

KARAKTERISASI PASIR SILIKA CIBADAK SUKABUMI SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN *RAMMING MIX SILICA*

Abdul Rachman¹⁾, Frank Edwin¹⁾ dan Pius Sebleku²⁾

¹⁾ Peneliti Balai Besar Keramik, Jl. Jend. Achmad Yani 392, Bandung

²⁾ Pusat Penelitian Metalurgi-LIPI, Kawasan Puspiptek Serpong, Gedung 470, Tangerang
E-mail : frankedwin@gmail.com

Masuk tanggal : 11-09-2012, revisi tanggal : 05-11-2012, diterima untuk diterbitkan tanggal : 19-11-2012

Intisari

KARAKTERISASI PASIR SILIKA CIBADAK SUKABUMI SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN *RAMMING MIX SILICA*. Penelitian pembuatan *ramming mix silica* (RMS) dari bahan baku lokal telah dilakukan. Bahan baku yang dimaksud adalah pasir silika yang berasal dari limbah batu gongsol yang banyak terdapat di daerah Cibadak, Sukabumi, Jawa Barat. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah batu gongsol menjadi produk refraktori monolitik berbentuk *ramming mix* yang bernilai ekonomi. Selama ini produk refraktori monolitik khususnya RMS masih diimpor dari beberapa negara antara lain Jepang, Jerman dan Cina. Penggunaan RMS sebagai pelapis pada dinding dalam dapur induksi banyak dilakukan oleh industri peleburan logam. Hal ini dikarenakan proses yang terjadi di dalam dapur induksi adalah proses asam sedangkan silika sendiri bersifat asam. Apabila dipilih bahan pelapis jenis basa, maka akan mengakibatkan terjadinya pengikisan pada permukaan dinding dalam dari dapur pelebur pada saat peleburan dan *ramming mix* akan menipis. Bila hal ini terjadi maka akan mengakibatkan dapur meledak karena logam cair mengenai koil. Pembuatan RMS ini dilakukan dengan cara mencampur pasir silika dengan bahan pengikat kimia asam borat serta bahan perekat CMC, selanjutnya dicetak pada tekanan tertentu dan setelah kering dilakukan pembakaran. Pembuatan RMS dari bahan pasir silika Cibadak ini menghasilkan kondisi terbaik untuk komposisi B dengan bahan pengikat kimia berupa asam borat sebanyak 2%, 3% dan 4%, serta bahan perekat CMC 5% dari berat komposisi. Komposisi B adalah komposisi fraksi butir pasir silika yang terdiri dari 35% berat fraksi kasar (2,362 – 0,417) mm, 25% berat fraksi sedang (0,417 – 0,208) mm dan 40% berat fraksi halus (< 0,208) mm.

Kata kunci : Dapur induksi, Peleburan logam, Ramming mix silica

Abstract

CHARACTERIZATION OF CIBADAK SUKABUMI SILICA SAND AS RAW MATERIAL FOR *RAMMING MIX SILICA* MANUFACTURING. A research for production *ramming mix silica* (RMS) with local raw materials has been done. The mentioned raw materials are silica sand derived from waste of gongsol rocks which there are many in Cibadak area, Sukabumi, West Java. This study aims to utilize the waste of Gongsol rocks into a monolithic refractory product as *ramming mix* shaped in economic value. All the times, monolithic refractory product especially RMS is still imported from overseas such as Japan, Germany and China. *Ramming mix silica* has been commonly use as a coating in the inner wall of induction furnace, and mostly done by metal smelting industry. This is because that acid process occurred in the induction furnace, while silica it self is acidic. If alkali material was selected, it would cause erosion of the inner wall surface at the smelting furnace, and the *ramming mix* would become thin. If it happened, it would cause furnace explosion because melting metal hit the coil. RMS is done by mixing silica sand with boric acid chemical binders and adhesives CMC, later print at a certain pressure and firing after dried. The production of *ramming mix silica* from Cibadak resulted in the best condition i.e. composition B with chemical bonding agent 2%, 3%, and 4% of boric acid and adhesive agent of CMC 5% from composition weight. Composition B was composition of silica sand granule consisted of 35% weight coarse fraction (2.362 – 0.417) mm, 25% weight medium fraction (0.417 – 0.208) mm, and 40% weight fine fraction (< 0.208) mm.

Keywords : Induction furnace, Metal smelting, Ramming mix silica

PENDAHULUAN

Penggunaan bahan-bahan tahan api untuk berbagai industri di Indonesia saat ini meningkat dengan pesat, namun sebagian besar bahan-bahan tersebut masih diimpor. Sementara bahan baku lokal tersedia cukup banyak di Indonesia.

