

**PEMURNIAN PASIR SILIKA MENJADI PASIR STANDAR MENGGUNAKAN
EKSTRAK BELIMBING WULUH (*EVERRHOA BILIMBI L*)
SEBAGAI *LEACHING AGENT***

***THE PURIFICATION OF SILICA SAND BECOME A STANDARD SAND
USING STARFRUIT EXTRACT (*EVERRHOA BILIMBI L*)
AS A LEACHING AGENT***

**Muhammad Amin, David Candra. B, Kusno Isnugroho, Yusup Hendronursito,
Muhammad Al Muttaqii**

Balai Penelitian Teknologi Mineral – LIPI
Jalan Ir. Sutami K.15 Tanjung Bintang Lampung Selatan, 35361, Indonesia
E-mail: almuttaqiimuhammad@gmail.com

Diterima : 20-09-2019

Direvisi : 30-11-2019

Disetujui : 23-12-2019

ABSTRAK

Penelitian pemurnian pasir silika menjadi pasir standar yang digunakan untuk pengujian semen sebagai pengganti pasir ottawa dilakukan dengan menggunakan larutan ekstrak belimbing wuluh untuk mendapat kemurnian $\text{SiO}_2 > 98\%$. Penelitian dilaksanakan dengan melarutkan pasir silika menggunakan larutan ekstrak belimbing wuluh (*everrhoa bilimbi l*). Dalam 1 kg buah belimbing wuluh akan didapatkan ekstrak belimbing wuluh belimbing (*everrhoa bilimbi l*) sebanyak 750 ml, sehingga recovery asam organik yang didapat sebanyak 75%. Variasi konsentrasi larutan ekstrak belimbing wuluh (*everrhoa bilimbi l*) yang digunakan 80% (ekstrak belimbing: aquades = 80:20 ml), 90% (ekstrak belimbing: aquades = 90:10 ml), dan 100% (ekstrak belimbing 100 ml), pelarutan dilakukan dengan cara dipanaskan diatas *hotplate stirrer* pada suhu 60 °C dan diaduk dengan kecepatan putar 250 rpm selama 5 dan 6 jam. Hasil pemurnian pasir silika yang terbaik adalah pemanasan suhu 60 °C selama 6 jam dengan konsentrasi pelarut 100% dengan kadar SiO_2 sebesar 98,56%. Pemurnian pasir silika menjadi pasir standar dengan menggunakan larutan ekstrak belimbing wuluh (*everrhoa bilimbi l*) memenuhi standar ASTM C 190 dan AASHTO Method T-132 karena hasil SiO_2 yang didapat sebelum dilarutkan sebesar 91,79% dan setelah dilarutkan menjadi 98,56%. Pelarut yang digunakan ini bersifat ramah lingkungan karena sisa larutan hasil pemurnian tidak merusak lingkungan.

Kata kunci: pasir silika, pasir ottawa, belimbing wuluh, butir, kemurnian

*The study of purification of silica sand into a standard sand was used for testing cement as a substitute for Ottawa sand. It was carried out to obtain a SiO_2 with purity of $>98\%$ using a Belimbing wuluh (*everrhoa bilimbi l*) extract solution. This research was carried out by dissolving of silica sand using a Belimbing wuluh (*everrhoa bilimbi l*) extract solution with various concentrations of 80, 90 and 100%. It was carried out by heating on a hotplate stirrer at temperature of 60 °C with speed of 250 rpm for 5-6h. The result showed of the best silica sand purification at temperature of 60 °C for 6h over a solvent concentration of 100% with a SiO_2 content of 98.56%. According to ASTM C190 and AASHTO Method T-132, the purification of silica sand into standard sand for cement testing can use Belimbing wuluh (*everrhoa bilimbi l*) extract because the SiO_2 fulfill the standards. The solvent used is environmentally friendly because the purification solution does not damage the environment.*

Keywords: silica sand, ottawa sand, belimbing wuluh (*everrhoa bilimbi l*), grain, purity

