

Pembuatan *Operator Training Simulator* Unit Tanur Anoda dan Pengolahan pada Pabrik Pemurnian Tembaga menggunakan Fasilitas Pemrograman *Function Block Distributed Control System*

Nico Febrian

Program Studi Teknik Fisika – Institut Teknologi Bandung

Abstrak

Operator Training Simulator (OTS) merupakan simulator yang dibuat untuk menggambarkan proses aktual di lapangan dan dapat menjadi sebuah metode pembelajaran bagi operator baru tanpa harus terjun langsung ke lapangan untuk meningkatkan efisiensi waktu dan biaya. OTS pada penelitian ini dibuat berdasarkan proses sebenarnya pada unit tanur anoda dan unit refinery di PT Smelting Gresik menggunakan fasilitas pemrograman *function block* pada DCS Centum CS3000 Yokogawa. Pemodelan pada simulator menggunakan persamaan kesetimbangan energi dan massa. Pembuatan OTS ini berdasarkan kebutuhan efisiensi proses pemurnian tembaga yang tinggi, baik waktu maupun biaya karena hanya terdapat satu pabrik pemurnian tembaga di Indonesia. Simulasi pada unit tanur anoda meliputi proses oksidasi dan reduksi. Sedangkan pada unit *Refinery*, simulasi meliputi proses *electrorefining* (elektrolisis). Secara keseluruhan, simulasi menggambarkan penurunan kadar pengotor di dalam tembaga cair. Hasil simulasi telah divalidasi terhadap data aktual lapangan dan didapat galat sebesar 0.08% untuk proses oksidasi, 0.91% untuk proses reduksi dan 1.06% untuk proses refining.

Kata Kunci: Operator training simulator, Anoda, Refinery, Tembaga, DCS

Abstract

Operator Training Simulator (OTS) is a simulator that describes actual process at plant. In this study, OTS was build based on actual process at anode furnace and refinery unit at PT Smelting Gresik using function block in DCS Centum CS3000 Yokogawa in order to increase efficiency of copper smelting process. Simulator calculations are based on Law of conservation of mass and energy. Simulations for anode furnace unit consist of oxidation and reduction process. Meanwhile refinery unit consist of electro refining process. Simulation obtained that contaminant level on molten cooper were decrease. Simulation results have been validated by actual data, obtained errors at oxidation, reduction, and refining process, 0.08%, 0.91%, and 1.06%, respectively.

Keyword: operator training simulator, anode, refinery, cooper, DCS

1 Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

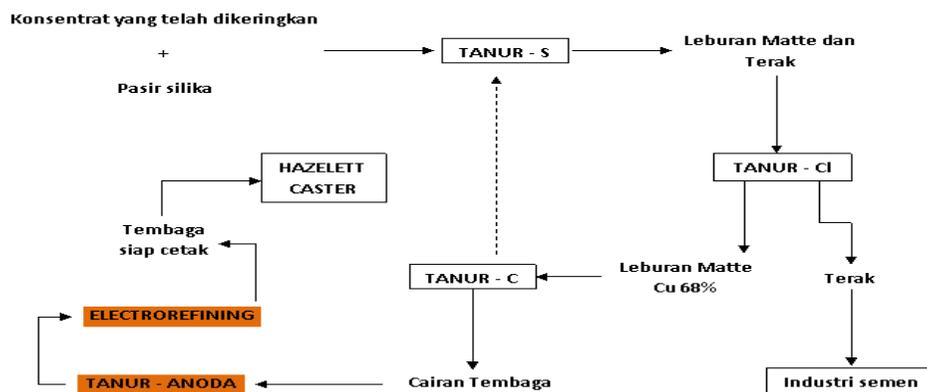
Indonesia kaya dengan tembaga yang terbukti dari posisi Indonesia pada peringkat ketujuh dunia sebagai negara yang memiliki cadangan tembaga terbanyak yaitu sebesar 4,1% yang tersebar di Papua, Jawa barat, dan Sulawesi Utara [1]. Namun hal ini sangat kontras dengan minimnya jumlah pabrik pengolahan tembaga di Indonesia yaitu hanya terdapat satu pabrik pemurnian tembaga yang menangani seluruh hasil alam ini [2]. Hal ini menyebabkan kebutuhan efisiensi yang tinggi dari proses pemurnian tembaga, baik waktu maupun biaya yang dapat dipenuhi oleh adanya *Operator Training Simulator* (OTS). OTS dapat meningkatkan efisiensi waktu dan biaya melalui pelatihan operator baru tentang proses pada *plant* dalam waktu yang singkat tanpa mengganggu proses pemurnian

