



Pemurnian Pasir Silika dengan Metode Leaching Asam dan bantuan Sonikasi

Sumarno^{1*}, Prida Novarita T.², Magvirah January³, Yuyun Yuniarti⁴

Program Studi Teknik Kimia, FTI, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

*E-mail: onramus@chem-eng.its.ac.id

Abstract

Silica sand is one of the natural materials that abundant in Indonesia . In nature, silica is difficult to obtain a high purity compound because it has a high affinity with the others oxide. Purification methode of silica can be done in several ways, one of which is sonication assisted acid leaching methode. In general, leaching medium used a strong acids such as HCl and H₂SO₄. The using of strong acids will produce waste that requires special handling as B3 waste. So in this research, used aquadest and oxalic acid as the leaching medium are more environmentally. The research have purpose to study the effect of sonication on purification process of silica sand with aquadest and oxalic acid leaching medium to obtain high purity silica sand. The product obtained were analyzed by Scanning Electron Microscopy (SEM) and X-Ray Fluorescence (XRF). XRF analysis results showed that the content in the silica sand increased from 97.75% to 99.40% with aquadest leaching medium and 99.46% with oxalic acid leaching medium with the same sonication time is 120 minutes. While the results of SEM analysis showed morphological changes of silica sand after sonication process both with distilled water leaching media and with oxalic acid.

Keywords: leaching, oxalic acid, purification, silica sand, sonication

Pendahuluan

1. Latar Belakang

Pasir silika atau pasir kuarsa adalah salah satu material alam yang melimpah di Indonesia, tercatat bahwa total sumber daya pasir silika sebesar 18 milyar ton. Permintaan pasir silika dengan kadar kemurnian yang tinggi untuk pemenuhan kebutuhan industri sangat tinggi. Di dunia perindustrian pemakaian pasir silika saat ini cukup pesat, seperti dalam industri ban, karet, gelas, semen, beton, keramik, tekstil, kertas, kosmetik, elektronik, cat, film, pasta gigi, dan lain-lain (Byantech, 2011).

Di alam, silika sulit didapatkan sebagai unsur dengan kemurnian tinggi, karena memiliki afinitas tinggi terhadap oksida dan atom lain dengan elektronegativitas tinggi. Secara kimia, ikatan antara oksigen dengan silikon bersifat 50% kovalen dan 50% ionik, sehingga membentuk ikatan yang kuat (White, 2005). Kandungan pengotor yang terdapat didalam pasir silika dapat mempengaruhi kualitas pasir silika dan produk berbahan baku pasir silika seperti merusak transmisi dari fiber optik dan transparansi pada industri kaca, menghitamkan produk keramik dan menurunkan titik leleh dari material refraktori. Sehingga dalam penggunaannya pasir silika perlu dimurnikan terlebih dahulu.

Proses pemurnian silika dapat dilakukan dengan metode kimia, fisika, biologi, atau gabungan antara ketiga metode tersebut. Selain itu juga proses pemurnian silika dapat dilakukan dengan proses leaching asam, dimana proses ini menggunakan asam organik dan asam anorganik (Ming Tsai, dkk., 2012). Proses pemurnian silika juga dapat dilakukan dengan metode leaching dengan treatment sonikasi. Sonikasi pada proses pemurnian silika digunakan sebagai energi untuk mempercepat proses leaching (Garcia & Castro, 2003).

Veglio, dkk. (1999) melakukan penghilangan besi untuk mendapatkan pasir silika dengan kemurnian tinggi yang menggunakan asam oksalat sebagai media leaching. Dalam proses leaching ukuran partikel sampel akan mempengaruhi *yield*. Oleh karena itu dilakukan variasi waktu grinding sampel, sehingga dihasilkan ukuran partikel yang berbeda. Pemurnian pasir silika dilakukan dalam reaktor berpengaduk pada suhu operasi sebesar 80°C dan konsentrasi asam oksalat 3 g/L. Diperoleh ukuran partikel sebesar 20µm adalah ukuran yang optimum untuk menghasilkan silika dengan kemurnian tinggi setelah proses leaching selama 3 jam dengan yield besi yang terekstrak sebesar 85-98%.