PENDAHULUAN

Pasir silika atau pasir kuarsa adalah salah satu material alam yang melimpah di Indonesia, tercatat bahwa total sumber daya pasir silika sebesar 18 miliar ton. 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, sehingga membentuk ikatan yang kuat (White, 2005). Metode pemurnian yang dilakukan untuk mendapatkan silika yang murni yaitu metode purifikasi (*leaching*) (Suparsih, 2013). Metode purifikasi (*leaching*) merupakan metode sintesis dengan menggunakan prinsip transfer difusi komponen terlarut dari padatan *inert* ke dalam pelarutnya sehingga dapat mengurangi kandungan unsur-unsur pengotor dalam pasir kuarsa. Menurut Adjiantoro, *et al.*, (2016), pelarut yang dapat digunakan untuk menghasilkan kadar kemurnian silika (SiO_2) yang tinggi ialah larutan HCl. Kandungan pengotor yang terdapat didalam pasir silika dapat mempengaruhi kualitas pasir silika. 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, *et al.*, 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, *et al.*, (1999) melakukan penghilangan besi untuk mendapatkan pasir silika dengan kemurnian tinggi yang menggunakan asam oksalat sebagai media leaching. Pemurnian pasir silika dilakukan dalam reaktor berpengaduk pada suhu operasi sebesar 80°C dan konsentrasi asam oksalat 3 g/L. Diperoleh ukuran partikel sebesar $20\mu\text{m}$ adalah ukuran yang optimum untuk menghasilkan silika dengan kemurnian tinggi setelah proses leaching selama 3 jam dengan yield besi yang terekstrak sebesar 85-98%. Zhang Jian, *et al.*, (2009) melakukan optimalisasi leaching asam menggunakan metode sonikasi untuk proses mekanik antara gelombang suara dengan cairan, sehingga memunculkan fenomena kavitasi. Selain itu juga penggunaan asam kuat memerlukan *treatment* lebih lanjut untuk menangani limbah asam yang dihasilkan.pemurnian silika. Feihu, *et al.*, (2010) melakukan pemurnian pasir silika dengan menggunakan sonikasi yang dibantu dengan asam oksalat. Pada percobaan ini terjadi peningkatan penghilangan besi dari pasir silika. 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. Pasir kuarsa dapat dengan mudah untuk disintesis atau dimurnikan apabila ukuran partikel pasir kuarsa berukuran nano atau serbuk (Pramudono, *et al.*, 2008). Alat yang digunakan untuk mereduksi ukuran partikel silika menjadi serbuk ialah alat *ball milling*. Alat ini dapat mereduksi ukuran partikel dengan menggunakan bola- bola besi yang berputar pada suatu wadah untuk memberikan beban dinamis agar menjadi serbuk (Xiao *et al.*, 2007). Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Indah Ukhtiyani (2017) pemurnian silika menggunakan metode purifikasi (*leaching*) dan *milling* selama 1 jam menggunakan alat *ball milling* dan diperoleh kadar silika sebesar 99,88%. Dari berbagai macam metode pemurnian pasir kuarsa tersebut diatas semua dilakukan dengan menggunakan larutan bahan kimia sehingga larutan yang tersisa dari hasil pemurnian tersebut sangat berpotensi menjadi limbah cair yang dapat merusak lingkungan dan harga bahan kimia yang digunakan cukup mahal. Belimbing wuluh (*everrhoa bilimbi l*) yang mempunyai kandungan asam organik yang cukup banyak serta pH yang sangat asam 1-2. karena itu dapat digunakan untuk mereduksi oksida besi (Amin, *et al.*, 2016), belimbing wuluh sangat potensi

karena dapat menghasilkan 1500 buah perpohon (Wong & Wong, 1995). Salah satu wilayah yang sedang mengembangkan penanaman buah belimbing wuluh adalah wilayah Kecamatan Genteng, Kota Surabaya (Indah Murti, *et al.*, 2014).

Komposisi kimia yang terkandung didalam belimbing wuluh banyak mengandung asam-asam organik, seperti terlihat pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Kandungan asam organik buah belimbing wuluh

Asam Organik	Jumlah (meq asam/100 g total padatan)
Asam asetat	1,6-1,9
Asam sitrat	92,6-133,8
Asam format	0,4-0,9
Asam laktat	0,4-1,2
Asam oksalat	5,5-8,9
Sedikit asam malat	-

Sumber: (Pino *et al.*, 2004).