tembaga yang sedang berlangsung [3]. OTS merupakan simulator proses yang menggambarkan pabrik pemurnian tembaga, khususnya unit tanur anoda dan *refinery* untuk kondisi tunak dan *startup* dengan menggunakan fasilitas pemrograman *function block* pada DCS Centum CS3000 Yokogawa. Untuk mengetahui keakuratan simulator, dilakukan validasi hasil simulasi OTS terhadap data aktual proses di lapangan menggunakan Simulink pada MATLAB®.

2 Konsep / Teori Dasar

2.1 Proses Pemurnian Tembaga

Proses pemurnian tembaga terdiri dari proses *combustion* dan *electrorefining*. Tahap pemurnian ini bertujuan mendapatkan tembaga murni 99.99%. Proses *combustion* merupakan tahap awal untuk memisahkan tembaga dari pengotornya menggunakan proses pemanasan. Proses *combustion* terdiri dari 2 unit yaitu unit *smelter* (tanur S, CI dan C) dan unit tanur anoda. Pada unit *smelter*, proses berlangsung secara kontinyu dan dihasilkan leburan matte dan terak sebagai keluaran dari tanur S dan tanur CI. Sedangkan pada tanur C, dihasilkan tembaga cair (*blister*) yang menjadi masukan untuk tanur anoda. Proses ini terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Proses pemurnian tembaga

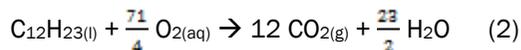
Pada tanur anoda terjadi proses *semi-batch* dimana *blister* akan ditampung di dalam tanur anoda dan oksigen akan ditembakkan dari dalam *blister* secara kontinyu. *Blister* akan mengalami proses oksidasi dan reduksi sehingga didapat keluaran berupa lempeng tembaga anoda. Lempeng tembaga anoda mengandung 99.4% tembaga murni yang kemudian akan dielektrolisis (*electrorefining*) pada unit *refinery* sehingga menghasilkan tembaga murni 99.99%.

2.2 Tanur Anoda

Pada tanur anoda terjadi beberapa tahap proses yaitu: penerimaan (*receiving*), preoksidasi, oksidasi, reduksi dan *casting*. Namun, dalam pemurnian tembaga proses oksidasi dan reduksi memiliki peran yang besar. Proses oksidasi bertujuan menurunkan kadar sulfur di dalam blister hingga kurang dari 0.01% menggunakan udara yang diperkaya oksigen sesuai persamaan (1).



Proses oksidasi akan menyebabkan kandungan oksigen terlarut di dalam *blister* akan meningkat sehingga dibutuhkan proses reduksi. Proses reduksi bertujuan menurunkan kadar oksigen di dalam blister hingga kurang dari 0.15% menggunakan minyak solar ($C_{12}H_{23}$). Proses reduksi akan menghasilkan gas CO_2 dan H_2O sesuai persamaan (2).



Dalam memodelkan peluruhan kadar sulfur dan oksigen di dalam *blister*, digunakan persamaan dinamis kesetimbangan massa.

$$\frac{dmol_{output}}{dt} = \frac{F}{V} (K mol_{input} - mol_{output}) \quad (3)$$

2.3 Unit Refinery

Pada unit *refinery*, terjadi proses pemurnian tembaga menggunakan proses *electrorefining*. Proses *electrorefining* adalah proses pemurnian tembaga menggunakan sel elektrolisis dengan tembaga 99.4% sebagai anoda dan baja anti karat sebagai katoda. Proses ini memindahkan partikel tembaga menggunakan arus listrik searah (DC) ke katoda. Banyaknya tembaga yang terbentuk di katoda untuk selang waktu tertentu dapat ditentukan dengan persamaan (4).

$$\frac{dm_{Cu}}{dt} = \frac{I_{sumbu} Ar Cu}{z F 1000} \quad (4)$$

Proses elektrolisis dipanen sebanyak dua kali dengan lama proses yang berbeda beda. Pada tahap pertama, proses berlangsung selama 7 (tujuh) hari dan akan diperoleh plat baja yang ditemplei tembaga 99.99% sebanyak 50-60 kg. kemudian plat baja akan ditanam kembali ke dalam tangki elektrolisis selama 12 hari dan didapatkan tembaga 99.99% seberat 100 kg. Pada sel elektrolisis ini jumlah anoda harus 1 lempeng lebih banyak daripada katoda karena diharapkan 2 lempeng anoda mengapit 1 katoda sebagai media tempel partikel tembaga 99.99% [4].