Swamy & Narayan (2001) melakukan pemurnian bijih logam dengan proses sonikasi. Proses sonikasi ini dapat mempercepat waktu leaching dan menurunkan penggunaan reaktan. Pengaruh dari sonikasi yaitu terbentuknya gelembung kavitasi yang merusak serta menghancurkan bijih logam secara cepat, sehingga akan mereduksi ukuran





partikel dari bijih logam. Pengaruh dari sonikasi juga dapat mempermudah media leaching untuk mengekstrak impuritis, sehingga dihasilkan bijih logam dengan kemurnian tinggi.

Zhang Jian, dkk. (2009) melakukan optimalisasi leaching asam menggunakan metode sonikasi untuk proses mekanik antara gelombang suara dengan cairan, sehingga memunculkan fenomena kavitasi. Namun penggunaan HCl sebagai media leaching membentuk silicon tetrachloride (SiCl_4) yang tidak dapat dihilangkan secara cepat, sehingga menyebabkan rate dari leaching akan menurun. Selain itu juga penggunaan asam kuat memerlukan *treatment* lebih lanjut untuk menangani limbah asam yang dihasilkan. Digunakan HCl sebagai media leaching. Proses leaching dengan sonikasi menyebabkan terjadinya interaksi

Feihu, dkk. (2010) melakukan pemurnian pasir silika dengan menggunakan sonikasi yang dibantu dengan asam oksalat. Pada percobaan ini terjadi peningkatan penghilangan besi dari pasir silika. Proses pemurnian ini dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain suhu dari sonikasi dan konsentrasi asam yang digunakan. Suhu dari sonikasi berpengaruh pada rate leaching, semakin tinggi suhu maka rate leaching semakin maksimal. Selain itu proses pemurnian silika ini dipengaruhi oleh konsentrasi asam oksalat yang digunakan, semakin tinggi konsentrasi asam oksalat yang digunakan maka rate leaching semakin cepat. Kondisi optimum untuk menghasilkan silika dengan kemurnian tinggi pada percobaan ini diperoleh pada suhu 95°C dengan konsentrasi 4 g/L, dimana pada kondisi tersebut rate leaching meningkat dan proses penghilangan impuritis dari pasir silika mencapai kondisi yang optimum.

Dari uraian di atas proses pemurnian silika dengan metode yang ramah lingkungan yaitu dilakukan proses sonikasi dengan menggunakan asam. Proses sonikasi ini akan mempercepat rate dari leaching, selain itu juga akan menurunkan penggunaan dari reaktan yang digunakan. Dengan metode diatas, maka proses pemurnian silika dengan sonikasi dan penggunaan asam sebagai media leaching perlu dipelajari lebih lanjut.

2. Rumusan Masalah

Pemurnian silika untuk mendapatkan silika dengan kemurnian tinggi dapat dilakukan dengan berbagai cara. Salah satunya yaitu metode sonikasi dengan menggunakan asam sebagai media leaching. Dengan sonikasi rate leaching menjadi semakin cepat. Berdasarkan penelitian Feihu, dkk. (2010) membuktikan bahwa metode sonikasi lebih efisien dalam proses pemurnian silika. Hal ini dipengaruhi adanya peristiwa pecahnya *bubble* kavitasi yang diakibatkan karena pengaruh dari gelombang suara yang dihasilkan, dimana *bubble* tersebut berkembang pada siklus tertentu serta mengalami proses *compression* dan *rarefaction* yang berlangsung secara terus menerus, dan pada saat tertentu *bubble* tersebut mencapai keadaan yang tidak stabil karena tekanan yang terus menerus bertambah. Pecahnya *bubble* kavitasi ini bertindak sebagai lokal "*hotspot*". Kemudian *bubble* kavitasi tersebut membentuk *microjet* yang menghasilkan tumbukan dengan permukaan padatan. Terjadinya peristiwa tersebut yang dapat mempercepat rate leaching dalam proses pemurnian silika. Asam yang digunakan sebagai media leaching yaitu asam oksalat, dimana asam akan melarutkan impuritis dari pasir silika. Selain itu juga asam oksalat merupakan asam anorganik yang baik karena kekuatan asamnya memiliki karakteristik kompleks yang baik dan kekuatan untuk mereduksi yang tinggi, bila dibandingkan dengan asam organik lainnya. Pada penelitian ini menggunakan *direct sonication* dengan sistem heterogen, yaitu energi dialirkan langsung ke dalam sistem heterogen yang terdiri dari asam oksalat dan pasir silika yang tidak saling larut. Oleh karena itu proses pemurnian pasir silika untuk mendapatkan kemurnian yang tinggi dengan metode sonikasi dan penggunaan asam oksalat sebagai media leaching perlu dipelajari lebih lanjut.