Pasir standar yang digunakan selama ini berasal dari luar negeri dan diimpor dari Canada dan cukup mahal (1.155,88\$/50 kg), sedangkan kebutuhan untuk pengujian semen di laboratorium cukup banyak yaitu 25 kg/minggu maka dari itu dicari bahan alternatif local dari Indonesia untuk menggantikan pasir standar tersebut. Salah satu bahan alternatif yaitu pasir kuarsa. Pasir kuarsa diolah melalui proses pemurnian dengan bahan yang ramah lingkungan dan kemudian dihaluskan dengan mesin *ball mill* agar sesuai dengan standar ASTM C 190. Spesifikasi Pasir Standar Ottawa (*for Cement Testing*) asal Canada berdasarkan ASTM C 190 dan AASHTO Method T-132 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Pasir Standar Ottawa Berdasarkan ASTM C 190

Item Analisis	Standar ASTM C 190
SiO ₂ (%)	98,21
Fe ₂ O ₃ (%)	0,42
Al ₂ O ₃ (%)	0,32
CaO (%)	0,01
MgO (%)	0,01
Kadar Air (%)	< 10
Kadar Kotoran/Clay (%)	< 5

Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini bertujuan untuk mencari bahan alternatif yang dapat digunakan sebagai pelarut yang tidak berdampak pada pencemaran lingkungan dan aman pada manusia dengan menggunakan ekstrak buah belimbing wuluh (*everrhoa bilimbi*). Ekstrak buah belimbing wuluh banyak mengandung asam organik yang sangat diperlukan untuk mereduksi senyawa pengotor pada pasir silika terutama Fe₂O₃ dan Al₂O₃. Penelitian ini juga untuk mempelajari pengaruh konsentrasi larutan ekstrak belimbing wuluh dan waktu pengadukan. Selain itu akan dilakukan karakterisasi senyawa kristal sebelum dan sesudah pemurnian menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD).

METODE PENELITIAN

Bahan

Mineral pasir kuarsa/silika yang digunakan berasal dari Desa Pasir Sakti Kecamatan Labuhan Maringgai Kabupaten Lampung Timur, larutan ekstrak belimbing wuluh, semen, air.

Alat yang digunakan

Mesin blender, gelas beaker, pengaduk, timbangan, oven pengering merek *memert*, XRF (*X-Ray Fluorescence*) merek PANalytic, dan XRD (*X-Ray Diffraction*).

Ekstraksi belimbing wuluh

Ekstrak belimbing wuluh dilakukan dengan cara menghaluskan 1 kg belimbing wuluh di mesin blender dan disaring. Setelah itu sebanyak 750 ml larutan yang didapat, diambil untuk digunakan sebagai pelarut pada proses pemurnian pasir silika.

Preparasi pasir silika

Pasir silika dilakukan pencucian terlebih dahulu untuk menghilangkan kotoran atau clay yang terkandung didalam pasir, kemudian dilakukan penggilingan pasir kuarsa/silika dimesin *ball mill* selama 5–6 jam. Selanjutnya, dilakukan pengayakan dengan ukuran mesh lolos antara mesh 30-325. Untuk meningkatkan tingkat kemurnian pasir, dilakukan pemurnian menggunakan ekstrak larutan belimbing wuluh dengan variasi konsentrasi larutan ekstrak belimbing wuluh (*everrhoa bilimbi l*) 80% (ekstrak belimbing : aquades = 80 ml : 20 ml), 90% (ekstrak belimbing : aquades = 80 ml : 10 ml), dan 100% (ekstrak belimbing = 100 ml), dipanaskan pada suhu 60 °C, dan diaduk diatas *hotplate stirrer* dengan variasi waktu 5 dan 6 jam. Setelah itu, dilakukan penyaringan dan pencucian menggunakan aquades untuk mendapatkan pasir murni.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam 1 kg buah belimbing wuluh didapatkan ekstrak belimbing wuluh belimbing (*everrhoa bilimbi l*) sebanyak 750 ml yang akan digunakan untuk mengekstrak pasir kuarsa. Tabel 3 menunjukkan hasil uji gradasi atau modulus halus butir (MHB) pasir asal Labuhan Maringgai Lampung Timur. Hasil pengujian gradasi pasir Maringgai masuk dalam jenis pasir halus dengan angka modulus halus butir (MHB) sebesar 2,3. Sesuai dengan PUBI (1982), syarat MHB pasir halus antara 2,2 sampai 2,6 sehingga pasir yang digunakan memenuhi syarat. Sedangkan pasir standar ottawa pasir masih kurang halus sehingga perlu dilakukan penghalusan butir antara mesh 30 sampai mesh 200. Pada umumnya pasir dapat dikelompokkan menjadi 3 macam tingkat kehalusan, yaitu: Pasir halus: m.h.b 2,20 – 2,60, Pasir sedang: m.h.b. 2,60 – 2,90, Pasir kasar: m.h.b. 2,90 – 3,20.

