



**PERANCANGAN MODEL PEMANFAATAN LIMBAH SLAG NIKEL
DARI INDUSTRI PELEBURAN NIKEL DENGAN
PENDEKATAN SISTEM DINAMIS**

TESIS

**UNIVERSITAS
Raden Budi Setiadi
55322120013
MERCU BUANA**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA**

2026



**PERANCANGAN MODEL PEMANFAATAN LIMBAH SLAG NIKEL
DARI INDUSTRI PELEBURAN NIKEL DENGAN
PENDEKATAN SISTEM DINAMIS**

TESIS

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Menyelesaikan Program
Pascasarjana pada Program Studi Magister Teknik Industri**

**UNIVERSITAS
MERCU BUANA**

Disusun oleh :
Raden Budi Setiadi

55322120013

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
2026**

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :

Nama : Raden Budi Setiadi
NIM : 55322120013
Fakultas/ Progam Studi : Teknik/ Magister Teknik Industri
Judul Tesis : Perancangan Model Pemanfaatan Limbah Slag Nikel Dari Industri Peleburan Nikel Dengan Pendekatan Sistem Dinamis

Telah berhasil dipertahankan pada sidang tanggal 7 Februari 2026 di hadapan dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister pada Program Studi Magister Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Disahkan oleh :

Pembimbing,



Dr. Hernadewita, M.Si.

NIDN : 4327076801

Dekan Fakultas Teknik,



Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T.

NIDN : 0307037202

Ketua Program Studi
Magister Teknik Industri,



Dr. Sawarni Hasibuan, M.T., IPU. ASEAN Eng,

NIDN : 0416086504

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa seluruh tulisan dan pernyataan dalam Tesis ini:

Judul : **Perancangan Model Pemanfaatan Limbah Slag Nikel Dari Industri Peleburan Nikel Dengan Pendekatan Sistem Dinamis**
Nama : Raden Budi Setiadi
NIM : 55322120013
Progam Studi : Magister Teknik Industri

Merupakan hasil studi pustaka, penelitian, dan karya saya sendiri dengan arahan pembimbing yang ditetapkan dengan Surat Keputusan Ketua Program Studi Magister Teknik Industri, Universitas Mercu Buana.

Tesis ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar Magister (S2) pada program sejenis di perguruan tinggi lain. Semua informasi, data, serta hasil pengolahannya yang dituliskan pada tesis ini, telah dinyatakan secara jelas sumbernya dan dapat diperiksa kebenarannya.

Jakarta, 23 Februari 2026



METERAI
TEMPEL
C311EANX277379044

(Raden Budi Setiadi)

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas Universitas Mercu Buana, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Raden Budi Setiadi
NPM : 55322120013
Program Studi/ Jurusan : Magister Teknik Industri
Fakultas : Teknik
Jenis Karya Ilmiah : Tesis

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada **Universitas Mercu Buana Hak Bebas Royalti Nonesksklusif** (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya baik dalam bentuk **Teks lengkap** maupun **ringkasan** yang berjudul : **“Perancangan Model Pemanfaatan Limbah Slag Nikel Dari Industri Peleburan Nikel Dengan Pendekatan Sistem Dinamis”** beserta perangkat yang ada (*jika diperlukan*). Dengan Hak Bebas Royalti/ *Noneksklusif* ini **Universitas Mercu Buana** berhak menyimpan, mengalihmedia/ 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 sebenar-benarnya.

Jakarta, 23 Februari 2026



(Raden Budi Setiadi)

SURAT KETERANGAN HASIL *SIMILARITY*

Menerangkan bahwa Karya Ilmiah/Laporan Tugas Akhir/Skripsi pada BAB I,, BAB III, BAB IV dan BAB V atas nama:

Nama : **Raden Budi Setiadi**
NIM : **55322120013**
Program Studi : **Magister Teknik Industri**
Judul Tugas Akhir / Tesis
/ Praktek Keinsinyuran : **Perancangan Model Pemanfaatan Limbah Slag Nikel Dari Industri Peleburan Nikel Dengan Pendekatan Sistem Dinamis**

Telah dilakukan pengecekan *Similarity* menggunakan aplikasi/sistem *Turnitin* pada **Selasa, 24 Februari 2026** dengan hasil presentase sebesar **17 %** dan dinyatakan memenuhi standar sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Demikian surat keterangan ini dibuat dan digunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 24 Februari 2026