Masalah yang sering dihadapi oleh industri yang menggunakan bahan tahan api (refraktori) ini adalah penyediaan bahan baku dan mutu produk yang tidak konsisten. Keterbatasan pengetahuan menyebabkan kesulitan dalam upaya menangani masalah tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan pasir silika dari limbah batu gongsol yang banyak terdapat di daerah Cibadak, Sukabumi, Jawa Barat, menjadi produk refraktori monolitik yang bernilai ekonomi.

Hasil-hasil yang didapatkan dari penelitian ini masih sederhana, tetapi cukup memberi gambaran secara teknis tentang dapat dipakainya pasir silika dari Cibadak untuk pelapis dinding bagian dalam dapur induksi. *Raming mix silica* adalah salah satu bentuk dari refraktori monolitik yang digunakan sebagai bahan pelapis pada dinding dalam dari dapur-dapur listrik, converter dan dapur-dapur metalurgi lainnya^[1]. Bahan baku yang dipergunakan umumnya adalah pasir silika yang bersifat asam.

Pasir silika adalah mineral kuarsa dengan kadar SiO₂ tinggi, lebih dari 90%, berukuran pasir 2,362 mm sampai 0,063 mm, dengan kandungan senyawa lain yang rendah^[2]. Bahan ini masih banyak dipakai sebagai lining dapur dalam industri peleburan logam, karena sifatnya yang menguntungkan antara lain^[3-5] :

- Mempunyai kemampuan menahan beban tertentu pada temperatur tinggi antara 1710 °C – 1730 °C.
- Mempunyai daya tahan slag yang tinggi terhadap reaksi-reaksi pelebur (*flux, reagent*) yang dipakai pada peleburan baja misalnya oksida besi dan kapur

- Mempunyai perubahan volume (*shrinkage*) yang kecil pada saat pemanasan.
- Mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap perubahan temperatur tiba-tiba (*thermal shock*) di daerah temperatur 600 °C – 1700 °C.

Berdasarkan bentuk kristalnya silika dapat dibedakan dalam 3 jenis utama yaitu kuarsa, kristobalit dan tridimit. Variasi lain adalah gelas silika yang amorf^[6-7].

Pada kristal kuarsa, ikatan atom Si - O - Si dari tetrahedra yang berdekatan dihubungkan dalam arah melingkar dan membentuk spiral, sehingga struktur kuarsa terdiri dari rantai-rantai spiral tersebut.

Struktur kristobalit sama dengan struktur tridimit dan lebih mudah digambarkan. Di sini rangkaian tetrahedra membentuk cincin-cincin datar, setiap cincin terdiri dari 6 atom Si dan 6 atom O, tetapi karena bidang cincin sedikit terdistorsi dan tridimit merupakan susunan dari rantai-rantai cincin-cincin tersebut, perbedaannya adalah distorsi bidang cincin pada kristobalit lebih besar dibandingkan distorsi bidang cincin pada tridimit.

Dengan pemanasan, kuarsa dapat diubah menjadi kristobalit atau tridimit, tetapi sekalipun proses perubahan ini bersifat "*irreversible*", ternyata silika yang terdapat di alam umumnya dalam bentuk kuarsa, sedangkan kristobalit dan tridimit sangat jarang. Oleh karena itu produk kristobalit dan tridimit, misalnya : bata silika biasanya dikonversikan dari kuarsa. Pemanasan perlahan-lahan mengakibatkan ikatan atom Si - O - Si antara tetrahedra pada kuarsa akan terputus dan di atas 1470 °C mulai terbentuk rangkaian tetrahedra baru dari struktur kristobalit. Selanjutnya kristobalit akan berubah menjadi tridimit apabila didinginkan antara 870 °C – 1470 °C.

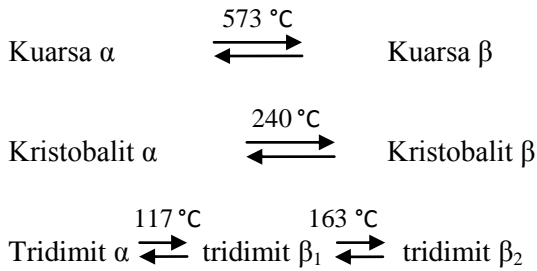
Penambahan mineraliser seperti Na₂O dan Fe₂O₃ sebanyak ± 1,5 % akan mempercepat proses pembentukan kuarsa menjadi kristobalit, dalam waktu kurang

dari 2 jam pada temperatur 1400 °C. Sedangkan tanpa mineraliser pembentukan terjadi pada temperatur 1500 °C dalam waktu lebih dari 2 jam.

Perubahan temperatur yang relatif kecil juga dapat mengakibatkan perubahan pada struktur ketiga jenis silika tersebut di atas karena letak atom-atomnya sedikit bergeser.

Kuarsa mempunyai 2 modifikasi yaitu alpha kuarsa dan betha kuarsa.