Tabel 3. Hasil Pengujian Gradasi Bahan Baku Pasir

Lubang ayakan		Berat tertinggal		Berat kumulatif (%)
mm	mesh	gr	%	
2	10	0	0	0
0,5	35	43,3	10,99	10,99
0,42	40	47,49	12,05	23,04
0,354	45	90,14	22,88	45,92
0,25	60	57,05	14,48	60,8
0,15	100	117	29,7	90,5
Sisa		38,93	9,88	-
Total		393,91	99,97	231,25
MHB		-	-	2,3

Tabel 4 menunjukkan hasil pengujian distribusi ukuran pasir dan kemudian dibandingkan dengan pasir standar Ottawa. Hasilnya menunjukkan bahan baku pasir yang berasal dari labuhan Maringgai Lampung Timur masih kurang sedikit halus karena masih ada sebagian yang tertinggal diukuran mesh 20 dan 35 masing-masing sebanyak 0,12 dan 9,76 %. Dengan demikian bahwa pasir asal Labuhan Maringgai perlu dilakukan penggilingan sedikit

di dalam mesin *ball mill* agar tidak terdapat ukuran butir pasir mesh 20 dan 35 sehingga dapat menyamai pasir standar Ottawa. Penghalusan pasir dimesin *ball mill* dilakukan selama 0,5 dan 1 jam. Hasil penghalusan pasir dimesin ball mill dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 4. Hasil Pengujian Distribusi Ukuran Pasir Silika Sebelum Dimurnikan dibandingkan Dengan Pasir Standar Ottawa dari Canada

Ukuran Ayakan (Mesh)	% Hasil Distribusi Ukuran	
	Bahan Baku Pasir	Pasir Standar Ottawa Canada
10	0	0
20	0,12	0
35	9,76	0
40	22,10	59,18
60	30,89	27,03
80	12,39	8,39
100	13,56	4,15
120	4,62	0,63
150	0	0,28
200	0	0
325	5,72	0,33
Lolos 325	0,84	0
Jumlah	100	100

Tabel 5. Distribusi ukuran butir pasir hasil penggilingan di mesin ball mill

Ukuran Ayakan (Mesh)	% Hasil Distribusi Ukuran	
	Waktu Giling 0,5 jam	Waktu Giling 1 jam
10	0	0
20	0	0
35	1,89	0
40	25,20	27,37
60	28,90	29,90
80	14,03	10,81
100	12,89	11,45
120	5,02	6,78
150	1,20	1,26
200	2,67	3,81
325	6,30	7,09
Lolos 325	1,90	1,98
Jumlah	100	100

