

**STUDI SIMULASI PENGARUH RASIO CaO/SiO<sub>2</sub> TERHADAP  
KESETIMBANGAN Fe/Sn PADA PELEBURAN TIMAH 2-TAHAP**

**TUGAS AKHIR**

**DENY PUTRA HUTAMA**

**123.14.018**



**PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL**

**FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN**

**INSTITUT TEKNOLOGI DAN SAINS BANDUNG**

**KOTA DELTAMAS**

**AGUSTUS 2018**

**STUDI SIMULASI PENGARUH RASIO CaO/SiO<sub>2</sub> TERHADAP  
KESETIMBANGAN Fe/Sn PADA PELEBURAN TIMAH 2-TAHAP**

**TUGAS AKHIR**

**DENY PUTRA HUTAMA**

**123.14.018**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik  
Pada Program Studi Teknik Metalurgi dan Material



**PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL**

**FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN**

**INSTITUT TEKNOLOGI DAN SAINS BANDUNG**

**KOTA DELTAMAS**

**AGUSTUS 2018**

## **HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS**

**Tugas Akhir ini adalah hasil karya Saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip atau dirujuk  
telah Saya nyatakan dengan benar.**

**Nama : Deny Putra Utama**

**NIM : 123.14.018**

**Tanda tangan :**

**Tanggal : 14 Agustus 2018**

**STUDI SIMULASI PENGARUH RASIO CaO/SiO<sub>2</sub> TERHADAP  
KESETIMBANGAN Fe/Sn PADA PELEBURAN TIMAH 2-TAHAP**

**TUGAS AKHIR**

**DENY PUTRA HUTAMA**

**123.14.018**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik  
Pada Program Studi Teknik Metalurgi dan Material

Menyetujui,

Kota Deltamas, 14 Agustus 2018

Dosen Pembimbing 1:

Dosen Pembimbing 2:

Prof. Ir. Syoni Soepriyanto M.Sc. Ph.D

M. Wildanil Fathoni ST. MT.

NIP: 195203181976031001

NIP: 19921005201702528

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Metalurgi dan Material

Dr.Eng Akhmad Ardian Korda S.T., M.T

NIP: 19741204200801101

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, Dia yang Maha Suci dan Maha Tinggi, yang telah memberikan iman, kesehatan, petunjuk, dan karunia-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan laporan penelitian tugas akhir ini dengan judul “Studi Simulasi Pengaruh Rasio CaO/SiO<sub>2</sub> Terhadap Kesetimbangan Fe/Sn Pada Peleburan Timah 2-Tahap”. Laporan ini diajukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar sarjana Program Studi Teknik Metalurgi dan Material, Fakultas Teknik dan Desain, Institut Teknologi dan Sains Bandung.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, teramat sulit bagi penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. PT Timah (Persero) Tbk Unit Metalurgi Muntok Bangka, yang telah mengizinkan penulis melakukan kerja praktik sekaligus mengambil data – data yang diperlukan untuk keperluan tugas akhir;
2. Dr. Eng. Akhmad Ardian Korda, S.T., M.T., sebagai ketua Program Studi Teknik Metalurgi dan Material ITSB;
3. Prof. Ir. Syoni Soepriyanto, M.Sc., Ph.D sebagai pembimbing pertama yang telah memberikan ilmu, bimbingan, dan pengalaman selama masa perkuliahan kepada penulis sekaligus sebagai koordinator tugas akhir yang telah mengurus segala hal keperluan selama penelitian tugas akhir dikampus;
4. M. Wildanil Fathoni, S.T., M.T., sebagai pembimbing kedua yang telah memberikan ilmu, bimbingan, dan pengalaman selama masa perkuliahan kepada penulis;
5. Yessi Aristanti, S.Si., M.T., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Metalurgi dan Material ITSB yang telah banyak membantu dalam keperluan administrasi perizinan;
6. Maskuri S.T., selaku Asisten Administrasi Program Studi Teknik Metalurgi dan Material ITSB yang telah banyak membantu dalam

keperluan administrasi perizinan dan banyak memberikan saran kepada penulis;

