

STUDI ANALISIS PENURUNAN KADAR Pb PADA CRYSTALLIZER

DI UNIT METALURGI PT. TIMAH (Persero) Tbk

MENTOK, BANGKA BARAT



SKRIPSI UTAMA

**Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan Gelar Sarjana
pada Jurusan Teknik Perencanaan Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Oleh :

**Irko Satria Gemilang Putra
03053120015**

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

2011

N

53

622.344 53

lrk

S

2011

23 852 / 24403

STUDI ANALISIS PENURUNAN KADAR Pb PADA CRYSTALLIZER

DI UNIT METALURGI PT. TIMAH (Persero) Tbk

MENTOK, BANGKA BARAT



SKRIPSI UTAMA

**Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan Gelar Sarjana
pada Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Oleh :

**Irko Satria Gumilang Putra
03053120015**

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

2011

STUDI ANALISIS PENURUNAN KADAR Pb PADA CRYSTALLIZER

DI UNIT METALURGI PT. TIMAH (Persero) Tbk

MENTOK, BANGKA BARAT

(Irko Satria Gumilang Putra, 03053120015, 2011, 90 Halaman)

ABSTRAK

Proses peleburan timah di Unit Metalurgi PT. Timah (Persero) Tbk, pada suhu 1100-1500°C akan menghasilkan Crude Tin dengan kadar Sn sebesar 99,0 %-99,99%, dan unsur pengotor berupa Fe, Pb, Sb, Ni, As dan Cu. Proses peleburan terdiri dari peleburan tahap I yang akan menghasilkan slag I dan peleburan tahap II yang akan menghasilkan slag II dan terak. Timah dari hasil peleburan ini mengandung kadar Pb yang sangat tinggi, antara 400 ppm-10.000 ppm, sehingga perlu dilakukan pemurnian. Cara yang dilakukan untuk memurnikan timah dari unsur Pb adalah dengan menggunakan Crystallizer. Studi analisis penurunan kadar Pb pada Crystallizer dilakukan dengan pengamatan dan pengambilan sampel secara langsung pada Crystallizer 2 dan Crystallizer 7, dan pengambilan sampel di tiap zona pada Crystallizer 2. Dengan melihat perbandingan kadar produk kristal dari masing-masing Crystallizer, sehingga diketahui pengaturan Crystallizer yang lebih optimal dalam menurunkan kadar Pb. Dari analisis yang dilakukan, diketahui Crystallizer 7 lebih optimal dalam menurunkan kadar Pb, dengan kadar penurunan sebesar 99,29 % dibandingkan Crystallizer 2 dengan kadar penurunan sebesar 96,74 %.

Kata kunci: Timah Hitam, Crystallizer, Temperatur, Putaran Blade.

HALAMAN PERSEMBAHAN

"Dengarkanlah suara hatimu karena disanalah kamu akan mendapatkan ketenangan jiwa"

Alhamdulillah akhirnya perjuangan panjang ku ini menemukan titik terangnya... Ucapan Syukur akan kebesaran Allah Swt yang telah memberikan kesempatan pada diriku untuk menjalani dan merasakan semua ini...

Terima kasih Tuhan, terima kasih atas pembelajaran yang diberikan pada hambaMu ini, dan ampunilah hambaMu ini yang "terkadang harus memilih jalan yang salah untuk menemukan suatu kebenaran"

Tak ada yang harus disesali, jangan pernah larut dalam suatu masalah, hidup itu saat ini, yang lalu biarlah berlalu jadikan sebagai pedoman, masa depan hanyalah impian... setiap orang akan mencari takdirnya sendiri..

Hasil karya ini kupersembahkan bagi semua yang ada di alam ini dan pernah menjadi bagian dalam hidupku :

Keluarga besar dan Orang tuaku yang sangat aku sayangi yang selalu mendoakan ku dalam setiap sujudnya, ibuku Yokotani SH, MH, terima kasih telah melahirkan, membesarkan, mendidik dan memberikan kasih sayang serta do'a dan dukungannya, maafkanlah anakmu ini yang belum bisa membanggakanmu.