Kristobalit juga mempunyai 2 modifikasi yakni alpha kristobalit dan betha kristobalit. Tridimit mempunyai 3 modifikasi yakni alpha tridimit, betha – 1 tridimit dan betha – 2 tridimit.

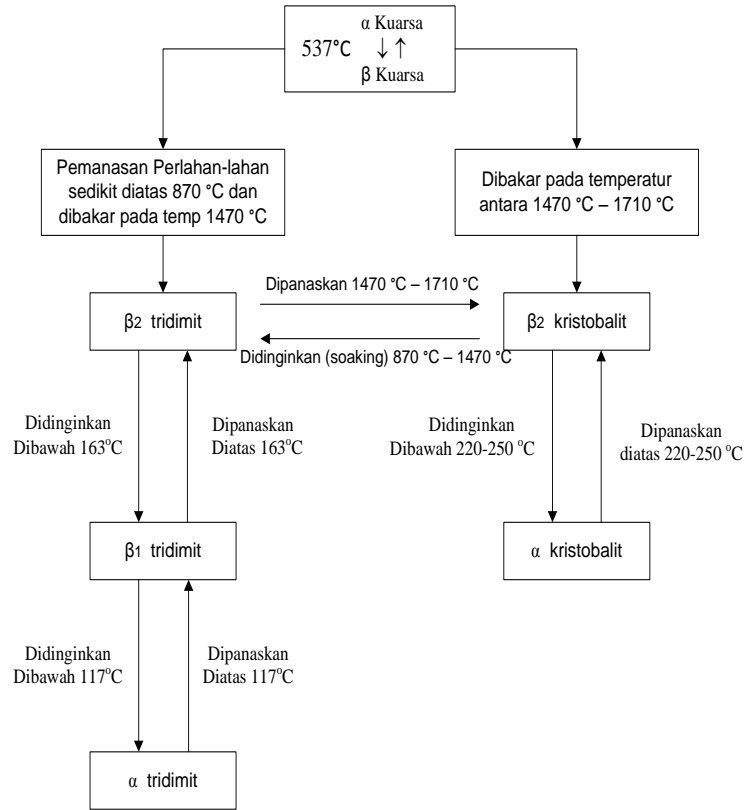


Perubahan antara modifikasi dari masing-masing variasi, misalnya dari alpha menjadi betha terjadi dengan segera, sedangkan perubahan antara variasi ke variasi lain terjadi secara perlahan-lahan. Perubahan dapat terjadi secara *reversible* dan *irreversible*.

Studi tentang silika menunjukkan bahwa di bawah temperatur 1470 °C perubahan dari variasi yang satu ke variasi yang lain oleh karena adanya flux, misalnya K₂O dan Na₂O.

Di atas temperatur 1710 °C semua variasi berubah menjadi gelas silika yang stabil, dan jika dilakukan pendinginan dengan cepat, maka silika akan berubah menjadi fase gelas yang amorf. Pada pemanasan silika, perubahan bentuk α menjadi bentuk β disertai oleh perubahan dimensi secara positif (memuai).

Proses perubahan dari suatu variasi kristal ke variasi kristal lainnya terlihat pada Gambar 1 berikut^[6-7]:



Gambar 1. Proses perubahan mineral silika

METODE PENELITIAN

Bahan dan Peralatan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- ✓ Pasir silika Cibadak, Sukabumi
- ✓ Asam borat (boric acid), H₃BO₃
- ✓ Perekat CMC
- ✓ Air

Sedangkan peralatan yang dipakai yaitu :

- ✓ Ayakan standar Tyler (dalam mesh) 6, 10, 14, 20, 28, 32, 35, 48, 65, 100, 150, 200, dan 270 mesh
- ✓ Timbangan
- ✓ Oven pengering 110 °C
- ✓ Alat *hydraulic press*
- ✓ Cetakan benda coba (kubus ukuran 7 x 7 x 7 cm)
- ✓ Gerinda (alat potong benda coba)
- ✓ Tungku pembakaran
- ✓ Mesin uji kuat tekan (*universal testing machine*)

PROSEDUR PERCOBAAN

• Pemeriksaan Pendahuluan Pasir Silika

Sebelum dilakukan proses pencampuran, pasir silika yang akan digunakan dicuci terlebih dahulu untuk membersihkan kotoran-kotoran (*impurities*) yang ada. Pencucian ini dimaksudkan untuk mendapatkan pasir silika yang relatif murni tanpa ada bahan pengotor yang tidak diperlukan seperti lempung, abu organik dan lain-lain. Cara pencucian pasir silika ini dilakukan dengan pengadukan menggunakan air bersih.