2.4 Operator Training Simulator

Operator training simulator merupakan sebuah aplikasi yang digunakan sebagai media pelatihan operator yang berbasis computer dengan melakukan simulasi suatu proses industri lengkap dengan sistem kontrolnya. Perangkat ini melatih operator-operator baru agar dapat memahami karakteristik proses dari plant dengan mengubah-ubah nilai masukan proses pada virtual plant di OTS tanpa memberi pengaruh untuk plant sebenarnya. Selain itu, operator baru dapat melakukan simulasi proses dari kondisi *startup*, kondisi tunak, *shut down* dan *emergency* yang jarang ditemui dalam kenyataannya sehingga OTS dapat menghemat waktu pembelajaran operator baru. Oleh karena itu, OTS dibuat sedemikian rupa agar memiliki tampilan yang sama persis dengan *Human Machine Interface* yang terdapat pada *control room* agar operator yang baru terbiasa menggunakannya.

2.5 DCS Centum CS3000 Yokogawa

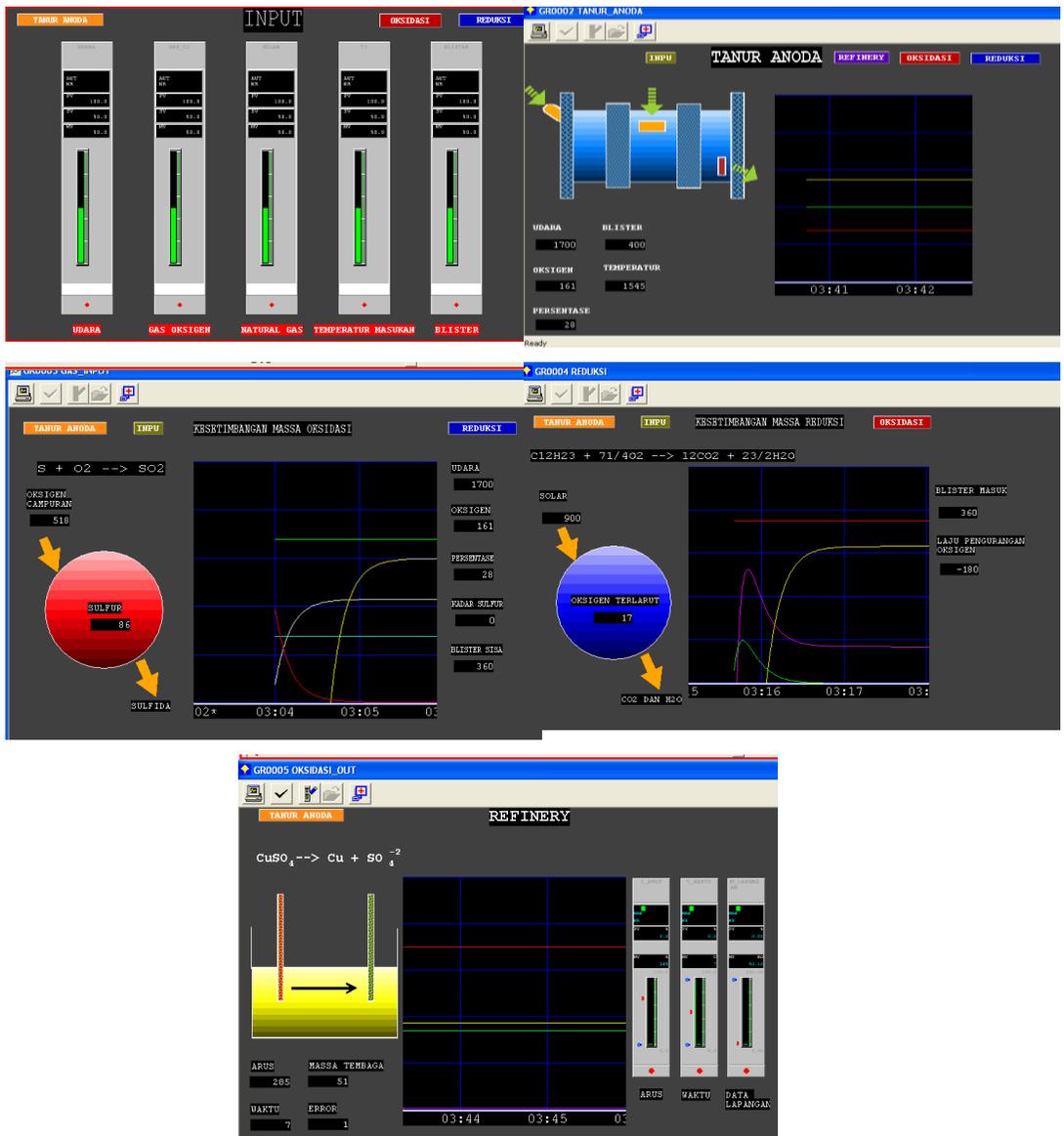
Distributed Control System (DCS) merupakan sebuah sistem kontrol terdistribusi yang menggunakan jaringan VL net sebagai media penghubung sensor, pengontrol, aktuator dan terminal operator dengan tujuan mengakuisisi data lapangan dan menentukan respon sistem terhadap data lapangan. Pada DCS terdapat tiga komponen utama yaitu *Field Control Station* (FCS), *Human Interface Station* (HIS) dan *field instrument* (sensor dan aktuator). Pada penelitian ini, OTS dibangun dengan menggunakan fasilitas *function block* pada DCS Centum CS3000 Yokogawa yang bertujuan untuk memudahkan para operator baru beradaptasi dengan perangkat yang terdapat di *control room* pabrik pemurnian tembaga.