Teman-temanku, Yahya (yang ± 6 tahun telah sabar mendengarkan makian dan cacian dari temanmu ini..maafkan aq teman,, btw kapan jadi ganteng?? *ahahaha), Qoqon (thanks to pinjaman "BH 2199 AS" nya selama ini, maafkan kakak tingkatmu ini yang sering merepotkanmu), buat Ju dan Sonny bersaudara (Keep Virgin Be Healthy, terima kasih atas candaan frontal nan brutal kalian selama ini, LANJUTKAN!!!) Teman-teman bermain di "andira", masa-masa itu takkan pernah kulupakan.

Buat "Seseorang" disana yang tak pernah lelah memotivasi dan memarahiku untuk segera menyelesaikan Skripsi ini. TERIMA KASIH.

Teman-teman di kos-kosan Rumpo Tinadai, Graha Taruna Mahasiswa, Kadir House's..Thanks for the memories.

Teman-teman satu angkatan Teknik Pertambangan 2005, sukses selalu untuk kita semua. Kakak-kakak Tingkat dan adik-adik tingkat baik yang dikenal maupun tidak, Keep Massivell. Segenap Dosen dan Karyawan Fakultas Teknik yang telah banyak membantu selama kuliah disini, di Unversitas Sriwijaya.

Buat semua yang telah menjadi inspirasiku, TERIMA KASIH, SYUKRON, THANK YOU, KHAMSAHAMIDA, ARIGATHOU!!!

Irko Satria Gumilang Putra - 03053120015

BUMI ANTAR GHATAS SHUSTA BHAVANIAS!!!!

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur Penulis panjatkan pada ALLAH SWT atas segala rahmat dan karuniaNya lah sehingga Penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul "Studi Analisis Penurunan Kadar Pb pada *Crystallizer* di Unit Metalurgi PT.Timah (Persero) Tbk.

Skripsi ini disusun sebagai syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya. Tugas Akhir ini, Penulis susun berdasarkan hasil penelitian di Unit Metalurgi PT. Timah (Persero) Tbk, Mentok, Bangka Barat pada bulan Oktober-Desember 2010.

Pada kesempatan ini Penulis mengucapkan terima kasih atas bantuan dan bimbingan Prof. Ir. H. Machmud Hasjim, MME selaku pembimbing pertama dan Ir. A. Taufik Arief, MS selaku pembimbing kedua. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. H. M. Taufik Toha, DEA, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
2. Prof. Dr. Ir. Eddy Ibrahim, MS dan Rr. Harminuke Eko, ST, MT, selaku Ketua dan Sekretaris Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Sriwijaya.
3. Prof. Dr. Ir. Eddy Ibrahim, MS selaku Pembimbing Akademik dan Pembimbing Proposal.
4. Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Muhammad Rizki selaku Kepala Divisi Unit Metalurgi yang telah memberi penulis kesempatan dan bantuan untuk Tugas Akhir di Unit Metalurgi Mentok.
6. Bapak Wiyono selaku Pembimbing Lapangan..

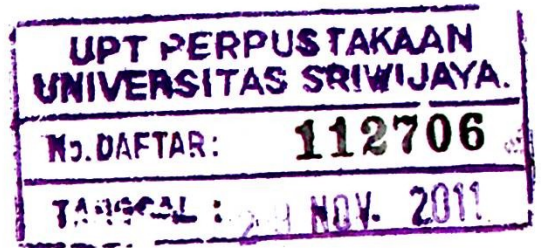
Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan baik pada teknik penulisan maupun segi ilmiahnya dalam penyusunan laporan penelitian ini, untuk itu Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan laporan ini.

Semoga Laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi kemajuan kita bersama.