3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu mempelajari pengaruh sonikasi pada proses pemurnian pasir silika untuk memperoleh pasir silika dengan kemurnian tinggi dan kandungan impuritis sekecil mungkin baik dengan media leaching aquadest maupun dengan media leaching asam oksalat.

Metodologi

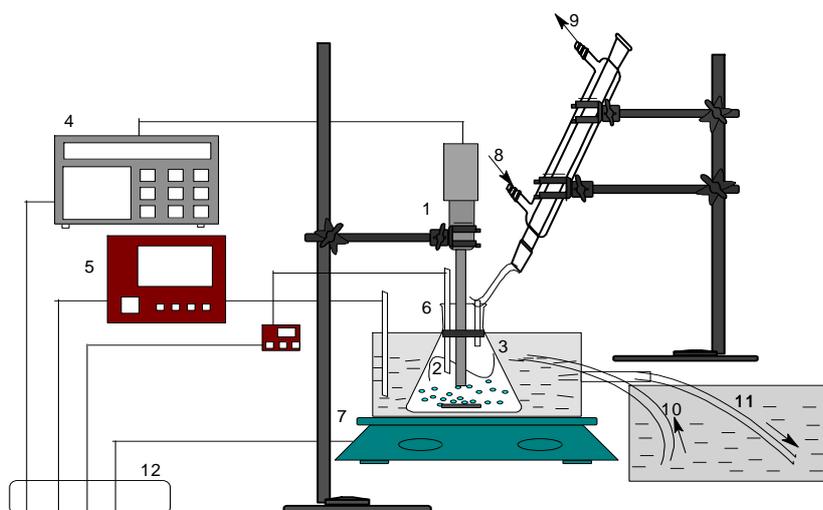
Penelitian ini diawali dengan membuat campuran antara pasir silika dan larutan (tanpa atau dengan asam oksalat) dengan perbandingan 1:10 (w/v) didalam reaktor. Setelah itu mengkondisikan suhu *water bath* sesuai dengan suhu operasi, kemudian meletakkan reaktor pada *water bath*. Lalu melakukan proses sonikasi sesuai variabel waktu. Setelah proses sonikasi selesai, hasil sonikasi didinginkan secara cepat, kemudian memisahkan antara pasir silika dan larutan. Pasir silika hasil sonikasi dicuci dengan menggunakan aquadest sampai pH air cucian sama dengan pH aquadest (pH 5), sedangkan untuk larutan disentrifugasi selama 15 menit, lalu dipisahkan antara filtrat dan endapan hasil sentrifugasi. Sampel padatan pasir silika hasil sonikasi dianalisa dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM), dan *X-Ray Fluorescence* (XRF), sedangkan untuk larutan hasil sonikasi dianalisa dengan Spektrofotometer UV-Vis.

Bahan Penelitian

1. Pasir silika
2. Asam oksalat (p.a)
3. Aquadest



Skema Peralatan Penelitian



Gambar III.1 Skema Peralatan Proses Sonikasi pada Pemurnian Silika

Keterangan:

1. Probe ultrasonic
2. Reaktor
3. *Water bath*
4. Generator Ultrasonik
5. *Thermostat*
6. *Termocouple*
7. *Magnetic Stirrer*
8. Air pendingin masuk
9. Air pendingin keluar
10. Air masuk
11. Air keluar
12. Sumber Listrik

Prosedur Penelitian

A. Persiapan Reaktan

1. Membuat larutan asam oksalat dengan berbagai variasi konsentrasi.
2. Membuat campuran antara pasir silika dan larutan (baik untuk tanpa atau dengan asam oksalat) dengan perbandingan 1 : 10 (w/v).