Tabel 5 menunjukkan bahan baku pasir asal Labuhan Maringgai masih terdapat butir kasar pada ukuran mesh 35 sebanyak 1,89 % selama penggilingan 0,5 jam. Selama 1 jam penggilingan, ukuran butir mesh 35 sudah tidak terdapat butiran dan beralih kebutiran yang lebih halus yaitu pada mesh 40 menjadi 27,37% dari 25,20%. Sebelum diolah, pasir asal Labuhan Maringgai dianalisa XRF untuk melihat komposisi kimia. Selanjutnya dilakukan pemurnian dengan proses leaching menggunakan larutan ekstrak belimbing wuluh (*everrhoa bilimbi*). Hasil analisa XRF dapat dilihat pada Tabel 6. Berdasarkan Tabel 6 diatas dapat dilihat bahwa komposisi kimia yang ada pada bahan baku belum memenuhi standar ASTM C 190 sebagai pasir standar Ottawa dikarenakan kandungan SiO₂ lebih rendah yaitu 91,79% dan kandungan Fe₂O₃ lebih tinggi yaitu 4,50. Maka dari itu, perlu dilakukan proses pemurnian dengan cara *leaching* menggunakan larutan ekstrak belimbing wuluh sehingga didapat kadar sesuai standar pasir Ottawa yaitu kadar SiO₂ = 98,21% dan kadar Fe₂O₃ = 0,42%.

Tabel 6. Hasil analisa bahan baku pasir kuarsa Labuhan Maringgai Lampung Timur

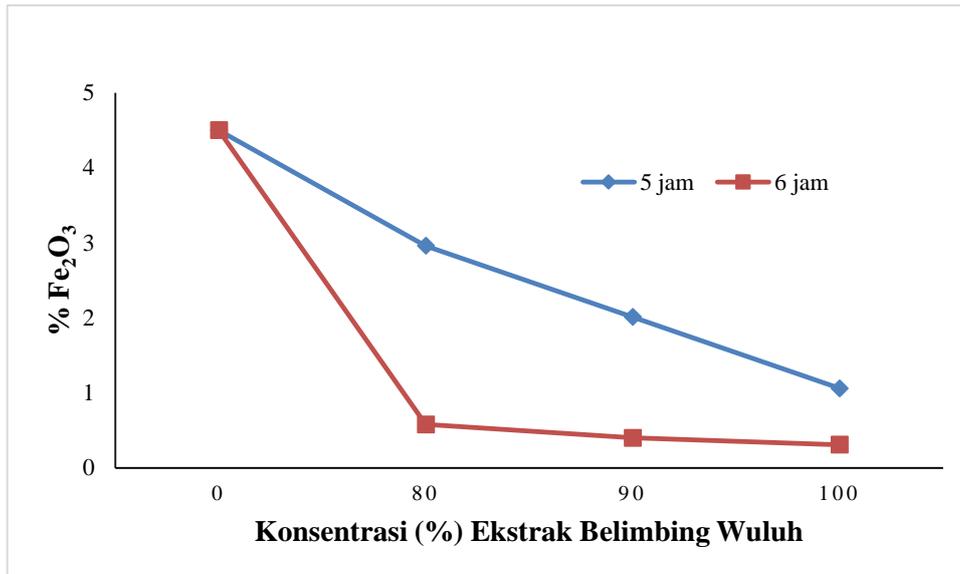
Unsur Kimia	% Hasi Analisa
SiO ₂	91,79
Fe ₂ O ₃	4,50
Al ₂ O ₃	0,75
CaO	0,65
MgO	0,20
P ₂ O ₅	0,92
SO ₃	0,25
MnO	0,001

Hasil komposisi kimia pemurnian pasir kuarsa sebelum dan setelah dilakukan pemurnian menggunakan larutan ekstrak belimbing wuluh (*everrhoa bilimbi l*) sebagai *leaching agent* dapat dilihat pada Tabel 7. Hasilnya menunjukkan senyawa besi oksida (Fe₂O₃) dan senyawa alumina oksida (Al₂O₃) mengalami penurunan karena senyawa pengotor, sedangkan kadar SiO₂ cenderung meningkat, seperti terlihat pada Gambar 1, 2, dan 3.