Inderalaya, Oktober 2011

Penulis

DAFTAR ISI



	Halaman
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB	
I. PENDAHULUAN	I-1
1.1. Latar Belakang	I-1
1.2. Permasalahan.....	I-2
1.3. Pembatasan Masalah	I-2
1.4. Tujuan dan Manfaat	I-2
1.5. Metodologi Penelitian	I-3
1.5.1. Lokasi.....	I-3
1.5.2. Pengambilan Data	I-4
1.5.3. Analisa Hasil dan Kesimpulan	I-4
II. TINJAUAN UMUM	II-1
2.1. Kondisi Umum PT. Timah (Persero) Tbk	II-1
2.2. Unit Metalurgi PT. Timah (Persero) Tbk.....	II-3
2.3. Geologi Regional.....	II-5
2.4. Stratigrafi.....	II-7
2.5. Topografi.....	II-10
2.6. Mineralogi Bijih Timah.....	II-11
2.7. Karakteristik dan Pemanfaatan Logam Timah.....	II-13
2.8. Proses Pencucian Bijih Timah	II-14

BAB	Halaman
2.9. Proses Peleburan (Smelting)	II-18
2.9.1. Persiapan Peleburan	II-18
2.9.2. Peleburan Tahap I	II-20
2.9.3. Peleburan Tahap II	II-24
2.10. Sistem Pengumpulan Debu	II-26
2.11. Laboratorium.....	II-27
2.11.1. Pengambilan Sampel.....	II-27
2.11.2. Preparasi dan Analisa Sampel.....	II-27
2.12. Proses Pencetakan (Casting)	II-28
 III. DASAR TEORI	 III-1
3.1. Pyro Refining	III-1
3.2. Eutectic Refining.....	III-8
3.2.1. Penggunaan Diagram Fasa Pb-Sn	III-12
3.2.2. <i>Crystallizer</i>	III-22
3.2.2.1. Sejarah <i>Crystallizer</i>	III-22
3.2.2.2. Komponen-Komponon <i>Crystallizer</i>	III-25
3.3. Electrolytic Refining	III-27
 IV. HASIL PENGAMATAN DAN PEMBAHASAN	 IV-1
4.1. Data Hasil Pengamatan	IV-1
4.1.1. Pengamatan <i>Crystallizer</i>	IV-1
4.1.2. Pengoperasian dan Pengaturan <i>Crystallizer</i>	IV-5
4.1.2.1. Pengoperasian <i>Crystallizer</i>	IV-5
4.1.2.2. Pengisian Logam Timah Cair ke Holding Pot	IV-5
4.1.2.3. Pencurahan Crude Tin ke Chamber	IV-5
4.1.2.4. Penyemprotan.....	IV-6
4.1.2.5. Pengambilan Sampel.....	IV-8
4.1.3. Pengaturan <i>Crystallizer</i>	IV-10
4.1.4. Proses Penurunan Kadar Pb	IV-12
4.2. Pembahasan	IV-20
 V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	 V-1
5.1. Kesimpulan.....	V-1
5.2. Saran.....	V-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1. Diagram Alir Metode Penelitian	I-6
2.1. Peta Pulau Bangka.....	II-2
2.2. Tin Mayor South East Asian Granite Belt	II-7
2.3. Jenis-Jenis Endapan Timah Sekunder	II-10
2.4. Diagram Alir Proses Pencucian Bijih Timah	II-17
3.1. Ketel Rafinasi Di Unit Metalurgi PT. Timah (Persero) Tbk.....	III-2
3.2. Diagram Fase Biner Pb-Sn	III-9
3.3. Diagram Fasa Pb-Sn.....	III-12
3.4. Komposisi 67% Pb-33% pada 300°C.....	III-14
3.5. Pembekuan Komposisi 67% Pb-33% Sn pada 300°C.....	III-14
3.6. Pergerakan Sepanjang <i>Liquidus</i>	III-15
3.7. Area Padatan dan Campuran Air.....	III-16
3.8. Kondisi Campuran Air	III-16
3.9. Perubahan Kondisi Campuran Air	III-17
3.10. Bak Penampungan PbSn (Waste.....	III-19
3.11. Bagan Alir Proses Pemurnian <i>Crystallizer</i>	III-21
3.12. Jenis-Jenis Reaksi Tiga Fasa.....	III-23

