

Analisa Kerusakan Material Refraktori Magnesia Chrom Pada Converter Pemurnian Nikel Matte

Bambang Suharno dan Hendra Basuki Rachmat
Jurusan Metalurgi Fakultas Teknik Universitas Indonesia
E-mail: suharno@eng.ui.ac.id

Abstrak

Terjadi kerusakan pada material refraktori magnesia chrom di Peirce Smith Converter yang mengakibatkan terganggunya proses produksi. Penelitian ini diarahkan untuk mencari penyebab kerusakan dengan melakukan pengukuran distribusi temperatur dinding tanur dan ketebalan refraktori serta pengujian sampel slag converter.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerusakan refraktori disebabkan adanya distribusi silika flux dan scrap yang tidak merata karena kurang optimalnya desain chute yang tidak mampu mendistribusikan silika flux dan scrap dengan baik, sehingga terjadi peningkatan temperatur setempat dalam tanur. Perubahan desain chute dilakukan agar distribusi silika flux dan scrap dapat merata dan meratanya temperatur operasi sehingga umur pakai refraktori dapat ditingkatkan.

Abstract

Failures of magnesia-chrome refractory at Peirce Smith Converter caused unstable production process. This research was carried out to find failures factor by determined shell temperatures distribution, thickness of refractories consumption and testing of converter slag samples

Final result of this research have indicated that refractories failure was caused by non uniform of silica flux and scraps that was influenced by feed chutes design that didn't work optimally to distribute silica flux and scrap good than it made high local temperature in converter increased. Redesign chute have done to make balance of silica flux, scrap adding and operating temperatures distribution than be hoped it able to increase the life time of refractory.

1. Pendahuluan

Batu tahan api (BTA) yang dipakai pada peirce smith converter PT X untuk proses pemurnian electric furnace matte cepat sekali mengalami kerusakan. Dari data penggunaan selama periode sepuluh tahun terakhir untuk peirce smith converter no.2 dan untuk no.3 menunjukkan bahwa jumlah heat tiap lining mengalami penurunan [1].

Reaksi oksidasi dari proses converting yang eksoterm mengakibatkan temperatur meningkat di atas 1300 °C di dalam bath converter. Penambahan scrap diperlukan untuk mengontrol temperatur cairan antara 1220 s/d 1230 °C. Silika fluks (SiO₂) yang ditambahkan selain dapat mengontrol temperatur juga berfungsi sebagai pengikat besi oksida (FeO) hasil reaksi oksidasi dengan membentuk fasa fayalite slag

(Fe₂SiO₄). Silika flux yang tidak dapat bereaksi secara sempurna dapat mengakibatkan terjadinya penjumlahan besi oksida dan silika yang diketahui sangat reaktif terhadap BTA [2].

Peningkatan temperatur juga dipengaruhi oleh kekentalan cairan matte. Kekentalan yang relatif tinggi sekitar 1,5 Pa.S pada temperatur 1300 °C mempengaruhi efisiensi reaksi oksidasi yang rendah dikarenakan laju aliran udara yang relatif menjadi rendah (<400 m³/menit). Korosi pada BTA sangat sensitif terhadap temperatur dan efisiensi reaksi silika fluks. Perlu adanya penambahan silika fluks dan scrap yang terdistribusi secara merata di seluruh lining dari bath converter dan meningkatkan efisiensi reaksi fluxing.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh distribusi silika fluks (SiO_2) yang tidak merata dan menganalisa faktor-faktor penyebab yang dapat mempercepat kerusakan BTA di *peirce smith converter* PT X.

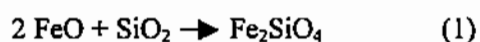
2. Studi Literatur

Proses *converting nikel matte* merupakan proses peningkatan kadar nikel dengan mengurangi atau menghilangkan kandungan besi dalam *matte*. Pada nikel *matte* hasil peleburan di *furnace* ditiupkan udara melalui pipa *tuyere* sehingga terjadi reaksi oksidasi antara oksigen dengan unsur-unsur logam. Berdasarkan sifat affinitasnya besi lebih mudah teroksidasi daripada Kobalt dan Nikel.