Administrator Turnitin,



Itmam Haidi Syarif

PEDOMAN PENGGUNAAN TESIS

Tesis S2 yang tidak dipublikasikan terdaftar dan tersedia di perpustakaan Universitas Mercu Buana, dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada pengarang dengan mengikuti aturan HAKI yang berlaku di Universitas Mercu Buana. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau peringkasan hanya dapat dilakukan seizin pengarang dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Memperbanyak atau menerbitkan sebagian atau seluruh tesis haruslah seizin Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT, atas berkat rahmat dan kemurahan-Nya sehingga alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan penelitian dalam rangka penyusunan Tesis yang berjudul **“Perancangan Model Pemanfaatan Limbah Slag Nikel Dari Industri Peleburan Nikel Dengan Pendekatan Sistem Dinamis”**. Tesis ini diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan guna memperoleh gelar Magister pada Program Studi Magister Teknik Industri Universitas Mercu Buana.

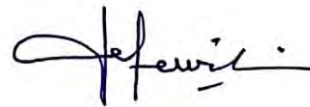
Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyelesaian penelitian ini tidak akan terwujud tanpa adanya dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan rasa terima kasih yang tidak terhingga kepada semua pihak yang telah memberikan kepercayaan, dukungan dan bantuannya secara langsung atau tidak langsung kepada :

1. Prof. Dr. Andi Adriansyah, M. Eng. selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Dr. Ir. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana yang telah memberikan dorongan dan fasilitas pada Program Studi Magister Teknik Industri Universitas Mercu Buana.
3. Dr. Sawarni Hasibuan, M.T. IPU., ASEAN Eng. selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Industri Universitas Mercu Buana sekaligus Ketua Penguji pada sidang Tesis.
4. Dr. Hernadewita, M.Si. selaku Pembimbing yang telah memberikan dorongan, arahan dan membagi ilmu yang sangat bermanfaat sampai dengan penulis dapat menyelesaikan penelitian Tesis ini.
5. Dr. Choesnul Jaqin, M.Sc. selaku Penelaah dan Penguji yang telah memberikan koreksi, bimbingan dan arahan untuk kesempurnaan Tesis ini.
6. Teruntuk istriku tercinta Yani Aliani Astuti dan anak-anakku tersayang yang telah mendukung, memberikan do'a, perhatian, motivasi dan support tiada henti yang luar biasa sampai dengan penulis dapat menyelesaikan perkuliahan ini.
7. Teruntuk orang tuaku bapak Drs. R.H. Soegito Soedarmo, S.Sos., MM. yang penulis banggakan, yang selalu mendo'akan dan memberikan dukungan kepada penulis, serta kakak-kakakku yang telah memberikan *support*.
8. Bapak Amsor, S.T., Direktur Pengelolaan Limbah B3 dan Non B3, Kementerian Lingkungan Hidup selalu pimpinan yang terus memberikan dorongan dan *support* kepada penulis.

9. Ibu Dr. Mitta Ratna Djuwita, SP. MA., Bapak Dr. Farid Mohammad, S.T., M.Env., Ibu Upik Sitti Aslia Kamil, S.T. M.Sc. dan teman-teman di Unit Kerja Direktorat Pengelolaan Limbah B3 dan Non B3, Kementerian Lingkungan Hidup yang telah mendorong dan membantu penulis.
10. Teman-teman seperjuangan Magister Teknik Industri terutama MTI-32, mas Yoga Dwi Priyatno, mba Dita Meliana, M.T., mas Ivan Gustra Manca Armenia, mas Faiq Fadhllurohman, mas Trizamsuar Jufri, M.T., dan mas Riki Efendi, M.T., terima kasih untuk dukungan dan kebersamaannya.
11. Pihak-pihak lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu penulis dalam pelaksanaan dan penyusunan tesis ini.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan dan selalu mencurahkan rahmat, hidayah dan karunia-Nya untuk semua pihak yang telah membantu. Penulis menyadari bahwa penulisan Tesis ini masih jauh dari sempurna sehingga saran dan kritik yang membangun dari semua pihak sangat diperlukan untuk perbaikan dimasa mendatang.