Gambar	Halaman
3.13. Yunnan <i>Continuous Crystallizer</i>	III-23
3.14. <i>Crystallizer</i> Tampak Samping dan Atas	III-27
3.15. Pemurnian Timah Dengan <i>Electrolytic Refining</i>	III-28
3.16. <i>Electrolytic Refining</i>	III-30
4.1. Sketsa <i>Crystallizer</i> Tampak Atas	IV-2
4.2. Zona Pada <i>Crystallizer</i>	IV-3
4.3. <i>Crystallizer</i> Tampak Atas.....	IV-4
4.4. Sistem Water Spray Pada Mesin <i>Crystallizer</i>	IV-4
4.5. Tahapan Proses <i>Crystallizer</i>	IV-7
4.6. Diagram Analisa Laboratorium.....	IV-9
4.7. Grafik Perbandingan Kadar Pb Akhir pada <i>Crystallizer</i> 2 dan <i>Crystallizer</i> 7	IV-14
4.8. Grafik Kadar Pb Tiap Zona <i>Crystallizer</i> 2 26 November 2010	IV-15
4.9. Grafik Kadar Pb Tiap Zona <i>Crystallizer</i> 2 30 November 2010	IV-16
4.10. Grafik Kadar Pb Tiap Zona <i>Crystallizer</i> 2 01 Desember 2010	IV-17

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
II.1. Sifat Fisik dan Karakteristik Mineral dalam Bijih Timah	II-12
II.2. Bahan Peleburan Bijih Skala 50 Ton.....	II-25
II.3. Bahan Peleburan Terak Skala 50 Ton	II-25
III.1. Komposisi Dalam Diagram Fasa Pb-Sn.....	III-13
IV.1. Pengaturan Pada Crystallizer 2 dan Crystallizer 7.....	IV-11
IV.2. Penurunan Kadar Pb Pada Crystallizer 2 dan Crystallizer 7.....	IV-13
IV.3. Kadar Pb Tiap Zona Crystallizer 2 26 November 2010	IV-15
IV.4. Kadar Pb Tiap Zona Crystallizer 2 30 November 2010	IV-16
IV.5. Kadar Pb Tiap Zona Crystallizer 2 01 Desember 2010	IV-17

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
A. Diagram Alir Proses Peleburan Bijih Timah.....	A-1
B. Diagram Tahapan Pengoperasian Crystallizer	B-1

BAB I

PENDAHULUAN

1.I. Latar Belakang

Proses peleburan (*smelting*) bijih timah di Unit Metalurgi, PT. Timah (Persero) Tbk, dilakukan dengan menggunakan Tanur Pantul (*reverberatory furnace*). Proses ini merupakan proses *pyro metallurgy*, yang dalam proses ekstraksinya menggunakan energi panas yang tinggi (bisa sampai 2000°C). Hasil peleburan bijih timah dengan suhu 1100°C – 1500°C akan menghasilkan timah cair (*crude tin*) dengan kadar Sn antara 99,0%-99,99%. Sedangkan unsur pengotornya berupa besi (Fe), timbal (Pb), antimom (Sb), arsen (As), tembaga (Cu) dan nikel (Ni) yang merupakan unsur pengotor utama dalam timah kasar.

Proses peleburan terdiri dari peleburan tahap I yang akan menghasilkan slag I dan peleburan tahap II yang akan menghasilkan slag II dan terak. Setelah proses peleburan tahapan selanjutnya adalah proses pemurnian timah dari unsur pengotornya yang salah satunya adalah Pb, hal ini dilakukan karena kadar Pb yang terkandung dalam timah hasil peleburan ini sangat tinggi, lebih besar dari 400 ppm bahkan mencapai 10.000 ppm, untuk itu perlu dilakukan proses penurunan kadar Pb dalam timah agar memenuhi permintaan pasar. Usaha penurunan kadar Pb tersebut dilakukan dengan menggunakan alat *Crystallizer* dimana dilakukan penyemprotan air sehingga pada temperatur *eutectic* dengan perbandingan PbSn sekitar 40%-60%, maka PbSn pada kondisi cair, sedangkan Sn dalam bentuk solid. Sn dalam bentuk solid akan naik ke atas (Zona 1) dan larutan PbSn turun ke bawah (Zona 5). Jadi semakin ke bawah (menuju Zona 5) maka kandungan Pb semakin tinggi dan kadar Sn pun akan semakin rendah tetapi semakin ke atas (menuju Zona 1) kadar Pb akan semakin rendah dan kadar Sn akan semakin tinggi. Alat *Crystallizer* memiliki pengaturan