Batu Tahan Api (BTA) yang digunakan di *peirce smith converter* no.2 dan 3 PT X adalah dari jenis *magnesia chrom* dengan tipe dibond 40. BTA ini dibuat dari campuran bijih khrom dengan magnesia pada temperatur antara 1557-1890 °C. Khusus pada bagian *tuyere lining* menggunakan BTA magnesia khrom tipe dibond 60 dengan komposisi kimia (SiO_2 2,4 %, Fe_2O_3 7,0, Al_2O_3 13,5 %, Cr_2O_3 16,3 %, CaO 0,6 % dan MgO 60,2 %). BTA magnesia khrom memiliki konduktivitas panas dan koefisien panas yang tinggi. Dari kombinasi kedua sifat tersebut, BTA memiliki kelemahan dimana ketahanan terhadap thermal shock sangat kurang [3].

Kemungkinan penyebab kerusakan pada BTA adalah karena instalasi yang tidak baik, perlakuan fisik dan mekanik yang salah, karena panas kejutan akibat pemberian toleransi terlalu banyak atau terlalu sedikit dan BTA mengalami pemanasan dari dua sisi pada yang bersamaan. Kerusakan BTA sangat sensitif terhadap temperatur dan efisiensi reaksi fluks [3].

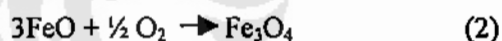
Reaksi *fluxing* atau reaksi pembentukan fasa *slag* adalah reaksi pengikatan besi oksida (FeO) hasil reaksi oksidasi oleh silika fluks (SiO_2) yang ditambahkan melalui *chute* dari *belt conveyor* membentuk fasa *fayalite slag* (Fe_2SiO_4), sesuai dengan reaksi:



Sifat dari *slag* ini dapat dijelaskan dengan konteks teori ionik *slag* dan diagram fasa terner. Untuk mendeskripsikan *laterit slag*, maka sistem yang paling utama adalah FeO-MgO-SiO_2 [3].

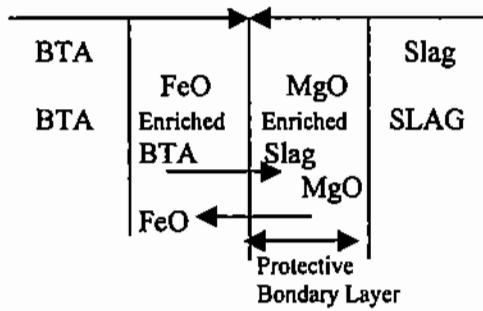
Kebanyakan *laterit slag* dan komposisi *laterit slag* terletak pada daerah range stokiometri MO.SiO_2 dan 2MO.SiO_2 . Titik lebur sistem MO-SiO_2 tergantung pada seberapa baik MO dapat melepaskan diri. Pada sistem MgO-SiO_2 , MgO adalah "highly refractory". Forsterite (2MgO.SiO_2) juga menjadi sangat refractory. Dengan meningkatnya kandungan SiO_2 , titik lebur dalam sistem menurun, mencapai nilai minimum pada range rasio SiO_2/MgO 2-3 [12].

Selain berfungsi mengikat FeO , silika juga berfungsi sebagai pengontrol terbentuknya fasa magnetite (Fe_3O_4). Untuk mengontrol level magnetite, silika fluks harus bereaksi secara cepat dengan semua FeO di *bath converter*. Efisiensi reaksi fluks yang tidak baik memberikan kesempatan FeO yang tidak bereaksi dengan fluks untuk bereaksi dengan oksigen membentuk fasa magnetite.



Hasil penelitian Kaiura dan Toguri diketahui bahwa reaksi kinetik magnetite dengan besi sulfida berlangsung lebih cepat dibandingkan dengan reaksi pembentukan fasa *slag* sehingga mungkin untuk terjadinya penjumlahan silika dan besi oksida yang diketahui sangat reaktif terhadap BTA [2].

