

## 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 (SiO<sub>2</sub>) yang ditambahkan selain dapat mengontrol temperatur juga berfungsi sebagai pengikat besi oksida (FeO) hasil reaksi oksidasi dengan membentuk fasa *fayalite slag*

(Fe<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>). 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 m<sup>3</sup>/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 ( $\text{SiO}_2$ ) 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 ( $\text{SiO}_2$  2,4 %,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  7,0,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  13,5 %,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  16,3 %,  $\text{CaO}$  0,6 % dan  $\text{MgO}$  60,2 %). BTA magnesia khrom memiliki konduktifitas 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].

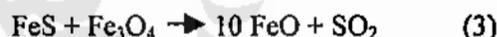
Reaksi *fluxing* atau reaksi pembentukan fasa *slag* adalah reaksi pengikatan besi oksida ( $\text{FeO}$ ) hasil reaksi oksidasi oleh silika fluks ( $\text{SiO}_2$ ) yang ditambahkan melalui *chute* dari *belt conveyor* membentuk fasa *fayalite slag* ( $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ ), sesuai dengan reaksi:



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  $\text{FeO-MgO-SiO}_2$  [3].

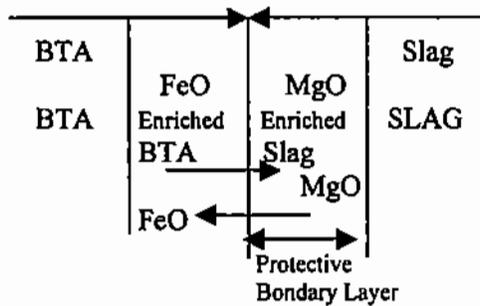
Kebanyakan *laterit slag* dan komposisi *laterit slag* terletak pada daerah range stokiometri  $\text{MO.SiO}_2$  dan  $2\text{MO.SiO}_2$ . Titik lebur sistem  $\text{MO-SiO}_2$  tergantung pada seberapa baik MO dapat melepaskan diri. Pada sistem  $\text{MgO-SiO}_2$ ,  $\text{MgO}$  adalah "highly refractory". Forsterite ( $2 \text{MgO.SiO}_2$ ) juga menjadi sangat refractory. Dengan meningkatnya kandungan  $\text{SiO}_2$ , titik lebur dalam sistem menurun, mencapai nilai minimum pada range rasio  $\text{SiO}_2/\text{MgO}$  2-3 [12].

Selain berfungsi mengikat  $\text{FeO}$ , silika juga berfungsi sebagai pengontrol terbentuknya fasa magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ). Untuk mengontrol level magnetite, silika fluks harus bereaksi secara cepat dengan semua  $\text{FeO}$  di *bath converter*. Efisiensi reaksi fluks yang tidak baik memberikan kesempatan  $\text{FeO}$  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  $\text{FeO}$  dari *slag* berpenetrasi ke dalam BTA dan menggantikan  $\text{MgO}$  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 <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	S	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> /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.

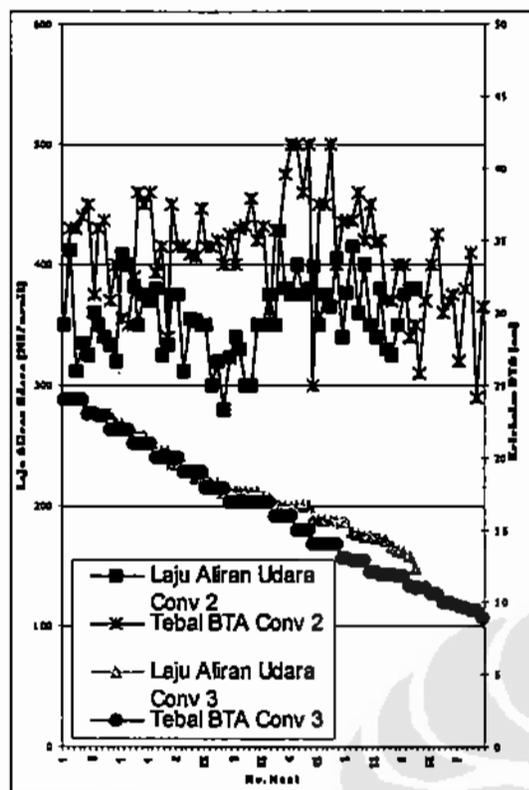
### 4. Hasil dan Pembahasan

#### 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-Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang berpengaruh terhadap ketahanan refraktori MgO-SiO<sub>2</sub> terhadap thermal shock menjadi berkurang dikarenakan sifat konduktifitas dan koefisien ekspansi panas refraktori MgO-SiO<sub>2</sub> 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 m<sup>3</sup>/menit). Berdasarkan data laju aliran udara tiap heat untuk converter no.2 dan 3 diperoleh nilai rata-rata 357 dan 409 m<sup>3</sup>/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.