3 Pembangunan Simulator

Simulator proses dibuat sesuai dengan kondisi aktual lapangan sehingga dibutuhkan studi literatur mengenai pemodelan sistem untuk proses yang berlangsung pada pabrik. Selain studi literatur, juga dibutuhkan penelitian lapangan sebagai metode pembelajaran proses aktual pada *plant* dan pengumpulan data aktual proses. Pemodelan sistem meliputi parameter yang berpengaruh untuk keberlangsungan proses baik masukan sistem maupun keluaran dan sistem penunjang. Pemodelan yang sesuai dengan proses akan dibangun dalam *function block* pada DCS dan dilakukan simulasi proses. Agar dapat melihat hasil simulasi, dibutuhkan perancangan *Human Machine Interface* (HMI) terlebih dulu pada DCS. Hasil simulasi yang didapatkan, divalidasi terhadap data aktual proses.

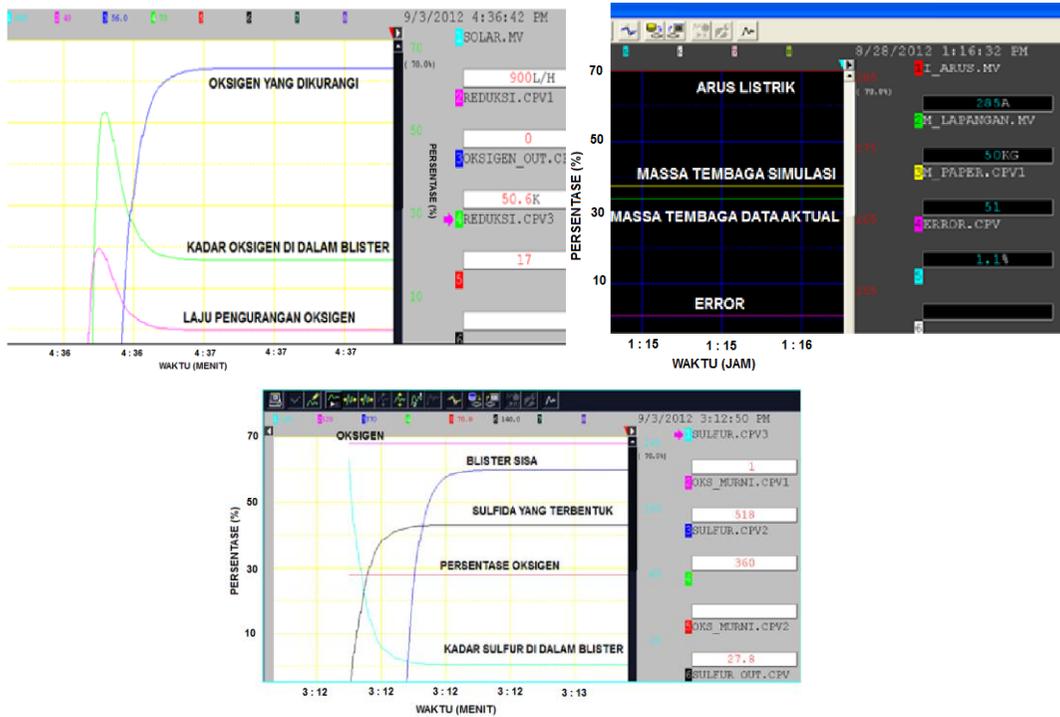
4 Hasil dan Analisis

Simulator proses ini telah menampilkan proses pemurnian tembaga pada unit tanur anoda dan *refinery* di pabrik. Tampilan dari OTS untuk unit tanur anoda dan *refinery* terlihat pada Gambar 2. Pada OTS ini, dapat diketahui laju penurunan kadar pengotor pada tembaga cair sebagai masukan proses untuk tanur anoda dalam bentuk grafik dan *display* data numerik. Tidak hanya penurunan kadar pengotor, data masukan serta produk dari proses juga dapat diketahui melalui simulasi proses ini.



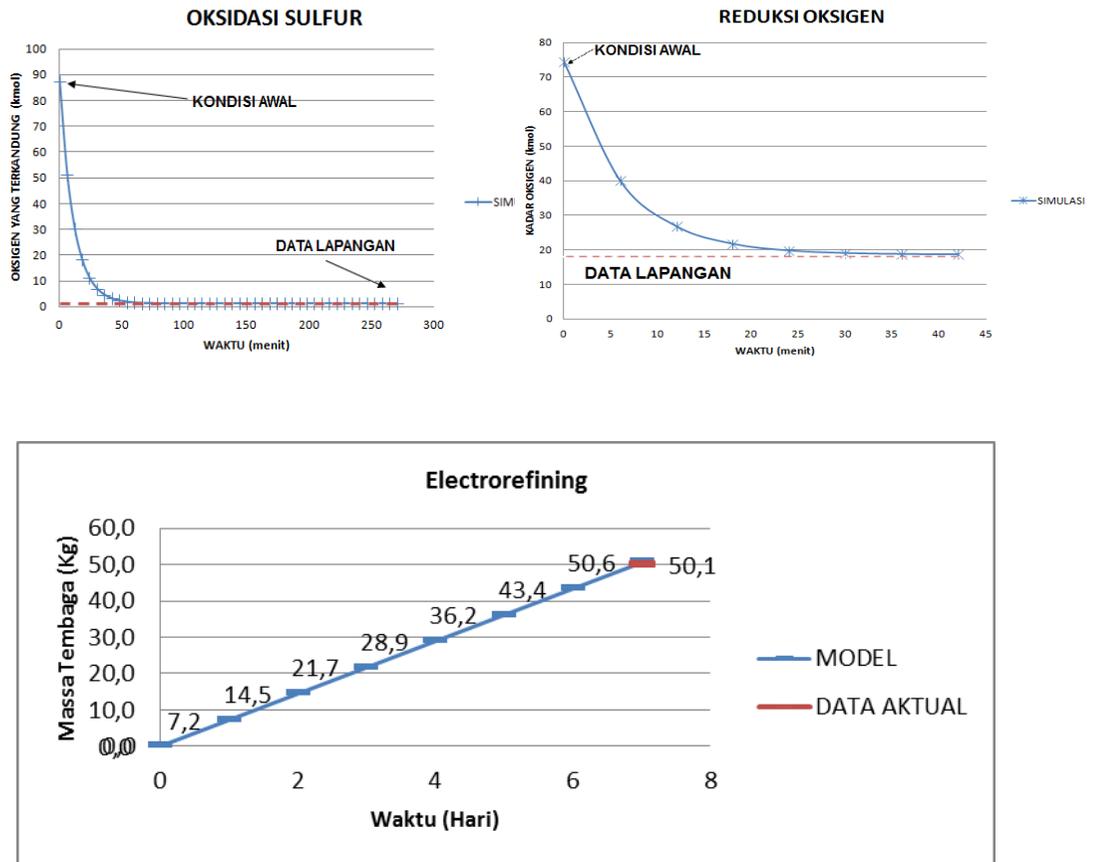
Gambar 2 HMI simulator unit tanur anoda dan refinery