7. Dosen dan segenap sivitas akademika kampus ITS B yang telah memberikan ilmu pengetahuan, pengalaman, dan bantuan selama masa perkuliahan penulis;
8. Teman-teman seperjuangan di dalam Teknik Metalurgi dan Material Angkatan 14, Massa HIMATAMA dan Kabinet Karya yang telah memberikan warna tersendiri dalam perkuliahan 4 tahun ini;
9. Keluarga besar Zona Eropa Cluster Catania Blok H37 yang telah memberikan pengalaman hidup dan menadaburi setiap arti hidup selama perkuliahan 4 tahun ini, Ibu Rawa lumbu, Kyai Zaenal, Anak Aceh, Hafidz Hafidzahullah, dan anak Tegal;
10. Yang terkhusus Bapak, Ibu, Adik dan Mbak yang menjadi motivasi utama penulis untuk mengerjakan Tugas Akhir ini;
11. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu;

Akhir kata semoga Allah SWT selalu memberikan Rahmat-Nya kepada semua pihak yang telah membantu. Besar harapan dari penulis agar hasil penelitian Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Kota Deltamas, 14 Agustus 2018

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK**

Sebagai sivitas akademik Institut Teknologi dan Sains Bandung, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Deny Putra Utama

NIM : 123.14.018

Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material

Fakultas : Teknik dan Desain

Jenis Karya : Tugas Akhir

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Institut Teknologi dan Sains Bandung Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Rights) atas karya ilmiah yang berjudul :

“Studi Simulasi Pengaruh Rasio CaO/SiO<sub>2</sub> Terhadap Kestimbangan Fe/Sn Pada Peleburan Timah 2-Tahap”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Institut Teknologi dan Sains Bandung berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Kota Deltamas

Pada Tanggal : 14 Agustus 2018

Yang Menyatakan,

Deny Putra Utama

## DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.1 Latar Belakang .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.2 Tujuan Penelitian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.3 Ruang Lingkup Penelitian.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.4 Metodologi Penelitian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.5 Sistematika Penulisan.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BAB II.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1 Proses Peleburan Timah.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1.1 Termodinamika Metalurgi Peleburan Timah.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1.2 Peleburan Timah Dua Tahap .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2 Teknologi Peleburan Timah.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2.1 Teknologi Tanur Tegak ( <i>Shaft Kiln</i> )....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2.2 Teknologi Tanur Reverberatory ( <i>Reverberatory Furnace</i> ) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2.3 Teknologi <i>Rotary Kiln</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2.4 Teknologi <i>Electric Furnace</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2.5 Teknologi <i>Fuming Furnace</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.6 Teknologi Ausmelt .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.3 Keseimbangan Fe/Sn pada Logam dan Terak.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.4 Reaksi – Reaksi Kimia pada Peleburan Timah 2 Tahap ..	<b>Error! Bookmark not defined.</b>



2.4.1	Reaksi – reaksi kimia yang terjadi pada peleburan timah tahap I	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.4.2	Reaksi – reaksi kimia yang terjadi pada peleburan timah tahap II	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.5	Teori Simulasi Penurunan Sn pada Terak	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.6	Hasil Penelitian Terdahulu	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.7	Uji Statistik	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.7.1	Analisis Regresi Linear	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.7.2	Regresi Linear Sederhana	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.7.3	Regresi Linear Berganda	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.7.4	Koefisien Korelasi	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.7.5	Koefisien Determinasi	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.7.6	Pengujian Hipotesis Uji t dan F	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.8	Mekanisme Pembentukan Terak	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BAB III		<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1	Deskripsi Proses	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2	Formulasi Program Simulasi	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3	Penentuan Persamaan Hubungan $\gamma\text{SnO}/\gamma\text{FeO}$ Dengan $\text{CaO}/\text{SiO}_2$	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.4	Penentuan Grafik Hubungan %Fe Logam dengan Fe/Sn Terak	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.5	Implementasi Program pada Aplikasi <i>Visual Basic Ms Excel 2013</i>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.6	Prosedur Simulasi	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.7	Hasil Simulasi	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.7.1	Hasil Perhitungan Persamaan Hubungan $\gamma\text{SnO}/\gamma\text{FeO}$ dengan $\text{CaO}/\text{SiO}_2$ Data Bijih PT Timah	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.7.2	Hasil Perhitungan Persamaan Hubungan %Fe logam dengan Fe/Sn Terak	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.7.3	Hasil – Hasil Utama Simulasi	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.7.4	Tampilan Masukan dan Keluaran Program Simulasi	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BAB IV		<b>Error! Bookmark not defined.</b>