B. Proses Sonikasi

1. Memasukkan campuran pasir silika dan larutan (baik untuk tanpa atau dengan asam oksalat) ke dalam reaktor.
2. Mengkondisikan suhu operasi pada *water bath*, setelah suhu operasi tercapai meletakkan reaktor pada *water bath* dan menyambungkan reaktor pada alat sonikasi.
3. Menyalakan *stirrer* pada kecepatan 350 rpm.
4. Memulai proses sonikasi sesuai variabel waktu.
5. Melepaskan reaktor setelah proses sonikasi selesai, kemudian mendinginkan hasil sonikasi secara cepat.
6. Memisahkan antara pasir silika dengan larutan hasil sonikasi.
7. Mencuci padatan (pasir silika) dengan aquadest sampai pH air cucian sama dengan pH aquadest.
8. Padatan dikeringkan pada suhu ruang.
9. Untuk larutan hasil sonikasi disentrifugasi selama 15 menit, kemudian dipisahkan antara endapan dan filtrat hasil sentrifugasi.

Hasil dan Pembahasan

Karakterisasi Pasir Silika

Pasir silika yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari tambang. Adapun karakterisasi dari pasir silika dapat diperoleh dari hasil analisa kuantitatif dengan menggunakan *X-Ray Fluorescence (XRF)*. Hasil dari analisa XRF dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Analisa XRF Pasir Silika Sebelum Dicuci

Komponen	Kadar (wt.%)
SiO ₂	96,06
Al ₂ O ₃	2,61
CaO	0,424
Fe ₂ O ₃	0,302
MgO	0,200
K ₂ O	0,158
Na ₂ O	0,124
S	0,0417
P ₂ O ₅	0,0360
TiO ₂	0,0307
Cr ₂ O ₃	0,0120
MnO ₂	0,0094
ZnO	0,0015

Sebelum pasir silika dimurnikan dengan proses sonikasi, pasir silika dicuci terlebih dahulu, ±200 gram Pasir silika dicuci dengan 500 mL air dengan pengadukan 800 rpm selama 1 menit sebanyak 10 kali pencucian. Hal ini bertujuan untuk menghilangkan clay yang terdapat pada pasir silika serta untuk menghilangkan impuritis yang terdapat diluar permukaan pasir silika. Selain itu juga proses pencucian pasir silika bertujuan untuk mengurangi beban leaching pada saat proses sonikasi. Hasil analisa secara kuantitatif dengan menggunakan analisa XRF dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Analisa XRF Pasir Silika Setelah Dicuci

Komponen	Kadar (wt.%)
SiO ₂	97,75
Al ₂ O ₃	1,38
CaO	0,302
Fe ₂ O ₃	0,149
MgO	0,115
K ₂ O	0,106
Na ₂ O	0,0954
S	0,0282
P ₂ O ₅	0,0276
TiO ₂	0,0255
Cr ₂ O ₃	0,0124
MnO ₂	0,0071
ZnO	0,0015

Pada Tabel 2 kadar silika yang terdapat pada pasir silika mengalami peningkatan setelah dilakukan proses pencucian. Kadar SiO₂ awal yaitu sebesar 96,06% meningkat menjadi 97,75%. Impuritis yang berada dipermukaan pasir silika terbawa oleh air pencuci sehingga kadar impuritis semakin menurun dan kemurnian silika meningkat.

Analisa Produk

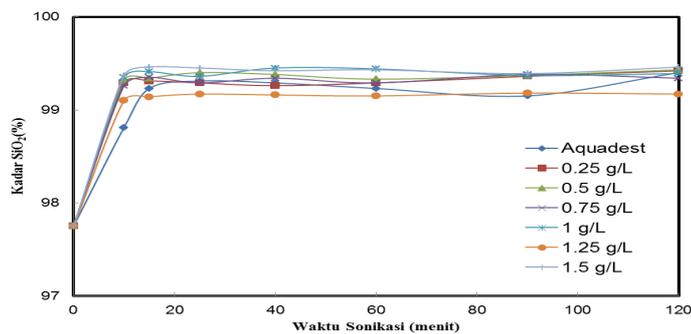
Setelah proses sonikasi terdapat perbedaan fisik yang dapat dibuktikan dengan melakukan analisa padatan yang sebelumnya dipisahkan dari filtratnya dengan cara sentrifugasi yang kemudian dicuci, dikeringkan dan selanjutnya dilakukan analisa *X-Ray Fluorescence* (XRF) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM), sedangkan liquidnya dianalisa dengan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis.