BTA magnesia chrom dapat bereaksi dengan *slag* yang tinggi kadar besinya. Peristiwa ini biasa disebut *bursting*, yaitu perusakan pada BTA yang disebabkan bertambahnya volume pada BTA sehingga mengakibatkan porous dan rapuh. Pada permukaan BTA terjadi reaksi substitusi dimana FeO dari *slag* berpenetrasi ke dalam BTA dan menggantikan MgO yang terlepas masuk ke dalam fasa *slag*. Hal ini menyebabkan bertambahnya volume pada permukaan BTA [4]. Gambar berikut ini dapat menjelaskan mekanisme dari korosi BTA magnesia chrom oleh *fayalite slag*.



Gambar 1. Mekanisme Korosi BTA Magnesia Chrom oleh Fayalite Slag [3]

Berdasarkan hasil observasi, chromite tidak terkorosi oleh slag, *periclase* diperkaya oleh FeO pada kontak dengan slag, slag diperkaya oleh MgO pada kontak dengan BTA, Tabel 1. Korosi BTA adalah korosi *periclase* (magnesiowustite corrosion). Jika silika tinggi membutuhkan MgO tinggi di slag yang hadir bersama-sama dengan magnesiowustite [3].

Tabel 1.
Hasil Pengujian Komposisi Lapisan Slag pada BTA MagnesiaChrom dengan SEM [3]

BTA	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	S	Cr ₂ O ₃	SiO ₂ /MgO
1	3,8	1,5	28,8	0,8	0,3	7,6
2	2,2	1,4	24,5	1,2	0,2	11,1
3	3,9	1,8	28	0,4	0,3	7,2
4	3,7	2	25,5	0,2	0,7	6,9
5	2,2	1,4	24,1	0,7	0,2	10,9

3. Metode Penelitian

Penelitian dimulai dari persiapan pembuatan alat pengambil sampel yang terdiri dari dua bagian yaitu bagian kepala yang berlubang (4 inchi) dan bagian tangkai (70 inchi). Melakukan pengambilan sampel melalui lubang tuyere pada kondisi converter dalam posisi "safety" setelah dilakukan *skimming slag*. Secara bersamaan (dalam kondisi operasi) juga dilakukan pengukuran terhadap distribusi temperatur shell converter, ketebalan BTA dan laju aliran udara dengan parameter jarak lining

converter. Sampel slag yang didapat kemudian dilakukan preparasi dan diuji komposisi dengan X-ray Spectrometry. Data hasil pengujian kemudian dianalisa dan dilakukan studi banding dengan literatur.

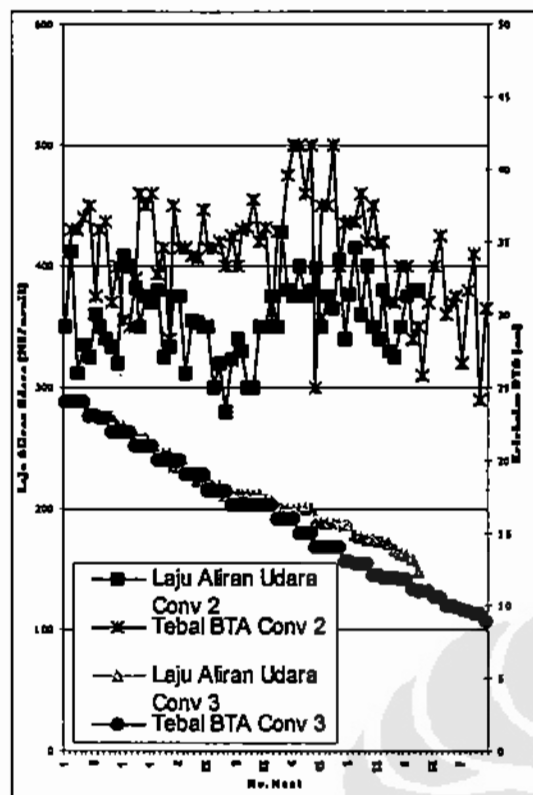
4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Pengaruh Laju Aliran Udara terhadap Laju Kerusakan Refraktori