Mula-mula pasir silika direndam dalam air, kemudian diaduk sampai kotoran yang ada naik kepermukaan air, kemudian air yang telah keruh tersebut dibuang (didekantasi). Proses ini dilakukan berulang-ulang hingga warna air menjadi bening

Setelah pasir silika cukup bersih, kemudian dikeringkan di dalam tungku pengering pada suhu 100 °C selama 24 jam. Pasir silika kering kemudian diayak sesuai dengan besar butir yang diinginkan, dilanjutkan dengan analisis kimia.

• Pengayakan Pasir Silika Menurut Fraksi Ukuran Yang Diinginkan

Grading biasanya dipakai 3 macam ukuran (fraksi) yaitu kasar, sedang dan halus.

Pasir silika kering dibagi menjadi tiga fraksi menggunakan ayakan standar dengan ukuran lubang 2,362 mm, 0,417 mm dan 0,208 mm

- ✓ Fraksi kasar (2,362 – 0,417) mm
- ✓ Fraksi sedang (0,417 – 0,208) mm
- ✓ Fraksi halus (< 0,208) mm

Dari masing-masing fraksi ukuran tersebut selanjutnya ditentukan % beratnya.

- ✓ Komposisi A : kasar 40%, sedang 25%, halus 35%
- ✓ Komposisi B : kasar 35%, sedang 25%, halus 40%

- ✓ Komposisi C : kasar 40%, sedang 35%, halus 25%.

• Penentuan Variasi Komposisi Bahan Pengikat Kimia Dan Bahan Perekat

Untuk variasi komposisi bahan pengikat kimia (asam borat) yang digunakan ditentukan sebesar 2%, 3% dan 4% dari berat campuran.

Sedangkan sebagai bahan perekat untuk pembentukan digunakan perekat kimia CMC sebanyak 5% berat komposisi untuk setiap komposisi.

• Rancangan Komposisi Bahan

Berdasarkan variasi komposisi bahan baku (pasir silika) dan komposisi bahan pengikat kimia (asam borat) serta bahan perekat (CMC), maka dapat dibuat rancangan komposisi bahan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Rancangan komposisi bahan berdasarkan variasi bahan pengikat serta bahan perekat

Komposisi	Asam Borat (%)	CMC (%)
A	2	5
	3	5
	4	5
B	2	5
	3	5
	4	5
C	2	5
	3	5
	4	5

• Pembuatan Benda Coba

Benda coba dibuat dalam bentuk kubus ukuran (7 x 7 x 7) cm. Dengan replikasi sebanyak 15 kali setiap komposisi dibuat 3 x 15 buah benda coba sehingga jumlah benda coba keseluruhan adalah 3 x 3 x 15 = 135 buah. Setiap kubus membutuhkan sekitar 300 gr pasir kuarsa yang sudah terkomposisi sehingga kebutuhan bahan

baku untuk pembuatan benda coba adalah sebagai berikut :

- ✓ Pasir silika : $135 \times 300 \text{ gr} = 40.500 \text{ gr}$
- ✓ Asam borat : $3 \times (2+3+4) \% \times 40.500 \text{ gr} = 10.935 \text{ gr}$
- ✓ CMC : $3 \times (5+5+5)\% \times 40.500 \text{ gr} = 18.225 \text{ gr}$
- ✓ Air = 10 % berat campuran.

Pencampuran bahan dilakukan dengan menggunakan pengaduk (*mixer*). Satu per satu bahan tersebut dari masing-masing campuran dimasukkan ke dalam *mixer* dan diberi air sebanyak 10% dari berat komposisi.

Setelah seluruh bahan tersebut diperkirakan homogen, selanjutnya bahan tersebut dicetak dengan tekanan pembentukan sekitar 300 kg/cm^2 .