1. Analisa *X-Ray Fluorescence* (XRF)

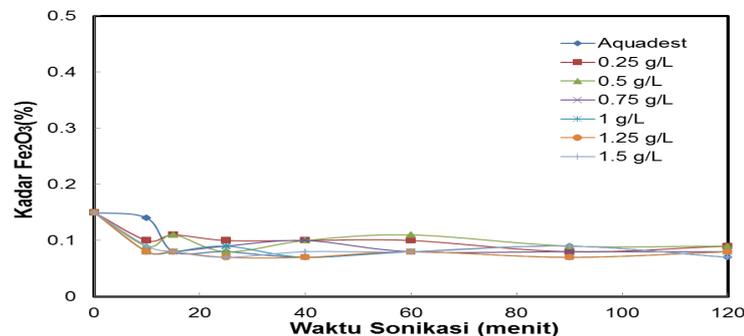
Analisa XRF bertujuan untuk mengetahui kadar komponen-komponen yang terkandung didalam sampel pasir silika sebelum dan setelah sonikasi. Dari analisa ini, diperoleh kadar komponen yang terkandung didalam pasir silika seperti kadar SiO₂(%), Fe₂O₃(%) dan lain-lain. Sehingga dapat dibuat grafik profil hubungan antara waktu sonikasi dengan kadar masing-masing komponen yang terkandung didalam pasir silika. Pada Gambar 1 dapat dilihat profil kadar SiO₂ pada berbagai variasi konsentrasi asam oksalat dan variasi waktu sonikasi.

Dari Gambar 1 diatas menunjukkan bahwa proses sonikasi dengan media leaching aquadest, kadar SiO₂ yang diperoleh semakin meningkat seiring dengan semakin lamanya waktu sonikasi sehingga diperoleh kadar SiO₂ tertinggi 99,40% dengan waktu sonikasi 120 menit. Sedangkan, proses sonikasi dengan media leaching asam oksalat pada setiap konsentrasi yang digunakan diperoleh kadar SiO₂ yang meningkat secara signifikan pada waktu sonikasi 10 menit apabila dibandingkan dengan kadar SiO₂ sebelum dilakukan sonikasi yaitu dari 97,75% menjadi 98,81%

dengan media leaching aquadest dan 99,37% dengan media leaching asam oksalat, semakin meningkat sampai waktu sonikasi 15 menit dan mulai mengalami penurunan kadar SiO_2 pada waktu sonikasi antara 25 sampai dengan 60 menit dan kembali mengalami kenaikan kadar SiO_2 pada waktu sonikasi 90 sampai dengan 120 menit. Karena pada proses sonikasi dengan bantuan leaching terjadi peristiwa *microjetting* yang dihasilkan dari tumbukan antar partikel padatan dan bubble kavitasi, dimana peristiwa ini mengakibatkan *cracking* dari partikel dan membantu media leaching untuk mengekstrak impuritis yang terdapat didalam matriks pasir silika, sehingga dihasilkan kadar SiO_2 dengan kemurnian tinggi. Kenaikan kadar SiO_2 pada produk hasil sonikasi menunjukkan hasil tidak signifikan pada waktu sonikasi setelah 10 menit. Hal ini dikarenakan efisiensi leaching akan meningkat dengan bertambahnya waktu sonikasi sampai diperoleh kesetimbangan. Waktu leaching antara 3 dan 60 menit dijelaskan dalam beberapa literatur merupakan waktu yang dapat menghasilkan pengurangan yang signifikan. Hal dikarenakan adanya degradasi dari bahan atau dekomposisi dari pelarut organik yang disebabkan oleh gelombang ultrasound. Variabel waktu sonikasi yang digunakan sampai dengan 120 menit, hal ini bertujuan untuk memperoleh kandungan SiO_2 yang setinggi-tingginya sesuai dengan kualifikasi pasir kuarsa yang dibutuhkan pada berbagai industri yaitu dengan kandungan SiO_2 diatas 99%.