Berdasarkan data temperatur Bath dan laju aliran udara pada converter no.2 dan 3, rata-rata temperatur bath tiap heat adalah 1274 °C. Nilai ini lebih tinggi dari nilai temperatur *bath* yang diperbolehkan pada operasi standar converter PT X yaitu harus dijaga pada range 1220–230 °C. Tingginya temperatur bath berarti tinggi pula beban temperatur yang diterima oleh Refraktori MgO-Cr₂O₃ yang berpengaruh terhadap ketahanan refraktori MgO-SiO₂ terhadap thermal shock menjadi berkurang dikarenakan sifat konduktifitas dan koefisien ekspansi panas refraktori MgO-SiO₂ yang tinggi. Tingginya temperatur pada bath converter disebabkan karena reaksi oksidasi dari proses *converting* yang eksoterm (menghasilkan panas) tidak dapat terkontrol secara baik dengan penambahan Fluks dan *Scrap*.

Tingginya temperatur bath juga dipengaruhi oleh kekentalan dari cairan *matte*. Jika kekentalannya relatif tinggi sekitar 1,5 Pa.S, mempengaruhi efisiensi dari reaksi *fluxing* yang rendah dikarenakan laju aliran udara yang relatif rendah (< 400 m³/menit). Berdasarkan data laju aliran udara tiap heat untuk converter no.2 dan 3 diperoleh nilai rata-rata 357 dan 409 m³/menit.

Laju aliran udara converter no.2 lebih rendah dibandingkan no.3, yang berarti berpengaruh terhadap laju kerusakan refraktori converter no.2 yang relatif lebih cepat.



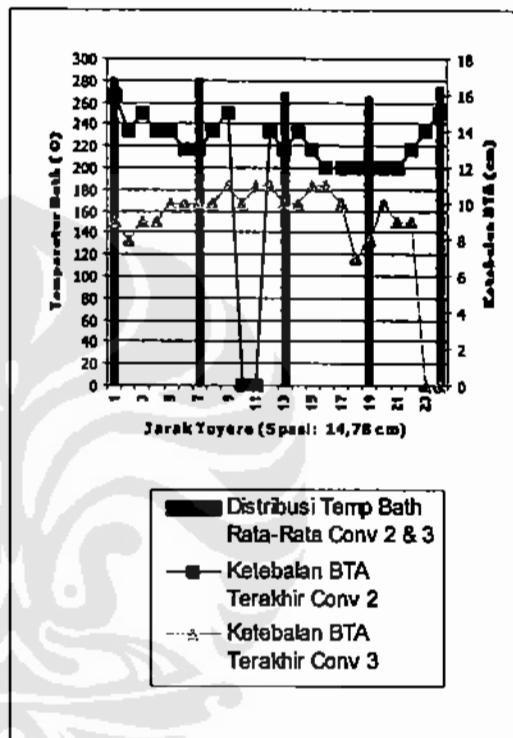
Gambar 2. Pengaruh Laju Aliran Udara terhadap Laju Kerusakan Refraktori

Hal ini dapat dijelaskan bahwa dengan rendahnya laju aliran udara mengakibatkan reaksi oksidasi pada proses convertng menjadi tidak optimal sehingga berpengaruh terhadap kekentalan dari cairan matte yang relatif menjadi tinggi. Dengan tingginya kekentalan cairan matte maka proses pembentukan fasa slag menjadi terganggu akibatnya membutuhkan waktu operasi dengan temperatur tinggi yang lebih lama untuk menghasilkan kandungan nikel > 78 % pada cairan matte.

4.2. Pengaruh Distribusi Temperatur terhadap Ketidakmerataan Kerusakan Refraktori

Kerusakan Refraktori di Peirce Smith converter PT X terutama disebabkan karena reaksi fluxing yang tidak efisien sehingga mengakibatkan temperatur dalam bath converter tidak merata. Berdasarkan data temperatur pada shell converter no.2 dan 3

nampak bahwa temperatur tidak merata di sepanjang lining bath converter. Distribusi dari temperatur yang tidak merata pada bath converter. Berdasarkan hasil pengukuran terhadap ketenalan refraktori terakhir untuk converter no.2 dan3 terlihat bahwa kerusakan umumnya terjadi pada daerah antara bagian tengah dan ujung dari bath (bagian utara dan selatan).