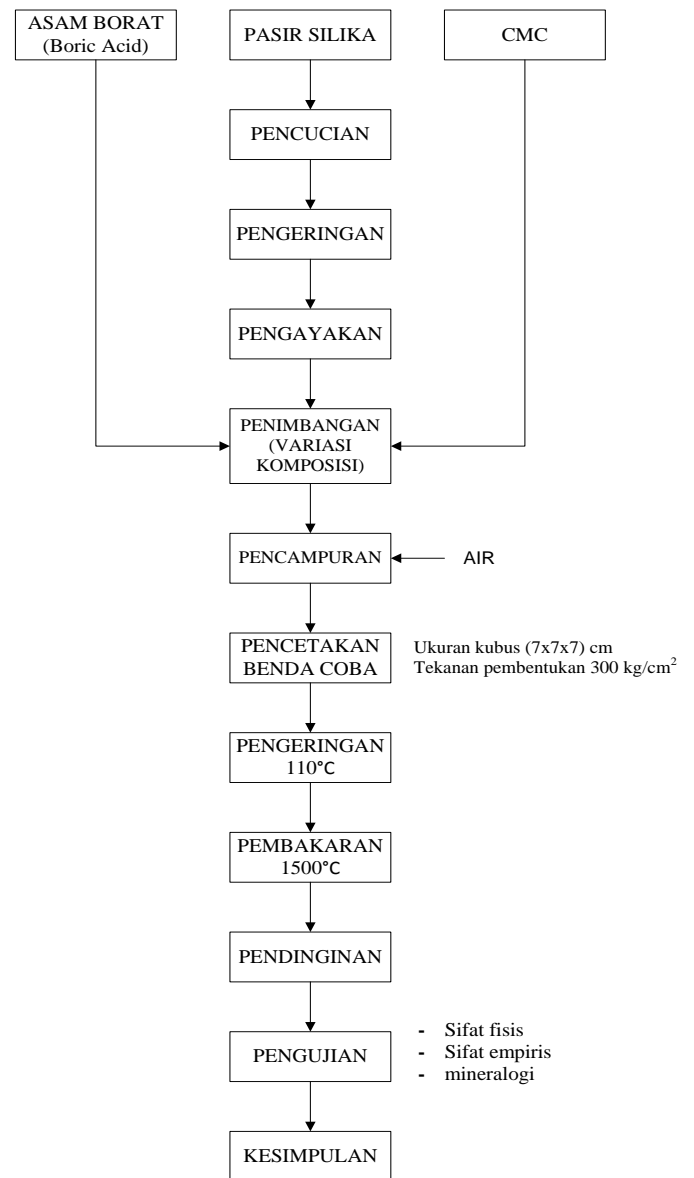
Selanjutnya benda coba dibiarkan di udara terbuka (rak pengering) selama 24 jam dan kemudian dikeringkan dalam oven pengering selama 24 jam.

Benda coba kering selanjutnya dibakar pada suhu $1500 \text{ }^\circ\text{C}$ dengan penahanan selama 1 jam.

• Pengujian Benda Coba

Pengujian benda coba meliputi :

- ✓ Pengujian fisik yaitu susut jumlah, peresapan air, berat volume dan kuat tekan
- ✓ Pengujian empiris terdiri dari kejut suhu (*spalling test*), *slag test* dan kesetaraan pancang (*pyrometric cone equivalen*)
- ✓ Identifikasi mineral dengan XRD



Gambar 2. Diagram alir proses pembuatan ramming mix silica (RMS)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Bahan Baku

Analisis butir terhadap pasir silika kering setelah dicuci dilakukan dengan contoh pasir sebanyak 100 gr, hasilnya diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisis butir pasir silika kering

Ayakan Tyler		Berat (gr)	Berat (%)	Kumulatif tertampung (%)
Mesh	mm			
+ 6	(2,362)	0,00	0,00	0,00
- 6 + 10	(2,362 – 1,651)	5,06	5,06	5,06
- 10 + 14	(1,651 – 1,168)	12,82	12,82	17,88
- 14 + 20	(1,168 – 0,833)	9,36	9,36	27,24
- 20 + 28	(0,833 – 0,589)	2,90	2,90	30,14
- 28 + 35	(0,589 – 0,417)	5,50	5,50	35,64
- 35 + 48	(0,417 – 0,295)	13,80	13,80	49,44
- 48 + 65	(0,295 – 0,208)	12,55	12,55	61,99
- 65 + 100	(0,208 – 0,147)	9,90	9,90	71,89
- 100 + 150	(0,147 – 0,104)	9,20	9,20	81,09
- 150 + 200	(0,104 – 0,074)	7,42	7,42	88,51
- 200 + 270	(0,074 – 0,053)	8,16	8,16	96,67
- 270	(- 0,053)	3,33	3,33	100,00
Jumlah		100	100	

Struktur dan sifat-sifat fisis bahan baku akan menentukan sifat-sifat *ramming mix silica* yang dibuat^[7].

Sifat-sifat yang terpenting adalah tekstur, homogenitas, porositas, berat jenis dan daya tembus logam cair. Tekstur ini menyangkut bentuk butir, pencampuran berbagai macam ukuran butir (*grading*) dan ukuran butir. Pencampuran berbagai macam ukuran butir dimaksudkan untuk mendapatkan kepadatan maksimum.

Pada pembuatan RMS kepadatan maksimum ini penting mengingat kegunaannya terutama menahan panas dan daya tembus logam cair.

Dari Tabel 2 di atas bila dihitung fraksi kekasarannya diperoleh presentasi kekasaran sebagai berikut :

- ✓ Fraksi kasar : (2,362 – 0,417) mm = 35,64 gr = 35,64%
- ✓ Fraksi sedang : (0,417 – 0,208) mm = 26,35gr = 26,35%
- ✓ Fraksi halus : (< 0,208) mm = 38,01 gr = 38,01%.