4.1	Analisis Hubungan Rasio $\gamma\text{SnO}/\gamma\text{SiO}_2$ terhadap Rasio $\text{CaO}/\text{SiO}_2$ .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2	Analisis Hubungan %Fe <i>Hardhead</i> dengan Fe/Sn Terak 2 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.3	Perbandingan Hasil Simulasi dengan Data Pabrik....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4	Analisis Hubungan %Sn Terak 2 terhadap $\text{CaO}/\text{SiO}_2$ .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.5	Hasil Simulasi %Sn Terak 2 terhadap $\text{CaO}/\text{SiO}_2$ .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.6	Perbandingan %Sn Terak 2 terhadap $\text{CaO}/\text{SiO}_2$ Simulasi vs Pabrik ..	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BAB V.....		<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.1	Kesimpulan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.2	Saran.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
DAFTAR PUSTAKA .....		<b>Error! Bookmark not defined.</b>
LAMPIRAN A .....		<b>Error! Bookmark not defined.</b>
LAMPIRAN B .....		<b>Error! Bookmark not defined.</b>
LAMPIRAN C .....		<b>Error! Bookmark not defined.</b>
LAMPIRAN D .....		<b>Error! Bookmark not defined.</b>

## DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1.1** Pohon Industri Timah .....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 1.2** Metodologi Penelitian.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.1** Diagram Ellingham – Richardson Untuk Logam Oksida..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.2** Perhitungan Nisbah Fe/Sn Dalam Logam dan Terak Saat Kesetimbangan Sebagai Fungsi Temperatur .. **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.3** Diagram Alir Peleburan Timah 2 Tahap ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.4** Tanur Tegak dan Komponennya. ....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.5** Skema Tanur Reverberatory .....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.6** Skema Rotary Kiln .....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.7** Skema Tanur Listrik .....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.8** Skematik Tanur Fuming .....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.9** Gambar Nyata Tanur Fuming .....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.10** Peleburan Terak 1 Dengan Tanur Reverberatory **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.11** Peleburan Terak 1 Dengan Fuming Furnace **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.12** Proses Peleburan Dalam Tanur Ausmelt ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.13** Tahapan Proses Tanur Ausmelt .....**Error! Bookmark not defined.**

**Gambar 2.14** Diagram Fasa Terner Sistem CaO-SiO<sub>2</sub>-FeO **Error! Bookmark not defined.**

**Gambar 2.15** Variasi  $\gamma_{\text{SnO}}/\gamma_{\text{FeO}}$  terhadap Kadar SnO ..... **Error! Bookmark not defined.**

**Gambar 2.16** Variasi  $\gamma_{\text{SnO}}/\gamma_{\text{FeO}}$  terhadap rasio CaO/SiO<sub>2</sub> ..... **Error! Bookmark not defined.**