Simulator dijalankan dari kondisi *startup* hingga kondisi normal operasi (tunak) yang disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3 Grafik kondisi startup hingga tunak unit tanur anoda dan Refinery

Validasi hasil simulasi terhadap data lapangan dilakukan pada kondisi normal. Validasi berfokus pada kandungan sulfur yang terkandung di dalam blister untuk proses oksidasi, kandungan oksigen yang terkandung di dalam blister untuk proses reduksi dan massa tembaga yang terbentuk pada proses *electrorefining* berdasarkan data lapangan dan literatur. Validasi dilakukan menggunakan fasilitas pemrograman pada Simulink MATLAB seperti pada Gambar 4.



Gambar 4 Validasi data simulator terhadap data lapangan

Dari proses validasi yang dilakukan didapat galat antara data hasil simulasi dan data aktual proses lapangan sesuai Gambar 5.

| | Kandungan Pengotor (kmol) | | % Absolut Error Relatif |
|----------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | Simulasi OTS | Kondisi Aktual Lapangan | |
| Oksidasi | 1.251 | 1.250 | 0.08 |
| Reduksi | 18.790 | 18.621 | 0.91 |

| | Massa Tembaga (kg) | | % Absolut Error Relatif |
|----------|--------------------|-------------------------|-------------------------|
| | Simulasi OTS | Kondisi Aktual Lapangan | |
| Refinery | 50.10 | 50.63 | 1.06 |

Gambar 5 Nilai error antara data simulator dan data lapangan

Beberapa galat yang terjadi antara hasil simulasi OTS dengan data aktual proses di lapangan disebabkan oleh beberapa hal yaitu adanya masukan sistem tambahan pada proses di lapangan yang tidak diikutsertakan dalam perhitungan, reaksi kimia diasumsikan berlangsung sempurna, pengaruh laju aliran elektrolit diabaikan dalam pembentukan tembaga pada unit *refinery*.

5 Kesimpulan

Operator Training Simulator yang dibuat menggambarkan kondisi *startup* hingga kondisi tunak pada tanur Anoda dan hanya kondisi tunak pada unit *refinery* dari pabrik pemurnian tembaga dengan validasi data yang hanya dapat dilakukan pada kondisi tunak saja. Pada tanur anoda diperoleh persentase absolut error relatif 0.08% untuk proses oksidasi dan 0.91% untuk proses reduksi. Sedangkan pada unit *refinery* diperoleh persentase absolut kesalahan relatif sebesar 1.06% untuk proses *electrorefining*. Pada tanur anoda, galat terjadi karena adanya beberapa konsentrasi yang diikutsertakan dalam proses di lapangan tapi tidak masuk dalam stoikiometri proses. Konsentrat tersebut berperan sebagai katalisator proses, input tambahan yang berasal dari lempeng tembaga cacat produksi, dan pengatur temperatur proses. Sedangkan pada unit *refinery*, galat terjadi karena adanya pengaruh dari aliran elektrolit pada sel untuk kondisi aktual lapangan. Aliran elektrolit mempengaruhi banyaknya perpindahan partikel massa, mencegah penumpukan partikel massa di satu titik dan menjaga temperatur [5]. Sedangkan untuk pemodelan berdasarkan OTS, aliran elektrolit diasumsikan tidak memberi pengaruh dalam peluruhan partikel tembaga.

6 Daftar Pustaka

- [1] http://www.djmbp.esdm.go.id/modules/news/index.php?_Act=detail&sub=news_minerbapabum&news_id=3042
- [2] Booklet Pengenalan PT. Smelting, Gresik. 2010. Indonesia.
- [3] van der Wal, G. et al. 1996. *Minimising Investment with Dynamic Simulation*. Dicitak ulang dari Petroleum Technology Quarterly.
- [4] Mitsubishi Corporation. 1998. *Operation Manual For Gresik Copper Smelter and Refinery (3) Smelter Ref 0.1998.0403*. Mitsubishi Corporation.
- [5] Anonymous. 2010. *Extractive Metallurgical of Non-Ferrous Metals IA*. class notes ENG06631. Metallurgical and Materials Engineering, School of Engineering, Federal University of Rio Grande do Sul, UFRGS.