Hasil analisis kimia terhadap pasir silika kering setelah dicuci disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil analisis kimia pasir silika kering (setelah dicuci)

UNSUR	JUMLAH (%)
SiO ₂	96,80
Fe ₂ O ₃	0,65
Al ₂ O ₃	0,67
P ₂ O ₅	-
CaO	0,75
MgO	0,13
S	-
MnO	-
TiO ₂	0,04
Na ₂ O	0,03
K ₂ O	0,08
Jumlah	99,15

Untuk keperluan praktis, bahan baku utama dalam pembuatan RMS biasanya dipilih kadar SiO₂ lebih dari 95%, Al₂O₃ kurang dari 1% dan alkali (K₂O + Na₂O) kurang dari 0,3%.

Sehingga dengan demikian pasir silika tersebut memenuhi syarat sebagai bahan baku pembuatan RMS.

Karakterisasi Produk

Hasil Pengujian Fisik

Hasil pengujian fisik terhadap pasir silika yang telah diproses dan dipanaskan berturut-turut ditampilkan pada Tabel 4, Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 4. Hasil uji susut pada pasir silika yang telah diproses

Komposisi	Susut kemudian Rata-Rata (%)
A 2 – 5	- 0,47
A 3 – 5	0,59
A 4 – 5	- 0,16
B 2 – 5	- 0,29
B 3 – 5	- 0,39
B 4 – 5	- 0,45
C 2 – 5	- 0,19
C 3 – 5	- 0,15
C 4 – 5	- 0,19

Dari hasil uji susut kemudian pada Tabel 4 diketahui bahwa benda coba tidak mengalami penyusutan melainkan mengembang. Hal ini sesuai dengan sifat dari pasir silika yaitu bila dibakar akan mengembang dimana pada temperatur 573 °C kristal kuarsa α akan berubah menjadi kristal β , dan bila pembakaran dilanjutkan hingga temperatur 1470 °C – 1710 °C maka kristal kuarsa akan berubah menjadi β kristobalit yang akan diikuti dengan pengembangan dari pasir tersebut.

Tabel 5. Hasil uji penyerapan air dan BJ pada pasir silika hasil proses

Komposisi	Penyerapan Air Rata-Rata (%)	Berat Jenis Rata-Rata (gr/cm^3)
A 2 – 5	11,56	1,70
A 3 – 5	10,49	1,65
A 4 – 5	16,59	1,61
B 2 – 5	9,66	1,75
B 3 – 5	8,59	1,73
B 4 – 5	10,33	1,68
C 2 – 5	12,86	1,62
C 3 – 5	12,43	1,61
C 4 – 5	12,67	1,59

Pengujian penyerapan air dimaksudkan untuk mengetahui tingkat porositas dari benda coba.

Hasil uji penyerapan air benda coba pada Tabel 5 menunjukkan bahwa semakin kecil penyerapan airnya menyebabkan semakin besar berat jenisnya. Sebaliknya semakin besar penyerapan airnya menyebabkan semakin kecil berat jenisnya. Hal ini terjadi pada benda coba dengan komposisi B yang memiliki penyerapan air relatif paling kecil dan berat jenis paling besar, disebabkan komposisi B mengandung fraksi dari pasir silika berukuran halus $< 0,208$ mm yang relatif lebih banyak yaitu sebesar 40 %, mengisi rongga atau celah-celah di antara butiran berukuran sedang dan kasar, sedangkan rongga/celah yang tidak terisi oleh pasir halus diisi oleh kristal asam borat yang sekaligus berfungsi mengikat butir-butir pasir satu dengan yang lainnya

sehingga ikatan antar butir pasir silika menjadi lebih rapat dan padat.

Sebaliknya pada benda coba dengan komposisi A dan C yang memiliki penyerapan air yang relatif lebih besar dibanding komposisi B, menghasilkan berat jenis (berat/volume) yang lebih kecil.

Hasil uji kuat tekan pada Tabel 6 menunjukkan benda coba dengan komposisi B menghasilkan kuat tekan tertinggi dibanding benda coba komposisi A dan C yaitu $> 50 \text{ kg}/\text{cm}^3$. Hal ini disebabkan benda coba komposisi B cenderung lebih padat dan kuat dibanding benda coba komposisi A dan C.

Tabel 6. Hasil uji kuat tekan pasir silika yang telah diproses

KOMPOSISI	KUAT TEKAN RATA-RATA (kg/cm^2)
A 2 – 5	48,66
A 3 – 5	49,80
A 4 – 5	49,67
B 2 – 5	51,38
B 3 – 5	53,70
B 4 – 5	53,60
C 2 – 5	40,13
C 3 – 5	43,28
C 4 – 5	44,56

Hasil Pengujian Empiris

Hasil uji kejut suhu (*spalling test*) pada pasir silika yang telah dikeringkan dan dibakar diperlihatkan pada Tabel 7 sedangkan hasil *slag test* pada Tabel 8.