Tabel 7. Hasil pemurnian pasir silika asal Labuhan Maringgai Lampung Timur

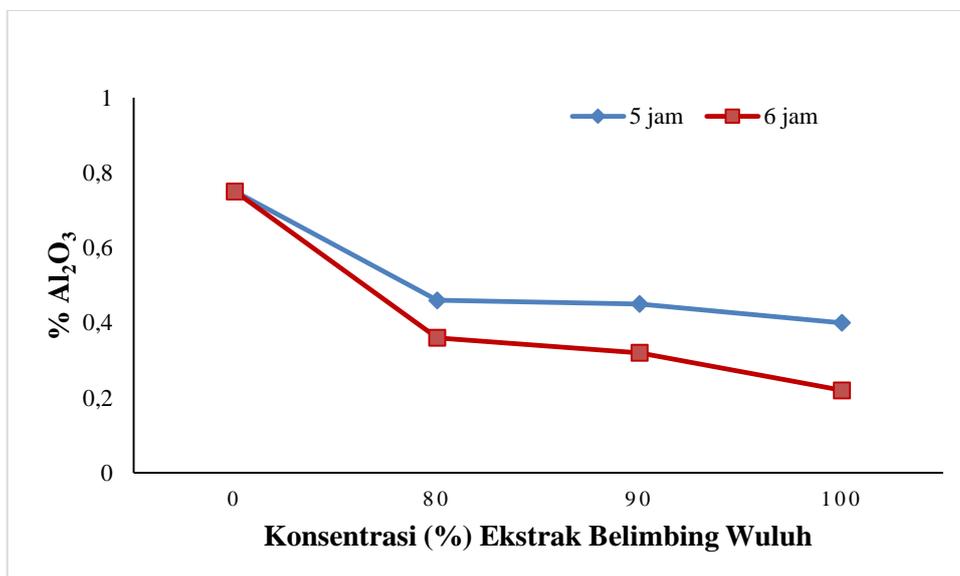
Suhu	Waktu (Jam)	Unsur Kimia	% Sebelumnya	% Hasil Analisa Berdasarkan % Larutan		
				80 %	90 %	100 %
60°C	5	SiO ₂	91,79	94,67	95,78	97,30
		Fe ₂ O ₃	4,50	2,96	2,01	1,06
		Al ₂ O ₃	0,75	0,46	0,45	0,40
		CaO	0,65	0,23	0,17	0,14
		MgO	0,20	0,12	0,10	0,09
		P ₂ O ₅	0,92	0,58	0,33	0,31
		SO ₃	0,25	0,19	0,17	0,12
		MnO	0,001	ttd	ttd	ttd
Suhu	Waktu (Jam)	Unsur Kimia	% Hasil Analisa Berdasarkan Konsentrasi Larutan			
			80 %	90 %	100 %	
60°C	6	SiO ₂	98,01	98,35	98,56	
		Fe ₂ O ₃	0,58	0,40	0,31	
		Al ₂ O ₃	0,36	0,32	0,22	
		CaO	0,05	0,0092	0,0090	
		MgO	0,04	0,0087	0,0084	
		P ₂ O ₅	ttd	Ttd	Ttd	
		SO ₃	ttd	Ttd	Ttd	
		MnO	ttd	Ttd	Ttd	

Keterangan: ttd = tak terdeteksi



Gambar 1. Grafik penurunan senyawa besi oksida (Fe₂O₃)