temperatur, putaran blade dan penyemprotan air yang berbeda antara masing-masing *crystallizer*. Untuk itu perlu diketahui pengaturan yang paling optimal dalam menurunkan kadar Pb, agar dapat menghasilkan produk yang memenuhi standar permintaan pasar.

1.2 Permasalahan

Adapun permasalahan yang Penulis bahas dalam skripsi ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Apakah tingkat penurunan kadar Pb dengan menggunakan alat *Crystallizer* dapat menghasilkan produk kristal yang dapat memenuhi standar permintaan konsumen yaitu Banka LL 40 ppm, Banka LL 50 ppm, Banka LL 80 ppm, Banka LL 90 ppm, Banka LL 100 ppm, Banka LL 200 ppm ?
2. Apakah pengaturan temperatur, putaran blade dan penyemprotan air oleh operator *Crystallizer* sudah tepat sehingga diperoleh hasil produk kristal yang memiliki kualitas dan kuantitas yang maksimum, yang memenuhi standar permintaan konsumen?

1.3 Pembatasan Masalah

Dalam penelitian ini dibatasi oleh studi analisis tingkat penurunan kadar Pb pada *Crystallizer 2* dan *Crystallizer 7* dan tingkat penurunan kadar Pb pada tiap zona di *Crystallizer 2*.

1.4 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui tingkat penurunan unsur Pb pada proses pemurnian timah dengan metode *eutectic refining* menggunakan alat *Crystallizer*
2. Mengetahui kadar penurunan Pb pada masing-masing zona, serta faktor-faktor penyebab yang mempengaruhi proses pemurnian timah dengan menggunakan alat *Crystallizer*.

3. Mengetahui tingkat efektifitas antara *Crystallizer 2* dan *Crystllizer 7*, berdasarkan produk kristal yang dihasilkan oleh kedua *Crystallizer*.

Sedangkan Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Dengan mengetahui tingkat penurunan unsur Pb dengan menggunakan alat *Crystallizer*, dapat diketahui alternatif proses penurunan Pb yang efektif.
2. Dengan mengetahui tingkat kadar Pb pada masing-masing zona, dapat diketahui keberadaan unsur pengotor Pb yang maksimum.
3. Dengan diketahuinya perbandingan tingkat efektifitas antara *Crystallizer 2* dan *Crystallizer 7*, dapat diketahui settingan yang efisien untuk *Crystallizer*, sehingga efisiensi proses akan lebih meningkat terutama pada saat kadar Pb dalam timah kasar meningkat, sehingga dapat tetap memenuhi standar kualitas maksimum unsur Pb.

1.5 Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan pengamatan langsung dilapangan yang berupa pengambilan data primer berupa kadar unsur Pb pada produk *Crystallizer 2* dan *Crystallizer 7*, analisa penurunan kadar Pb pada masing-masing zona pada *Crystallizer 2*, data-data sekunder dan studi literatur yang berkaitan dengan permasalahan serta mendukung proses penelitian.

1.5.1. Lokasi

Penelitian penurunan kadar Pb pada proses pemurnian timah di Unit Metalurgi, PT. Timah (persero) Tbk, diawali dengan studi orientasi lapangan yang terdiri dari satuan-satuan kerja sebagai berikut:

1. Pusat Pengolahan Bijih timah (PPBT), tujuannya untuk mengetahui proses pengolahan dan pencucian bijih timah dalam rangka meningkatkan kadar bijih sebelum dilakukan proses peleburan.
2. Material Produksi (MP), tujuannya untuk mengetahui persiapan material atau bahan proses peleburan, analisis bijih sebelum proses peleburan.
3. Peleburan dan Pemurnian, tujuannya untuk mengetahui alat dan proses peleburan dan pemurnian timah
4. Laboratorium, tujuannya untuk mengetahui proses analisis kadar Sn dan unsur pengotornya pada masing-masing proses dan bahan.