Gambar 3. Pengaruh Distribusi Terhadap Ketidakmerataan Kerusakan Refraktori

Efisiensi reaksi fluxing sangat ditentukan oleh kualitas pengikatan SiO₂ terhadap Fe untuk bereaksi membentuk fasa fayalite slag. Silika flux yang ditambahkan melalui chute dari bin conveyor tidak terdistribusi secara optimum pada seluruh bagian dari lining bath, akibatnya flux tersebar secara tidak merata dan lebih banyak jatuh ke bagian tengah dari bath sedangkan untuk bagian utara dan selatan relatif kurang. Hal ini mempengaruhi kecepatan reaksi fluxing antara bagian tengah, utara dan selatan sehingga pada bagian utara dan selata terjadi penjenuhan besi oksida (FeO) yang relatif tinggi.

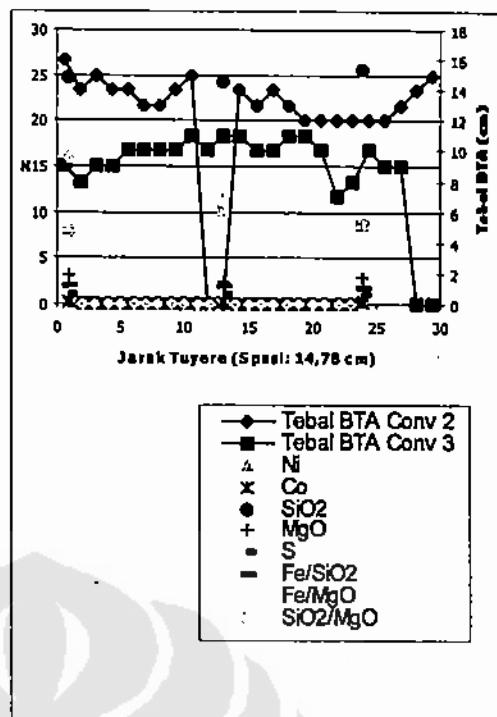
4.3. Pengaruh Distribusi Komposisi Slag Terhadap Ketidakteraturan Kerusakan Refraktori

Reaksi fluxing yang lambat dan tingginya besi oksida jenuh memungkinkan terjadinya penjumlahan SiO_2 dalam fasa slag. Slag dengan kadar SiO_2 yang tinggi yang kontak dengan refraktori akan memungkinkan terjadinya korosi dimana titik lebur Refraktori $\text{MgO-Cr}_2\text{O}_3$ berdasarkan diagram fasa biner sistem MgO-SiO_2 akan menurun dengan peningkatan kandungan SiO_2 .

Scrap boat yang ditambahkan melalui mulut *converter* untuk mengontrol temperatur dalam bath juga terbukti tidak mampu menjangkau secara maksimum ke bagian utara dan selatan dari bath converter. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan terhadap sampel slag converter dengan menggunakan X-ray Spectrometry, diketahui bahwa untuk bagian utara, tengah dan selatan memiliki komposisi SiO_2 , MgO dan Fe yang bervariasi.

Berdasarkan rasio dari Fe/SiO_2 yang diperoleh untuk bagian utara dan selatan cenderung lebih kecil dari bagian tengah hal ini membuktikan bahwa reaksi fluxing untuk pengikatan besi oksida oleh SiO_2 tidak merata untuk seluruh bagian *lining bath*.

Berdasarkan rasio SiO_2/MgO yang diperoleh diketahui bahwa % SiO_2 untuk bagian utara dan selatan memiliki nilai nilai berkisar antara 25,1 – 27,4 %. Tingginya % SiO_2 diikuti dengan tingginya % MgO yang terikat dalam fasa slag antara 3,2 – 3,5 %. Sehingga nilai untuk rasio SiO_2/MgO nya menjadi kecil antara 7,1 – 8,5 %. Rasio untuk SiO_2/MgO di flux berdasarkan data DKP FLUX assay rata-rata 15,72 % dengan kadar SiO_2 yang terkandung sebesar 74,33 % dan MgO sebesar 4,19 %. Selisih yang besar dari SiO_2/MgO di flux dan di slag mengindikasikan korosi sangat mungkin terjadi pada BTA di peirce smith converter.