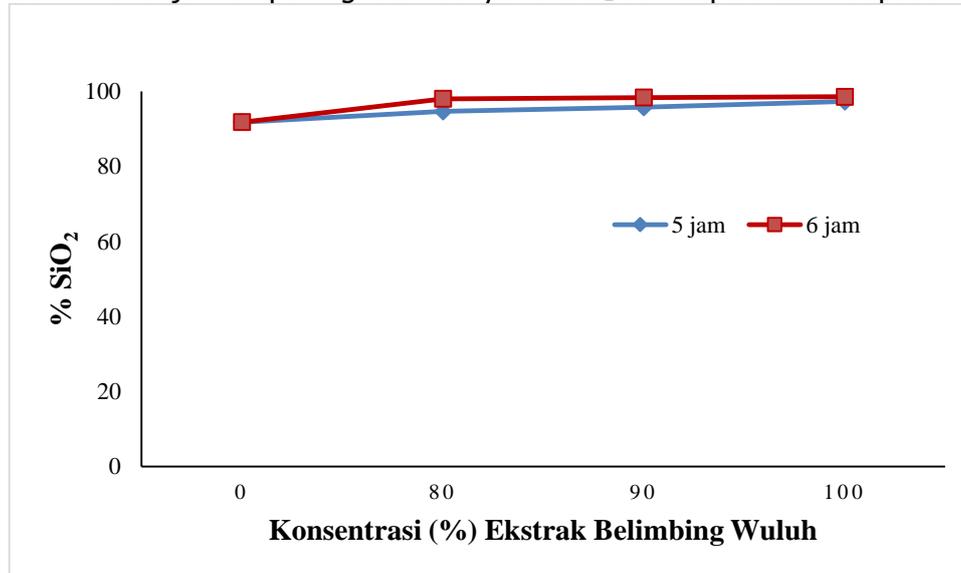
Gambar 1 menunjukkan penurunan Fe₂O₃. Sebelum pemurnian kadar Fe₂O₃ sebesar 4,50% dan setelah dilakukan pemurnian kadar Fe₂O₃ mengalami penurunan berturut-turut sebesar 2,96%, 2,01% dan 1,06% dengan waktu kontak selama 5 jam. Pemurnian dengan menggunakan ekstrak belimbing wuluh kemurnian 80%, 90% dan 100% dengan waktu kontak selama 6 jam didapat penurunan kadar Fe₂O₃ berturut-turut sebesar 0,58%, 0,40% dan 0,31%.



Gambar 2. Grafik penurunan senyawa aluminium dioksida (Al₂O₃)

Gambar 2 terlihat bahwa terjadi penurunan Al₂O₃. Sebelum pemurnian kadar Al₂O₃ sebesar 0,75% dan setelah dilakukan pemurnian kadar Al₂O₃ mengalami penurunan sebesar 0,46%, 0,45% dan 0,40% dengan waktu kontak selama 5 jam. Sedangkan dengan waktu kontak selama 6 jam didapat penurunan kadar Al₂O₃ berturut-turut sebesar 0,36%, 0,32% dan 0,22%. Dari hasil pemurnian terlihat bahwa waktu kontak (Adjiantoro *et al.*, 2016), dan konsentrasi belimbing wuluh berpengaruh pada kadar Fe₂O₃ dan Al₂O₃, semakin lama waktu kontak dan semakin tinggi konsentrasi belimbing wuluh yang digunakan sebagai *leaching*

agent maka senyawa Fe_2O_3 , dan Al_2O_3 pada pasir silika semakin menurun (Sumarno *et al.*, 2015). Tabel 7 menunjukkan peningkatan senyawa SiO_2 dan seperti terlihat pada Gambar. 3.



Gambar 3. Grafik peningkatan senyawa silikon dioksida (SiO_2)

Gambar 3 terlihat bahwa terjadi peningkatan kadar SiO_2 . Kadar SiO_2 sebelum pemurnian sebesar 91,79% dan setelah dilakukan pemurnian didapat peningkatan kadar SiO_2 berturut-turut sebesar 94,67%, 95,78% dan 97,30% dengan waktu kontak selama 5 jam. Sedangkan waktu kontak selama 6 jam didapat peningkatan Kadar SiO_2 berturut-turut sebesar 98,01%, 98,35% dan 98,56%. Hal ini menunjukkan bahwa waktu kontak dan konsentrasi belimbing wuluh berpengaruh pada peningkatan kadar SiO_2 . Semakin lama waktu kontak dan semakin tinggi konsentrasi belimbing wuluh yang digunakan sebagai *leaching agent* maka semakin meningkat kadar SiO_2 pada pasir silika. Terjadinya peningkatan nilai SiO_2 ini disebabkan terjadinya penurunan oksida pengotor yang terdapat pada pasir silika, penurunan ini disebabkan kandungan asam-asam organik seperti asam asetat, asam sitrat, asam format, asam laktat dan asam oksalat yang terdapat pada belimbing wuluh mampu mereduksi oksida pengotor yang ada pada pasir besi secara baik akibatnya senyawa oksida pengotor yang terdapat pada pasir silika masuk kedalam ekstrak belimbing wuluh yang digunakan sebagai *leaching agent* dan senyawa oksida pengotor yang larut akan membentuk koloid dan akan dibuang. Dengan dilakukan pemurnian pasir silika maka tingkat kemurnian pasir silika menjadi meningkat dan memenuhi persyaratan dari ASTM C 190 sebagai pasir standar yaitu SiO_2 sebesar 98,21%, Fe_2O_3 sebesar 0,42%, dan Al_2O_3 sebesar 0,32%.