Jakarta, 23 Februari 2026



Raden Budi Setiadi

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

ABSTRAK

Peningkatan produksi nikel sebagai bahan baku utama baterai kendaraan listrik berdampak pada meningkatnya timbunan limbah slag nikel dari industri peleburan nikel. Limbah slag nikel yang dikategorikan sebagai limbah non-B3 berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 wajib dikelola secara optimal agar tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Namun demikian, hingga saat ini masih terdapat akumulasi slag nikel yang belum dimanfaatkan secara optimal. Kondisi ini menunjukkan perlunya suatu pendekatan sistematis untuk merancang sistem pengelolaan dan pemanfaatan limbah slag nikel yang berkelanjutan.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang model pemanfaatan limbah slag nikel dari industri peleburan nikel dengan pendekatan sistem dinamis. Penelitian dilakukan menggunakan metode kuantitatif dengan memanfaatkan data sekunder yang berasal dari laporan pemerintah, literatur ilmiah, dan data industri. Pemodelan sistem dinamis dikembangkan melalui penyusunan *Causal Loop Diagram* (CLD), *Stock and Flow Diagram*, formulasi matematis, serta simulasi menggunakan perangkat lunak Powersim. Model yang dibangun digunakan untuk menganalisis perilaku sistem pengelolaan slag nikel dalam jangka panjang serta mengevaluasi beberapa skenario kebijakan pemanfaatan limbah.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa peningkatan pemanfaatan slag nikel secara konsisten dapat menurunkan akumulasi limbah yang tidak dikelola dan meningkatkan efektivitas pengelolaan limbah secara keseluruhan. Implementasi skenario pemanfaatan yang terintegrasi dengan kapasitas industri pengelola dan dukungan regulasi terbukti mampu mendorong pengelolaan limbah slag nikel yang lebih berkelanjutan. Model yang dihasilkan diharapkan dapat menjadi alat bantu pengambilan keputusan bagi industri dan regulator dalam merumuskan kebijakan pengelolaan limbah slag nikel yang optimal dan berwawasan lingkungan.

Kata kunci: limbah slag nikel, pemanfaatan limbah, sistem dinamis, Powersim, pengelolaan limbah non-B3.

ABSTRACT

The increasing demand for nickel as a key raw material for electric vehicle batteries has led to a significant rise in nickel slag waste generated by the nickel smelting industry. Nickel slag, which is classified as non-hazardous waste under Indonesian Government Regulation No. 22 of 2021, must be properly managed to prevent adverse environmental impacts. However, a substantial amount of nickel slag remains underutilized, indicating the need for a systematic and sustainable waste management approach.

This study aims to design a utilization model for nickel slag waste from the nickel smelting industry using a system dynamics approach. The research employs a quantitative method based on secondary data obtained from government reports, scientific literature, and industrial data. A system dynamics model was developed through the construction of a Causal Loop Diagram (CLD), Stock and Flow Diagram, mathematical formulation, and simulation using Powersim software. The model was used to analyze long-term system behavior and to evaluate various waste utilization policy scenarios.

The simulation results indicate that increasing the utilization rate of nickel slag can significantly reduce the accumulation of unmanaged waste and improve the overall effectiveness of waste management. Integrated utilization scenarios supported by adequate processing capacity and regulatory frameworks demonstrate a strong potential to promote sustainable nickel slag management. The proposed model is expected to serve as a decision-support tool for industry stakeholders and policymakers in formulating optimal and environmentally sustainable nickel slag waste management strategies.

Keywords: *nickel slag waste, waste utilization, system dynamics, Powersim, non-hazardous waste management.*

DAFTAR ISI

	Hal.
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iv
PERNYATAAN SIMILARITY CHECK.....	v
PEDOMAN PENGGUNAAN TESIS	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	7
1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	8
1.3.1. Tujuan Penelitian	8
1.3.2. Manfaat Penelitian	8
1.4. Batasan dan Asumsi Masalah	9
1.4.1. Batasan Masalah	9
1.4.2. Asumsi Masalah	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	10
2.1. Kajian Teori.....	10
2.2.1. Limbah Non Bahan Berbahaya dan Beracun (Limbah non-B3).....	10
2.2.2. Slag Nikel	11
2.2.3. Pemanfaatan Limbah non-B3	12
Gambar 2. 3 Hirearki Prioritas pengelolaan Limbah non-B3.	12
2.2.4. Pemodelan Dengan Sistem Pendekatan Sistem Dinamis	13
2.2.5. Metodologi Sistem Dinamis	14
Gambar 2. 4 Struktur Konsep Dalam Metodologi Sistem Dinamis.	15
2.2. Penelitian Terdahulu	16
2.2.1. Kajian Penelitian Terdahulu	16
2.2.2. State of The Art (SOTA).....	31
2.3. Kerangka Pemikiran	33