Gambar 4.. Pengaruh Distribusi Komposisi Slag terhadap Ketidakteraturan Kerusakan Refraktori

Untuk mengatasi kerusakan yang terjadi pada BTA peirce smith converter ada dua hal yang perlu dikontrol, pertama menjaga temperatur tetap pada interval 1220-1230 °C yaitu dengan memberikan scrap dan flux yang tersebar secara merata di sepanjang lining bath converter, dengan kontrol temperatur yang baik diharapkan dapat menjaga laju aliran udara secara optimal di atas 400 M³/menit dan kedua menjaga rasio SiO_2/MgO di flux sama dengan di slag.

Chute yang dipakai untuk memasukkan material silika fluks dan scrap tidak mampu secara optimum memberikan pendistribusian secara merata pada seluruh lining bath converter. Berdasarkan desain awalnya yang dibuat pertama kali oleh Dravo Januari 1985 dengan model *retractable chute* (dapat diturunkan dan ditarik ke belakang dengan silinder udara), hasil data menunjukkan model tersebut tidak dapat bertahan lama karena pembentukan *build up* pada permukaan mulut *chute* sehingga menimbulkan kemacetan dan silinder udara tidak dapat bekerja.

Pada bulan Februari pada tahun yang sama dilakukan modifikasi dengan model chute menggantung (statis). Model ini memiliki banyak kelemahan dimana efisiensi reaksi fluxing yang tidak baik, material silika flux banyak terhisap oleh *exhaust fan* dan pendistribusiannya yang tidak baik (material lebih banyak jatuh ke bagian tengah lining converter). Untuk mengatasi pendistribusian material yang kurang baik ini kemudian dikembangkan model baru dengan menggunakan pelat deflektor pada bagian mulut chute. Hasil perolehan "jumlah heat" yang didapat cukup baik tetapi tidak optimum dan tidak dapat bertahan lama karena serangan build up pada bagian mulut chute.

Dengan memperhatikan dan mempertimbangkan kondisi operasi tersebut di atas untuk masa mendatang perlu dikembangkan chute model baru dengan spesifikasi mampu mendistribusikan silika fluks secara optimum/ merata pada bagian lining bath converter, mampu bertahan cukup lama pada kondisi lingkungan temperatur tinggi (600 °C) dan tidak cepat buntu karena serangan build up yang tinggi.

5. Kesimpulan

Kerusakan yang terjadi pada Batu Tahan Api (BTA) magnesia chrom di peirce smith converter PT X disebabkan karena distribusi panas dan reaksi oksidasi antara udara dan matte pada pembentukan fasa slag yang tidak merata. Fenomena ini terjadi akibat tidak meratanya distribusi dari silika flux dan scrap yang diberikan. Ketidakmerataan distribusi ini dipengaruhi oleh desain chute yang tidak mampu secara

optimum mendistribusikan flux dan scrap ke seluruh lining converter. Laju kerusakan refraktori yang terjadi dapat diperlambat dengan mengontrol temperatur operasi tetap terjaga dalam interval 1220-1230°C dengan mendistribusikan flux dan scrap secara merata sepanjang lining bath converter dan menjaga rasio SiO_2/MgO di flux sama dengan di slag.

Daftar Pustaka

1. Refractory Lining Performance Peirce Smith Converter No.2 & 3 Converter Lining 73, Process Technology Dept, PT Inco 1998.
2. R.H. Sconewille, G.J. O'Connel and J.M. Togury, A Quantity Method for Silica Flux Evaluation, Metallurgical Transactions Vol.24B, February 1993.
3. Chris Doyle, Refractory Presentation, PT Inco, 1995
4. Ari Fikri Zulkarnaen, Laporan Kerja Praktek PT Inco, 1985.
5. Sorokin M.L, Bistrov V.P, Nikolaev A.G, Komkov A.a, Thermodynamic of Nickel Matte Converting, The Materials, Metals & Material Society, 1993.
6. J.L. Liow and N.B. Gray, Refractory Wear at The Tuyere Region in a Peirce Smith Nickel Converter, Pyrometallurgy Fundamentals and Process development vol.II 1998.
7. Refractory Lining Performance Peirce Smith Converter 2 & 3 Lining 92 & 111 Process Technology Dept, PT Inco 1998.