Gambar 1 Profil Kadar SiO_2 Setelah Proses Sonikasi ($T=30^\circ\text{C}$) pada Variasi Konsentrasi Larutan Asam Oksalat dan Variasi Waktu Sonikasi

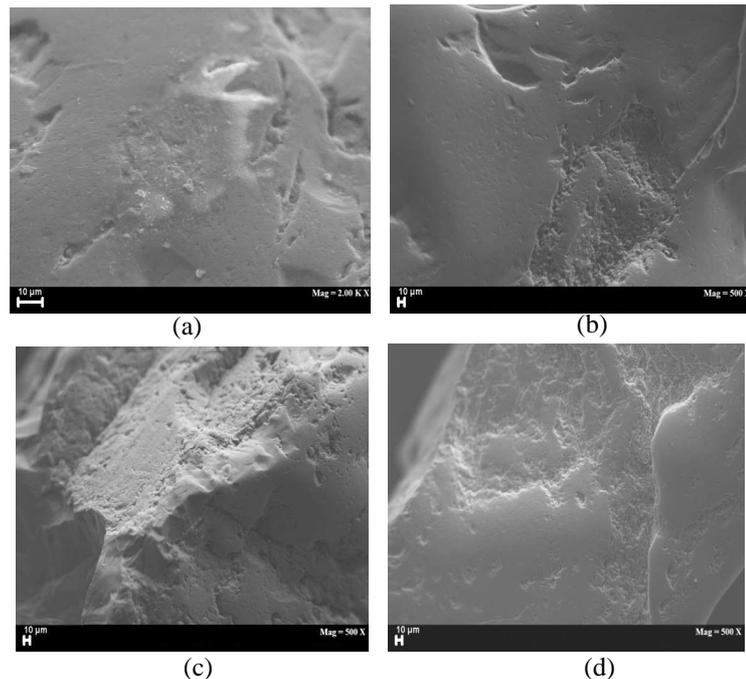


Gambar 2 Profil Kadar Fe_2O_3 Setelah Proses Sonikasi ($T=30^\circ\text{C}$) pada Variasi Konsentrasi Larutan Asam Oksalat dan Variasi Waktu Sonikasi

Gambar 2 menunjukkan bahwa waktu sonikasi dan konsentrasi larutan mempengaruhi kadar Fe_2O_3 didalam sampel pasir silika. Semakin lama waktu sonikasi maka semakin kecil kadar Fe_2O_3 yang terkandung pada partikel silika setelah proses sonikasi dengan berbagai media leaching aquadest dan asam oksalat dalam berbagai konsentrasi. Penurunan kadar Fe_2O_3 ini diakibatkan karena adanya media leaching yang dapat menembus kedalam matriks pasir silika, sehingga dapat melarutkan impuritis Fe_2O_3 yang terdapat dalam matriks pasir silika. Penembusan media leaching ini diakibatkan karena adanya peristiwa microjet dari hasil fenomena kavitasi. Selain itu, penurunan kadar Fe_2O_3 ini diakibatkan karena adanya proses difusi, dimana terjadi perpindahan massa dari impuritis dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi yang rendah (Castro & Capote, 2006). Dimana kadar Fe_2O_3 didalam matriks tinggi sedangkan pada media leaching konsentrasi dari Fe_2O_3 sangat rendah. Proses difusi ini akan terjadi sampai seluruh partikel tersebar secara luas merata atau mencapai suatu kesetimbangan dimana perpindahan molekul tetap terjadi walaupun tidak terjadi perubahan konsentrasi.