1.5.2. Pengambilan Data

Pengambilan data terdiri dari pengambilan data primer dan pengambilan data sekunder. Pengambilan data primer bertujuan untuk mengetahui tingkat penurunan kadar Pb pada *Crystallizer 2* dan *Crystallizer 7* serta faktor faktor yang mempengaruhi proses *Crystallizer* dalam menurunkan kadar Pb.

Sedangkan pengambilan data sekunder bertujuan untuk mengetahui kandungan unsur-unsur pengotor dalam proses peleburan, kandungan unsur pengotor dalam ketel penampung Pb tinggi dan kadar Pb produk kristal di *Crystallizer 2* dan *Crystallizer 7*.

Adapun data yang diambil yaitu kadar Pb feed awal, putaran Blade pada masing-masing *Crystallizer*, temperatur, dan kadar Pb pada tiap zona di *Crystallizer 2*.

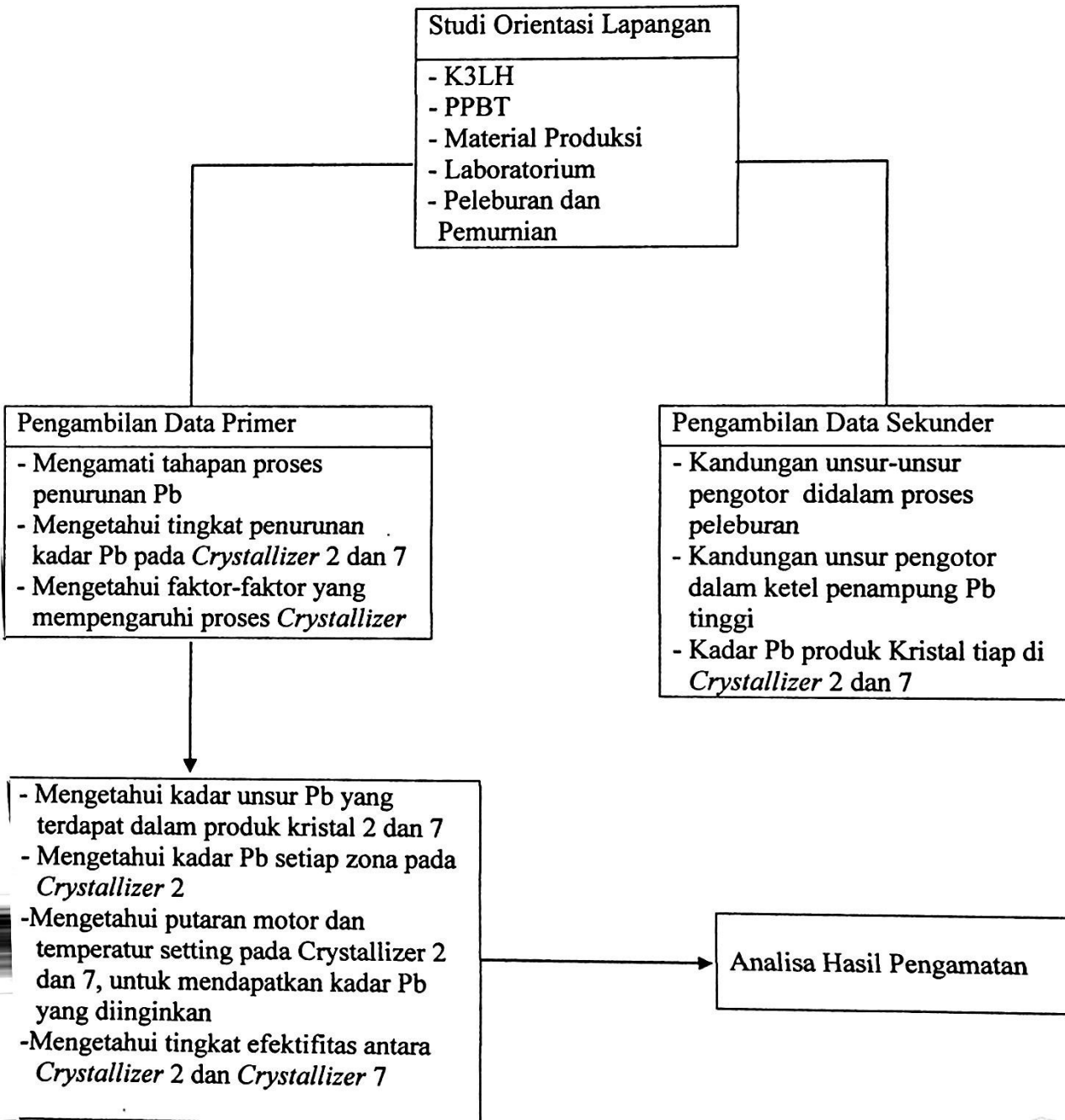
1.5.3. Analisa Hasil dan kesimpulan

Secara umum proses analisa mengenai penurunan kadar Pb pada proses pemurnian timah menggunakan *Crystallizer* dapat memenuhi tujuannya, untuk menurunkan kadar Pb yang memenuhi standar permintaan pasar yaitu Banka

LL 40 ppm, Banka LL 50 ppm, Banka LL 80 ppm, Banka LL 90 ppm, Banka LL 100 ppm dan Banka LL 200 ppm. Dengan melihat perbandingan kadar produk yang dihasilkan oleh *Crystallizer 2* dan *Crystallizer 7*, diketahui bahwa *Crystallizer 7* lebih optimal dalam menurunkan kadar Pb.

Walaupun masih banyak kelemahan dan kekurangan baik dari segi pengambilan data primer dan sekunder. Namun diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat serta masukan-masukan dalam proses penelitian selanjutnya.