**Gambar 2.17** Reaksi disosiasi CaO ..... **Error! Bookmark not defined.**

**Gambar 2.18** Heksagonal silika menjadi tiga Si-O 3 dimensi... **Error! Bookmark not defined.**

**Gambar 2.19** Skematik Keseimbangan Fe/Sn dalam lelehan timah – terak **Error! Bookmark not defined.**

**Gambar 3.1** Diagram Algoritma Pemrograman ... **Error! Bookmark not defined.**

**Gambar 3.2** Diagram Alir Proses Simulasi Keseluruhan ... **Error! Bookmark not defined.**

**Gambar 3.3** Diagram Prosedur Hitung Peleburan Tahap 1 **Error! Bookmark not defined.**

**Gambar 3.4** Diagram Prosedur Hitung Peleburan Tahap 2 **Error! Bookmark not defined.**

**Gambar 3.5** Pola Hubungan  $\gamma_{\text{SnO}}/\gamma_{\text{FeO}}$  dengan nilai komposisi terak ..... **Error! Bookmark not defined.**

**Gambar 3.6** Pola Hubungan %Fe hardhead dengan rasio Fe/Sn dalam terak 2 ..... **Error! Bookmark not defined.**

**Gambar 3.7** Tampilan Masukan dan Keluaran Simulasi Bagian Bijih - Kapur ..... **Error! Bookmark not defined.**

**Gambar 3.8** Tampilan Masukan dan Keluaran Simulasi Bagian Hasil ..... **Error! Bookmark not defined.**

**Gambar 4.1** Grafik Hubungan  $\gamma_{\text{SnO}}/\gamma_{\text{FeO}}$  terhadap rasio CaO/SiO<sub>2</sub> ..... **Error! Bookmark not defined.**

**Gambar 4.2** Hubungan %Fe Hardhead terhadap Fe/Sn Terak 2 **Error! Bookmark not defined.**

**Gambar 4.3** Hubungan  $\gamma_{\text{SnO}}/\gamma_{\text{FeO}}$  terhadap %SnO terak **Error! Bookmark not defined.**

**Gambar 4.4** Hubungan %SnO terhadap rasio CaO/SiO<sub>2</sub>.... **Error! Bookmark not defined.**

**Gambar 4.5** Hubungan %SnO terhadap rasio CaO/SiO<sub>2</sub>.... **Error! Bookmark not defined.**

**Gambar 4.6** Perbandingan Hasil Simulasi dengan Hasil Pabrik untuk %Sn terak 2 terhadap CaO/SiO<sub>2</sub>..... **Error! Bookmark not defined.**

## DAFTAR TABEL

**Tabel 2.1** Komposisi Produk Hasil Peleburan Tanur Reverberatory ..... **Error! Bookmark not defined.**

**Tabel 2.2** Pedoman interpretasi terhadap koefisien korelasi **Error! Bookmark not defined.**

**Tabel 4.1** Hasil Nilai Uji t dan F ..... **Error! Bookmark not defined.**

**Tabel 4.2** Perbandingan Hasil Simulasi dengan Hasil Pabrik Peleburan1 .... **Error! Bookmark not defined.**

**Tabel 4.3** Perbandingan Hasil Simulasi dengan Hasil Pabrik Peleburan 2 ... **Error! Bookmark not defined.**



**DAFTAR LAMPIRAN**

- LAMPIRAN A- 1 Data Komposisi Hardhead .....**Error! Bookmark not defined.**  
LAMPIRAN A- 2 Data Komposisi Terak 2 .....**Error! Bookmark not defined.**  
LAMPIRAN A- 3 Data Perhitungan Rasio CaO/SiO<sub>2</sub>, Fe/SiO<sub>2</sub>, Fraksi mol Sn  
dan Fe hardhead dan terak dan Koefisien Aktivitasnya .... **Error!**  
**Bookmark not defined.**  
LAMPIRAN B- 1 DATA KAMPANYE 086 .....**Error! Bookmark not defined.**  
LAMPIRAN B- 2 DATA PROSES PELEBURAN TAHAP 1 DAN 2 ..... **Error!**  
**Bookmark not defined.**  
LAMPIRAN C- 1 Coding Program .....**Error! Bookmark not defined.**  
LAMPIRAN D- 1 Material Balance Peleburan 1 ..**Error! Bookmark not defined.**  
LAMPIRAN D- 2 Material Balance Peleburan 2 ..**Error! Bookmark not defined.**