2. Analisa *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Analisa SEM dilakukan untuk mengetahui perubahan bentuk morfologi dari pasir silika sebelum proses sonikasi dan setelah dilakukan proses sonikasi. Analisa morfologi dari pasir silika sebelum dan sesudah proses sonikasi dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Morfologi pasir silika (a) sebelum proses sonikasi (b) sonikasi aquadest 120 menit (c) Sonikasi asam oksalat 15 menit (d) Sonikasi asam oksalat 120 menit

Gambar 3 menunjukkan bentuk morfologi pasir silika sebelum dan setelah proses sonikasi dengan media leaching aquadest dan asam oksalat pada suhu 30°C dan waktu sonikasi 25 menit untuk media leaching asam oksalat 1,5 g/L dan 120 menit untuk media leaching aquadest dan asam oksalat 1,5 g/L menggunakan Analisa *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Pada Gambar IV.5 (a) merupakan bentuk morfologi pasir silika yang sebelum dilakukan proses sonikasi, menunjukkan komponen pengotor/impuritis terlihat pada permukaan mineral coating. Gambar IV.5 (b) menunjukkan bentuk morfologi pasir silika yang telah disonikasi dengan menggunakan aquadest selama 120 menit, beberapa mineral masih menempel pada permukaan pasir silika tetapi jumlahnya sangat sedikit serta menunjukkan permukaan pasir yang lebih kasar dan berlubang dibandingkan dengan morfologi permukaan pasir silika sebelum proses sonikasi. Gambar IV.5 (c) menunjukkan bentuk morfologi pasir silika setelah proses sonikasi menggunakan media leaching asam oksalat konsentrasi 1,5 g/L dengan waktu sonikasi 15 menit, menunjukkan bahwa tidak terlihat adanya impurities yang terdapat pada permukaan pasir silika serta menunjukkan permukaan pasir yang lebih kasar dan berlubang apabila dibandingkan dengan morfologi permukaan pasir silika sebelum proses sonikasi. Gambar IV.5 (d) menunjukkan bentuk morfologi pasir silika setelah proses sonikasi menggunakan media leaching asam oksalat konsentrasi 1,5 g/L dengan waktu sonikasi 120 menit, menunjukkan bahwa tidak terlihat adanya impurities yang terdapat pada permukaan pasir silika serta menunjukkan permukaan pasir yang lebih kasar dan berlubang apabila dibandingkan dengan morfologi permukaan pasir silika sebelum proses sonikasi. Fenomena ini dapat terjadi karena adanya peranan dari gelombang impuls yang kuat yaitu gelombang sonikasi, yang dapat mengeluarkan impuritis dari pasir silika ke dalam fase cair dan kemudian impurities berupa Fe_2O_3 , Al_2O_3 dan komponen lainnya dapat bereaksi dengan asam oksalat dengan mudah (Feihu dkk., 2010). Hal ini berarti bahwa gabungan metode sonikasi dan leaching asam dapat bekerja lebih baik dibandingkan dengan gabungan metode sonikasi dan media leaching aquadest.

Kesimpulan

1. Proses sonikasi dapat digunakan untuk pemurnian pasir silika dengan kemurnian tinggi. Kemurnian silika tertinggi yang diperoleh yaitu 99,46%.
2. Berdasarkan hasil analisa *X-Ray Fluorescence* (XRF) diperoleh pasir silika dengan kandungan SiO_2 99,37% pada waktu sonikasi 10 menit sedangkan pada waktu sonikasi 120 menit diperoleh pasir silika dengan kadar SiO_2 tertinggi sebesar 99,46% dan kadar impuritis Fe_2O_3 0,07% dan Al_2O_3 0,21% pada media leaching asam oksalat konsentrasi 1,5 g/L dan waktu sonikasi selama 120 menit.
3. Berdasarkan hasil analisa *Scanning Electron Microscopy* (SEM) diperoleh morfologi pasir silika yang bebas dari impuritis pada pasir silika setelah proses sonikasi dengan asam oksalat konsentrasi 1,5 g/L dan waktu sonikasi selama 120 menit.