Diagram alir metodologi penelitian dapat dilihat pada gambar 1.1 berikut.



GAMBAR 1.1

DIAGRAM ALIR METODOLOGI PENELITIAN



DAFTAR PUSTAKA

- Anonameus, (2010), Peleburan dan Pemurnian Logam Timah, Unit Metalurgi PT. Timah (Persero) Tbk, Mentok, Bangka.
- Anonameus, (2010), Laboratorium Unit Metalurgi, Unit Metalurgi PT. Timah (Persero) Tbk, Mentok, Bangka
- Anonameus, (2010), Kendali Mutu Unit Metalurgi PT. Timah (Persero) Tbk, Mentok, Bangka.
- Anonameus, (2010), Pusat Pengolahan Bijih Timah (PBBT) Unit Metalurgi PT. Timah (Persero) Tbk, Mentok, Bangka.
- Habashi, F, (1970), "*Principle of Extractive Metallurgy*", Gordon and Breach, Volume II, NewYork.
- Katili, J.A, (1966), "*Structure and Age of The Indonesian Tin Belt with Special Reference to Bangka*", TectonoPhysics, bandung.
- Murach, NN, (1963), Translated By NW Litwinov, "*Metallurgy of Tin*", Volume I, Moscow, Rusia.
- Murach, NN, (1967), Translated By NW Litwinov, "*Metallurgy of Tin*", Volume II, Moscow, Rusia.
- Rosenqvist, Terkel, 1983, "*Principle of Extractive Metallurgy*", Second Edition, McGraw-Hill Book Company Inc, NewYork.
- Sujitno, Sutedjo, (2007), "*Sejarah Penambangan Timah di Indonesia*", PT. Tambang Timah
- <http://sinarmenumbing.blogspot.com/2009/04/asal-muasal-nama-muntok.html>
- <http://hubertuzone.blogspot.com/2009/03/geologi-pulau-bangka.html>
- http://www.csun.edu/~bavarian/Courses/MSE%20227/Lectures_Exam2
- <http://www.metallurgy.nist.gov/phase/solder/pbsn.html>
- <http://www.chemguide.co.uk/physical/phaseeqia/snpb.html>