KESIMPULAN

Pemurnian pasir kuarsa menggunakan metode purifikasi (*leaching*) dengan variasi waktu kontak dan konsentrasi belimbing wuluh yang digunakan sebagai *leaching agent* terbukti dapat meningkatkan kadar kemurnian silika yang sebelumnya hanya sebesar 91,79%. Hal ini menunjukkan bahwa waktu kontak dan konsentrasi belimbing wuluh berpengaruh pada peningkatan kadar SiO_2 . Semakin lama waktu kontak dan semakin tinggi konsentrasi belimbing wuluh yang digunakan sebagai *leaching agent* maka semakin meningkat kadar SiO_2 pada pasir silika.

DAFTAR PUSTAKA

- Adjiantoro, Bintang, and Efendi Mabruri. 2016. Pengaruh Waktu Pelindian Pada Proses Pemurnian Silikon Tingkat Metalurgi Menggunakan Larutan HCl. *Metalurgi*, 27(1), 1-6.
- ASTM C 190 dan AASHTO Method T-132, Spesifikasi Pasir Standar Ottawa (for Cemen Testing) asal Canada
- Sumarno¹, Prida Novarita T, Magvirah Januarty, Yuyun Yuniarti. 2015. Pemurnian Pasir Silika dengan Metode Leaching Asam dan bantuan Sonikasi, Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" ISSN 1693-4393 Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia, Yogyakarta, 1-8
- Byan Technology Indonesia. 2011. *Pengolahan Pasir Silika*. <http://www.byantech.com/kategoripabrik/pengolahan-pasir-silika/> (diakses pada tanggal 5 Agustus 2017).
- 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.
- Garcia, J.L. & Castro, M.D. 2003. "Ultrasound: a Powerful Tool for Leaching." *Trends in Analytical Chemistry*. 22, 41-47.
- 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.
- 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.
- Muhammad Amin, Bramantyo Bayu Aji, Yayat Iman.Supriyatna, dan Fathan Bahfie.2016. Iron Removal on Feldspar by using Averrhoa bilimbii as Bioleaching Agent, IPMC (International Process Metallurgy Conference), ITB Bandung, pp.030007-1-030007
- Pino, J.A., Marbot, R., and Bello, A. 2004. Volatile Components of Averrhoa bilimbi L. Fruit Grown in Cuba. *Journal of Essential Oil Research*. Vol. 342. 23-38.
- Suparsih, T. H. S., Zainuri, M. 2013. Sintesis Silika dari Pasir Alam Tuban. *Jurnal Teknik POMITS*, 1(1), 1-3
- Sumarno, Prida Novarita T, Magvirah Januarty, Yuyun Yuniarti, Pemurnian Pasir Silika dengan Metode Leaching Asam dan bantuan Sonikasi, Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" ISSN 1693-4393 *Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia* Yogyakarta, 18 Maret 2015
- 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.
- Viklund, A.,2008, Teknik Pemeriksaan Material Menggunakan XRF, XRD dan SEM-EDS, (Online), <http://labinfo.wordpress.com/>, diakses tanggal 30 September 2017
- White, H.M. 2005. *Geochemistry*. John-Hopkins University Press.
- Wong dan Wong, 1995 Dalam Jurnal Sri Roikah, Wara Dyah Pita Rengga, Latifah, dan Ella Kusumastuti. 2016. Ekstraksi dan Karakterisasi Pektin Dari Belimbing Wuluh (*Averrhoa Bilimbi,L*), *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, JBAT 5 (1) (2016) 29-36
- Xiao, Xu-xian, Ke-long Huang, and Qiong-Qiong He. 2007. Synthesis and characterization of aminated SiO₂/CoFe₂O₄ nanoparticles. *Transactions of Nonferrous Metals Society of hina*, 17 (5), 1118-1122