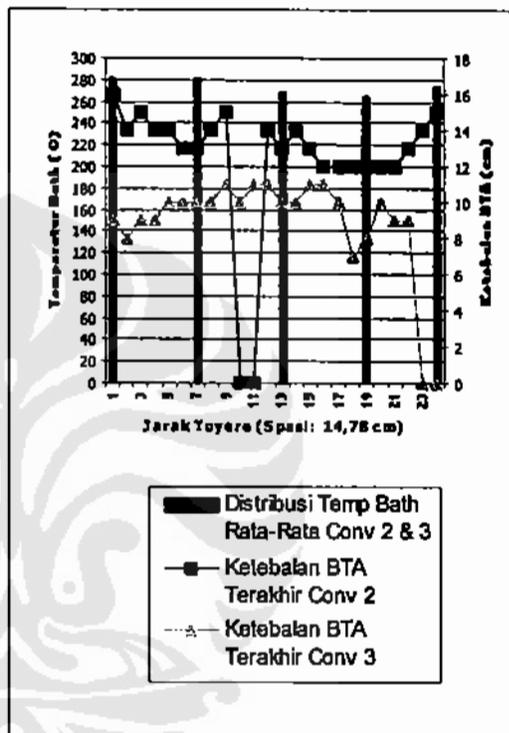
Gambar 2. Pengaruh Laju Aliran Udara terhadap Laju Kerusakan Refraktori

Hal ini dapat dijelaskan bahwa dengan rendahnya laju aliran udara mengakibatkan reaksi oksidasi pada proses converting 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 ketahanan refraktori terakhir untuk converter no.2 dan 3 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  $\text{SiO}_2$  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 penjumlahan besi oksida (FeO) yang relatif tinggi.

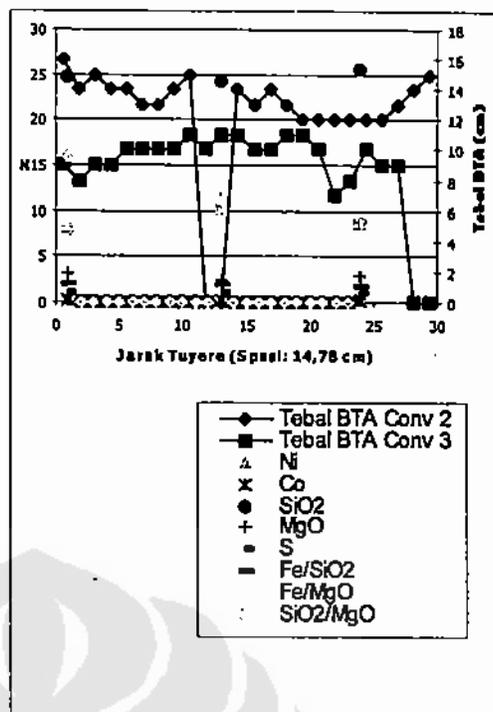
#### 4.3. Pengaruh Distribusi Komposisi Slag Terhadap Ketidakterataan Kerusakan Refraktori

Reaksi fluxing yang lambat dan tingginya besi oksida jenuh memungkinkan terjadinya penjumlahan  $\text{SiO}_2$  dalam fasa slag. Slag dengan kadar  $\text{SiO}_2$  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  $\text{MgO-SiO}_2$  akan menurun dengan peningkatan kandungan  $\text{SiO}_2$ .

*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  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MgO}$  dan Fe yang bervariasi.

Berdasarkan rasio dari  $\text{Fe/SiO}_2$  yang diperoleh untuk bagian utara dan selatan cenderung lebih kecil dari bagian tengah hal ini membuktikan bahwa reaksi fluxing untuk pengikatan besi oksida oleh  $\text{SiO}_2$  tidak merata untuk seluruh bagian *lining bath*.

Berdasarkan rasio  $\text{SiO}_2/\text{MgO}$  yang diperoleh diketahui bahwa %  $\text{SiO}_2$  untuk bagian utara dan selatan memiliki nilai nilai berkisar antara 25,1 – 27,4 %. Tingginya %  $\text{SiO}_2$  diikuti dengan tingginya %  $\text{MgO}$  yang terikat dalam fasa slag antara 3,2 – 3,5 %. Sehingga nilai untuk rasio  $\text{SiO}_2/\text{MgO}$  nya menjadi kecil antara 7,1 – 8,5 %. Rasio untuk  $\text{SiO}_2/\text{MgO}$  di flux berdasarkan data DKP FLUX assay rata-rata 15,72 % dengan kadar  $\text{SiO}_2$  yang terkandung sebesar 74,33 % dan  $\text{MgO}$  sebesar 4,19 %. Selisih yang besar dari  $\text{SiO}_2/\text{MgO}$  di flux dan di slag mengindikasikan korosi sangat mungkin terjadi pada BTA di peirce smith converter.



Gambar 4.. Pengaruh Distribusi Komposisi Slag terhadap Ketidakterataan 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  $\text{M}^3/\text{menit}$  dan kedua menjaga rasio  $\text{SiO}_2/\text{MgO}$  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. Ketidakteraturan 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  $\text{SiO}_2/\text{MgO}$  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'Connell 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.