Daftar Pustaka

- Byan Technology Indonesia. 2011. *Pengolahan Pasir Silika*. <http://www.byantech.com/kategori-pabrik/pengolahan-pasir-silika/> (diakses pada tanggal 5 Agustus 2014).
- Castro, M. D. L., and Capote F. P. 2006. "Techniques and Instrumentation in Analytical Chemistry". Analytical Applications of Ultrasound. 26, 99-137.
- Feihu D., Jingsheng L., Xiaoxia L., & Zhang Z. 2010. "Improvement of Iron Removal Silica Sand Using Ultrasound Assisted Oxalic Acid". Ultrasonics Sonochemistry. 18, 389-393.
- Fessenden, R. J. & J. S. Fessenden. 2001. *Kimia Organik Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Fhendy. 2011. *Pasir Kuarsa*. <http://uvrimining.blogspot.com/2011/12/pasir-kuarsa.html/> (diakses pada tanggal 5 Agustus 2014).
- Garcia, J.L. & Castro, M.D. 2003. "Ultrasound: a Powerful Tool for Leaching." Trends in Analytical Chemistry. 22, 41-47.
- Hielscher Ultrasonics GmbH, AmDobelbach, 19 D-70184 Stuttgart, Germany; www.hielscher.com, last accessed 13 Agustus 2014.
- Jian Zhang, Tingju, L., Xiadong, M., Dawei, L., Ning L., & Dehua L. 2009. "Optimization of the Leaching Process by Using an Ultrasonic Field for Metallurgical Grade Silicon". Journal of Semiconductors. 30, 53002-1.
- Lucas, Howard J, David Pressman. 1949. *Principles and Practice In Organic Chemistry*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Martinaz, J. L. C. 2009. *Ultrasound In Chemistry, Analytical Applications*. Portugal: Wiley-VCH.
- Mason, T.J. 2014. *Introduction to Sonochemistry*. <http://www.sonochemistry.info/introduction.htm/> (diakses pada tanggal 14 Agustus 2014).
- Ming-Tsai, L., Yi-Chin, Y., Ru-Chien, L., Bo-Han, C., Jen-Chieh C., "Yung-Fang, & Yu-Chang. 2012. *Silica Purification By Subcritical Water Leaching*". Institute of Nuclear Energy Research.
- Sudarmadji, S., Haryono, B., Suhardi. 1996. *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian. 145 Liberti*. Yogyakarta.
- Suslick Kenneth S. 1994. "The Chemistry of Ultrasound." Encyclopedia Britannica: Chicago, pp 138-155.
- Swamy K.M. & Narayana K.L. 2001. "Intensification of Leaching Process by Dual-Frequency Ultrasound". Ultrasonics Sonochemistry. 8, 341-346.
- Ubay, bey. 2011. *Ekstraksi padat-cair*. www.ekstraksi-padat-cair.html diakses pada tanggal 10 Desember 2014.
- Veglio F., Passariello B., & Abburuzzese, C. 1999. "Iron Removal Process for High-Purity Silica Sand Production by Oxalic Acid Leaching". Ind. Eng. Chem. Res. 38, 4443-4448.
- Vogel, A.I. 1985. *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*. Edisi kelima. Bagian II. Diterjemahkan oleh Pudjaatmaka, A.H. dkk. Jakarta: PT Kalman Pustaka.
- Wang, dkk.. 2007. *Preparation of Fe₃O₄ Spherical Nanoporous Part Facilitated by Polyethylene Glycol 4000*. Vol.4, 1439-1446.
- White, H.M. 2005. *Geochemistry*. John-Hopkins University Press.
- Wibawa, Indra. 2012. *Ekstraksi Cair-Cair*. Lampung: Teknik Kimia Universitas. Lampung
- Wilson I. D, Michael C, Colin F P, Edward R A. 2000. "Encyclopedia of Separation Science". Academic Press. 118-119.





Lembar Tanya Jawab

Moderator : Yunus Tonapa Sarung (Politeknik Negeri Bandung)

Notulen : Sri Wahyu Murni (Teknik Kimia UPN "Veteran" Yogyakarta)

1. Penanya : M. Syahri (UPN "Veteran" Yogyakarta)
- Pertanyaan :
 - Proses sonikasi seberapa jauh indikasinya
 - Pasir silika setelah proses digunakan untuk apa?
- Jawaban :
 - Sonikasi tidak hanya berfungsi untuk pengadukan, namun dapat membantu proses leaching. Hal ini disebabkan karena pada sonikasi dapat mengalami kavitasi. Kavitasi tersebut dapat memecah pori dari pasir silika dan membantu larutan asam oksalat masuk dalam pori dan melarutkan impurities yang ada didalamnya.
 - Diharapkan pasir silika yang dihasilkan memiliki kemurnian yang tinggi sehingga dapat digunakan di industri kaca.