BAB III METODE PENELITIAN	35
3.1. Jenis dan Desain Penelitian	35
3.1.1. Jenis Penelitian.....	35
3.1.2. Desain Penelitian	36
3.2. Pengumpulan Data	36
3.3. Analisis Data	38
3.4. Perangkat Lunak Powersim.....	40
3.5. Identifikasi Variabel dan Parameter	41
3.6. Alat-alat (<i>Tools</i>) Untuk Sistem Dinamik Pada Powersim	42
3.6.1. <i>Causal Loop Diagram</i> (CLD)	43
3.6.2. <i>Stock and Flow</i>	45
3.7. Langkah-Langkah Penelitian.....	46
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	47
4.1. Gambaran Umum Data dan Kondisi Eksisting.....	47
4.1.1. Deskripsi Umum Objek Penelitian	47
4.1.2. Data Eksisting Slag Nikel	48
4.1.2.1. Data Timbulan dan Pengelolaan Slag Nikel	48
4.1.2.2. Grafik Tren Timbulan Slag.....	49
4.1.3. Permasalahan Utama Sistem Eksisting.....	49
4.2. Pemodelan Sistem Dinamis	50
4.2.1. Variabel dan Parameter.....	50
4.2.2. Diagram Kausalitas (<i>Causal Loop Diagram</i>)	52
4.2.3. Diagram Alir (<i>Stock and Flow Diagram</i>)	53
4.2.4. Formulasi Model dan Persamaan Matematis.....	54
4.3. Hasil Simulasi Model	55
4.4. Analisis Skenario Simulasi	58
4.5. Pembahasan	59
4.5.1. Penyebab Perubahan Tren Hasil Simulasi	59
4.5.2. Implikasi Teknis dan Kebijakan	60
4.5.3. Perbandingan dengan Teori / Penelitian Terdahulu.....	60
4.5.4. Relevansi terhadap Tujuan Penelitian.....	60
4.6. Temuan Penelitian	61
4.6.1. Temuan Utama yang Menjawab Tujuan Penelitian.....	61
4.6.2. Implikasi Temuan bagi Industri, Regulator dan Akademisi	61
4.6.3. Kebutuhan kapasitas tambahan tiap tahun.....	62
4.6.4. Pemodelan Sistem yang diusulkan hasil dari penelitian	64
BAB V KESIMPULAN DAN REKOMENDASI.....	65

5.1. Kesimpulan	65
5.2. Rekomendasi.....	66
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN.....	71



DAFTAR GAMBAR

	Hal.
Gambar 1. 1 Data Limbah Slag Nikel Dihasilkan Setiap Tahunnya	3
Gambar 1. 2 Data Limbah Slag Nikel Belum Dikelola Lanjut Tahun 2021-2024	5
 Gambar 2. 1 Tabel Limbah non-B3 Terdaftar	 10
Gambar 2. 2 Diagram Proses Produksi Nikel.	11
Gambar 2. 3 Hirearki Prioritas pengelolaan Limbah non-B3.	12
Gambar 2. 4 Struktur Konsep Dalam Metodologi Sistem Dinamis.....	15
Gambar 2. 5 Kerangka Pemikiran Penelitian.....	34
 Gambar 3. 1 Bentuk perilaku yang umum	 41
Gambar 3. 2 Contoh Cara penulisan causal loop diagram	43
Gambar 3. 3 Contoh Cara Penulisan Diagram Alir	45
Gambar 3. 4 Langkah-Langkah Dalam Penelitian.....	46
 Gambar 4. 1 Grafik Tren Timbulan Limbah Slag Nikel dan Kapasitas Produksi	 49
Gambar 4. 2 Causal Loop Diagram Pengelolaan Limbah Slag Nikel	52
Gambar 4. 3 Causal Loop Diagram Pengelolaan Limbah Slag Nikel dengan cara Pemanfaatan	53
Gambar 4. 4 Diagram Alir Pengelolaan Limbah Slag Nikel	54

MERCU BUANA

DAFTAR TABEL

	Hal.
Tabel 2. 1 Kajian terhadap Penelitian Terdahulu Yang Relevan.....	17
Tabel 2. 2 State of The Art (SOTA)	31
Tabel 3. 1 Fundamental building blocks untuk pembentukan model	42
Tabel 4. 1 Data Timbulan Limbah Slag Nikel	48
Tabel 4. 2 Analisis Skenario Simulasi	59

