pada temperatur ruang dan waktu proses selama 60 menit.

3. Peningkatan jumlah massa karbon aktif dan waktu proses akan meningkatkan persen adsorpsi dan sebaliknya kenaikan temperatur akan menurunkan persen adsorpsi, sedangkan pH akan berpengaruh meningkatkan persen adsorpsi pada proses dengan pH sekitar 4 dan 5.

UCAPAN TERIMAKASIH

Tulisan ini merupakan bagian dari hasil penelitian dengan judul: Pengembangan Proses Pembuatan Silika dengan Kemurnian 99,999 % dari Pasir Kuarsa untuk Bahan Baku Sel Surya, yang dibiayai melalui Program Insentif Riset Kementerian Riset dan Teknologi (KRT) anggaran tahun 2010. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Sdr. M. Yahya, Afit Hendrawan, dan Qosim Sya'ban yang telah membantu penulis dalam melakukan percobaan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Atkins P.W. 1999. Kimia Fisika (Alih bahasa: Dra. Irma I.K), Erlangga, Jakarta.
- [2] Khairinal, Trisunaryanti W. „Dealuminasi Zeolit Alam Wonosari dengan Perlakuan Asam dan Proses Hidrotermal”. *Prosiding Seminar Nasional Kimia VIII.*: 240 – 247.
- [3] Bambang P. 1998. „Pemanfaatan Zeolit Alam Indonesia Sebagai Adsorben Limbah Cair dan Media fluiditas dalam Kolom Fluidisasi”. Tesis, Universitas Brawijaya, Malang.
- [4] Weitkamp L. And Puppe L.1999. *Catalysis and Zeolit*, New York, Springer.
- [5] Heraldy E, Hisyam. S. W, dan Sulistiyono. 2003. „Characterization and Activation of Natural Zeolite from Ponorogo”. *Indonesian J. Chem.* : 3, 2.
- [6] Sulistiyono, Eko, *et al.* 2009. „Uji karakteristik Zeolit Hijau dan Putih dari Karangnunggal Tasikmalaya”. *Prosiding Seminar*, Semarang.
- [7] Basuki K. T. 2007. „Penurunan Konsentrasi CO dan NO₂ Pada Emisi Gas Buang Dengan menggunakan Media Penyisipan TiO₂ Lokal Pada Karbon Aktif”. *JFN.* : 1, 1.
- [8] Reynold T. D. 1982. „Unirt Operation And Processes In Environmental Engineering”.Brooks/Cole Engineering Division Monterey, California.
- [9] Nurhasni. 2002. „Penggunaan Genjer (*Limnocharis Flava*) untuk menyerap Ion Kadmium, kromium, dan Tembaga dalam air limbah”. Tesis, Universitas Andalas, Padang.
- [10]Barros L. M, Maedo G. R, Duarte M. M. L, Silva E. P, and Lobato. 2003. „Biosorption Cadmium Using the Fungus *Aspergillus Niger*”. *Braz J. Chem.* : 20, 1 – 17.
- [11]Sembiring, Meilita Tryana, Tuti Sarma Sinaga. 2003. „Arang Aktif, Pengenalan dan Proses Pembuatannya”. Universitas Sumatra Utara, Medan.
- [12]Refilda., Rahmania Zein., Rahmayeni. 2001. „Pemanfaatan Ampas Tebu Sebagai Bahan Alteratif Pengganti Penyerap Sintetik Logam-Logam Berat Pada Air Limbah”. Tesis, Universitas Andalas, Padang.
- [13]Kadarwati. Sri, dan Bagus Setyo. 2009. „Adsorpsi Ion Logam Cu (II) oleh Zeolit Alam Aktif”. *Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia.* : 244 – 247, Semarang.
- [14]Kundari N. A., Slamet Wiyuniati. 2008. „Tinjauan Kesetimbangan Adsorpsi Tembaga dalam Limbah Pencucian PCB dengan Zeolit”. *Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir.* : 320 – 327.
- [15]Do D. D. 1998. „Adsorption Analysis: Equilibra and Kinetics”. Imperial Colleges Press, London.
- [16]Susantiani, Evi. 2009. „Pengaruh Temperatur Larutan terhadap Adsorpsi

Ion Cd^{2+} dengan ion Cu^{2+} dalam Berbagai Konsentrasi oleh Arang Sekam Padi dengan Metoda Batch”. Tesis, Universitas Negeri Malang, Malang.

RIWAYAT PENULIS

F. Firdiyono, lahir di Jakarta, 14 Februari 1956. S1 bidang Tambang Metalurgi, ITB, lulus tahun 1981. S2 bidang Pengolahan Mineral, Universitas Kyoto, Jepang, lulus tahun 1987. S3 bidang Pengolahan Mineral, Universitas Kyoto, lulus tahun 1992. Sejak tahun 2001 – 2006 menjabat sebagai Kepala Bidang Metalurgi Ekstraksi, Pulit Metalurgi-LIPI. Sampai sekarang sebagai peneliti di P2M-LIPI