Tabel 7. Hasil uji kejut suhu pada pasir silika

Komposisi	Jumlah Benda Uji	Siklus									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A 2-5	1	B	B	B	B	B	B	B	B	R	-
	2	B	B	B	B	B	B	B	B	R	-
A 3-5	1	B	B	B	B	B	B	B	B	B	R
	2	B	B	B	B	B	B	B	B	B	R
A 4-5	1	B	B	B	B	B	B	B	R	-	-
	2	B	B	B	B	B	B	B	B	R	-
B 2-5	1	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
	2	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
B 3-5	1	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
	2	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
B 4-5	1	B	B	B	B	B	B	R	-	-	-
	2	B	B	B	B	B	B	R	-	-	-
C 2-5	1	B	B	R	-	-	-	-	-	-	-
	1	B	R	-	-	-	-	-	-	-	-
C 3-5	1	B	B	B	R	-	-	-	-	-	-
	2	B	B	R	-	-	-	-	-	-	-
C 4-5	1	B	B	B	B	B	B	B	B	-	-
	2	B	B	B	B	B	B	B	R	-	-

Keterangan :

B : Baik

R : Rusak

Dari hasil uji kejut suhu menunjukkan bahwa selain ukuran fraksi pasir silika, kadar bahan pengikat kimia (asam borat) dan bahan perekat CMC pada komposisi benda coba juga berpengaruh terhadap ketahanan kejut suhu bodi. Benda coba dengan komposisi B2-5 dan B3-5 paling tahan terhadap kejut suhu sampai pada siklus ke 10 tidak menunjukkan retak-retak atau pecah.

Ketahanan kejut suhu bodi mulai tampak berkurang pada komposisi A2-5, A4-5, B4-5, C2-5, C3-5 dan C4-5, yang masing-masing hanya mampu bertahan sampai pada siklus ke 8, 9, 7, 6, 1, 2, dan 7. Hal ini diduga karena kepadatan benda coba komposisi A dan C relatif kurang dibanding benda coba komposisi B sehingga mengurangi kekuatan mekanis dan ketahanan terhadap kejut suhu.

Tabel 8. Hasil tes dari slag saat pasir silika diproses

KOMPOSISI	SLAG (%)	
A 2-5	K, B	Tidak terkena slag
A 3-5	K, B	Tidak terkena slag
A 4-5	K, B	Tidak terkena slag
B 2-5	K, B	Tidak terkena slag
B 3-5	K, B	Tidak terkena slag
B 4-5	K, B	Tidak terkena slag
C 2-5	K, B	Tidak terkena slag
C 3-5	K, B	Tidak terkena slag
C 4-5	K, B	Tidak terkena slag

Keterangan :

K = Kuningan, B = Besi tuang

Pengujian slag dilakukan terhadap 2 buah potongan/bubuk logam yaitu kuningan dan besi tuang. Kedua bahan tersebut bersifat asam.

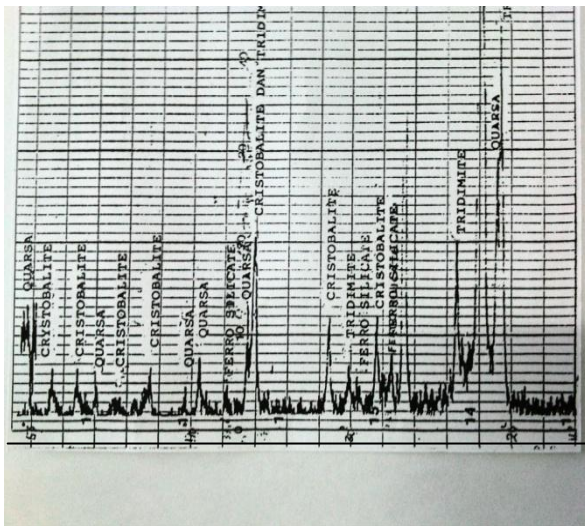
Hasil uji slag terhadap kedua jenis logam tersebut untuk semua komposisi tidak terjadi penetrasi. Hal ini terjadi karena antara kedua bahan tersebut mempunyai sifat kimia yang sama dengan benda coba, sehingga tidak terjadi reaksi kimia yang menyebabkan terbentuknya unsur baru yang akan merusak dinding benda coba. Disamping itu kemungkinan lain adalah karena benda coba memiliki porositas yang cukup kecil. Hal ini berarti rongga/celah yang terjadi juga sedikit akibat rapatnya susunan antar butir penyusun benda coba tersebut. Selanjutnya pengujian empiris yang lain terhadap produk RMS Cibadak ini adalah uji kesetaraan pancang (*pyrometric cone equivalent*). Untuk keperluan pengujian ini dibuat benda coba berbentuk piramida 3 sisi dari bahan RMS Cibadak dan selanjutnya dibakar pada tungku PCE serta dilakukan pada kondisi oksidasi. Kesetaraan pancang dilaporkan dengan menyebutkan pancang standar yang jatuhnya bersamaan dengan pancang uji.

Hasil uji kesetaraan pancang terhadap bahan RMS Cibadak ini menunjukkan pancang jatuh pada suhu 1730 °C.

Identifikasi Mineral dengan XRD

Identifikasi mineral dengan XRD terhadap salah satu benda coba (komposisi B), menunjukkan benda coba terdiri dari kandungan mineral : kristobalit, kuarsa dan tridimit. Difraktogram hasil XRD dapat dilihat pada Gambar 3.

Berdasarkan data tersebut diketahui bahwa akibat pemanasan pada silika terjadi konversi kristal silika dari kristal kuarsa menjadi kristal kristobalit, dan kemudian kristal tridimit.



Gambar 3. Difraktogram XRD benda coba hasil proses

KESIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan, dapat ditarik beberapa kesimpulan dan saran sebagai berikut :

1. Pasir silika Cibadak Sukabumi yang telah dicuci, dapat memenuhi syarat sebagai bahan baku untuk pembuatan *ramming mix silica* (RMS) dengan analisis kimia : SiO_2 lebih besar dari 95%, Al_2O_3 kurang dari 1% dan alkali ($\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$) kurang dari 0,3%.
2. Komposisi butir pasir silika yang paling baik terdiri dari 35% berat fraksi kasar (2,362 – 0,417) mm, 25% berat fraksi sedang (0,417 - 0,208) mm dan 40% berat fraksi halus (< 0,208 mm).

3. Sebanyak 2%, 3% dan 4% asam borat dari komposisi B merupakan komposisi yang terbaik untuk RMS Cibadak. Ini terlihat dari hasil uji fisik peresapan air, berat jenis dan kuat tekan yang memiliki harga optimal.
4. Dari hasil empiris diketahui bahwa RMS dari Cibadak ini mempunyai daya tahan kejut suhu terbaik ada pada komposisi B 2 – 5 dan B 3 – 5. Begitu juga ketahanan pasir silika pada semua komposisi untuk RMS Cibadak ini memiliki ketahanan yang baik terhadap penetrasi logam cair.
5. Hasil uji kesetaraan pancang terhadap RMS Cibadak ini menunjukkan jatuhnya pancang pada suhu 1730 °C.

SARAN

Bahan RMS bila dipanaskan sampai suhu tinggi akan mengembang. Hal ini perlu mendapat perhatian didalam pemasangannya agar jarak antara bahan RMS tersebut dengan koil pada dapur induksi diatur sedemikian rupa sehingga bila terjadi pengembangan tidak menyentuh koil yang dapat menyebabkan dapur/ tungku meledak.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini merupakan kegiatan rutin pemanfaatan limbah. Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada koordinator laboratorium pengujian Balai Besar Keramik Bandung, juga kepada PT PINDAD (divisi pengecoran logam) yang telah memberikan fasilitas selama penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Linley E.G. 1977. „Unshape Refractories”, *Refractory Journal*, Association of Great Britain.
- [2] Anonim, SNI 13 – 6666 – 2002, „Mutu dan Klasifikasi Silika untuk bata tahan api”, Badan Standardisasi Nasional.

- [3] Suropto M. Asyrof. 1992. „Pengantar Proses Pembuatan Refraktori”. BBIK, Bandung.
- [4] Chester J.H. 1977. „Steel Plant Refractories,” The United Steel Companies Ltd, Sfeffield.
- [5] Dr.M.O. Warman. 1979. „Iron Making Refractories”. *Journal of The Refractories Association of Great Britain*, Nov. / Dec. Number 6.
- [6] Albertus Sinar Jaya. 1966. „Pengaruh Ukuran Butir dan Jenis Bahan Pengikat Pada Pembuatan Ramming Mix Silica Terhadap Porositas dan Sifat Empirisnya Untuk Dapat Digunakan Pada Dapur Induksi”, Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains dan Teknologi Nasional, Jakarta.
- [7] P.N. Mohanty, P.N. Singh and G.D. Singh. 1982. „Silica-A Critical Study”. *Journal of The Refractories Association of Great Britain*, number 2.

RIWAYAT PENULIS

Abdul Rachman, lahir di Yogyakarta 30 April 1954, S1 bidang Teknik Industri UNPAS Bandung, lulus tahun 1992. Bekerja di Balai Besar Keramik Bandung sejak tahun 1974, dan sejak tahun 1999 sampai dengan sekarang menjabat sebagai Peneliti di Balai Besar Keramik Bandung.