

**TESIS**

**ANALISA EMISI GAS BUANG DARI PENGGUNAAN REFUSE  
DERIVED FUEL SEBAGAI BAHAN BAKAR CAMPURAN DI  
INDUSTRI SEMEN  
(STUDI KASUS DI PT SOLUSI BANGUN INDONESIA  
CILACAP)**



Oleh:

**Nama: Dita Prariesta**

**NPM: 2106502007**

**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN  
JAWA TIMUR  
2024**

**TESIS**

**ANALISA EMISI GAS BUANG DARI PENGGUNAAN REFUSE  
DERIVED FUEL SEBAGAI BAHAN BAKAR CAMPURAN DI  
INDUSTRI SEMEN  
(STUDI KASUS DI PT SOLUSI BANGUN INDONESIA  
CILACAP)**



**Oleh:**

**Nama: Dita Prariesta**

**NPM: 21065020007**

**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU LINGKUNGAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN**

**JAWA TIMUR**

**2024**

**PERNYATAAN KEASLIAN**

**ANALISA EMISI GAS BUANG DARI PENGGUNAAN REFUSE  
DERIVED FUEL SEBAGAI BAHAN BAKAR CAMPURAN DI  
INDUSTRI SEMEN  
(STUDI KASUS DI PT SOLUSI BANGUN INDONESIA  
CILACAP)**

**TESIS**

**Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Dalam  
Memperoleh Gelar Magister Ilmu Lingkungan (M.Ling)  
Program Studi Ilmu Lingkungan.**

**Diajukan Oleh:**

**DITA PRARIESTA**

**NPM: 21065020007**

**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN  
JAWA TIMUR**

**2024**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**ANALISIS EMISI GAS BUANG DARI PENGGUNAAN REFUSED  
DERIVED FUEL SEBAGAI BAHAN BAKAR CAMPURAN DI  
INDUSTRI SEMEN  
(STUDI KASUS DI PT SOLUSI BANGUN INDONESIA CILACAP)**

Diajukan Oleh:

DITA PRARIESTA  
NPM. 21065020007

Telah dipertahankan Dihadapan dan Diterima oleh Tim Penguji Tesis Fakultas  
Teknik Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Universitas Pembangunan  
Nasional "Veteran" Jawa Timur  
Pada Tanggal 29 Mei 2024

Menyetujui Dosen

Pembimbing I



Dr. T. Ir. Luluk Edahwati, MT  
NIP. 19640611 199203 2 001

Penguji I



Dr. Ir. Sintha Soraya S., MT.  
NIP. 19660621 199203 2 001

Dosen Pembimbing II



Dr. Ir. Novel Karaman, M.T  
NIP. 19580801 198703 1 001

Penguji II



Dr. Farida Pulansari, ST, MT., IPM  
NIPPPK. 19790203 202121 2 007

Mengetahui  
**DEKAN FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JATIM**



Prof. Dr. Dra. JARIYAH, MP.  
NIP. 19650403 199103 2 001

## SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Dita Prariesta  
NIM : 21065020007  
Fakultas /Program Studi : Magister Ilmu Lingkungan – Fakultas Teknik –  
Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa  
Timur  
Judul Skripsi/Tugas Akhir  
/ Tesis/Desertasi : Analisa Emisi Gas Buang dari Penggunaan *Refuse  
Derived Fuel* Sebagai Bahan Bakar Campuran di  
Industri Semen (Studi Kasus di PT Solusi Bangun  
Indonesia Cilacap)

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Hasil karya yang saya serahkan ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik baik di UPN “Veteran” Jawa Timur maupun di institusi pendidikan lainnya.
2. Hasil karya saya ini merupakan gagasan, rumusan, dan hasil pelaksanaan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan pembimbing akademik.
3. Hasil karya saya ini merupakan hasil revisi terakhir setelah diujikan yang telah diketahui dan di setujui oleh pembimbing.
4. Dalam karya saya ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali yang digunakan sebagai acuan dalam naskah dengan menyebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya. Apabila di kemudian hari terbukti ada penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini maka saya bersedia menerima konsekuensi apapun, sesuai dengan ketentuan yang berlaku di UPN “Veteran” Jawa Timur.

Surabaya, 29 Mei 2024



Dita Prariesta

<b>No</b>		<b>PENELITI</b>		
1	Nama Lengkap	Dita Prariesta		
2	NPM	21065020007		
3	Tempat Tanggal Lahir	Surabaya, 22 Maret 1987		
4	Alamat	Perum Kendeng Sejahtera B/4, Sidanegara, Cilacap, Jawa Tengah		
5	Nomor HP	085649862622		
6	Email	<a href="mailto:ditaprariesta@gmail.com">ditaprariesta@gmail.com</a>		

#### **PENDIDIKAN**

<b>No.</b>	<b>Nama Universitas/Sekolah</b>	<b>Jurusan</b>	<b>Tahun</b>	<b>Keterangan</b>
1	Fakultas Teknik - Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur	S2 Magister Ilmu Lingkungan	2021 - 2024	Lulus
2	Fakultas Teknologi Industri – Institut Teknologi Sepuluh Nopember	S1 Teknik Kimia	2005 - 2009	Lulus
3	SMAN 3 Malang	-	2002 - 2005	Lulus
4	SMPN 1 Malang	-	1999 - 2002	Lulus
5	SDN Lowokwaru 4 Malang	-	1993 - 1999	Lulus

#### **TUGAS AKADEMIK**

<b>No.</b>	<b>Kegiatan</b>	<b>Tempat / Judul</b>	<b>Tahun</b>
1	Tesis	Analisa Emisi Gas Buang dari Penggunaan <i>Refuse Derived Fuel</i> Sebagai Bahan Bakar Campuran di Industri Semen (Studi Kasus di PT Solusi Bangun Indonesia Cilacap)	2024
2	Skripsi	Peningkatan Kualitas Pupuk Organik Cair dari Limbah Cair Produksi Biogas	2009

#### **IDENTITAS ORANG TUA**

Nama	Ir. Heru Waskito
Alamat	Malang
Telepon	0818385007
Pekerjaan	PNS

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga dapat terselesaikannya Tesis dengan judul **“ANALISIS EMISI GAS BUANG DARI PENGGUNAAN *REFUSE DERIVED FUEL* SEBAGAI BAHAN BAKAR CAMPURAN DI INDUSTRI SEMEN (STUDI KASUS DI PT SOLUSI BANGUN INDONESIA CILACAP)”**.

Dalam pembuatan tesis ini kami tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, sehingga kami ucapkan terima kasih diantaranya :

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya.
2. Ibu Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur.
3. Bapak Erwan Adi, S.T, M.T, P.hD selaku Ketua Program Studi Magister Ilmu Lingkungan) Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur
4. Ibu Dr. T. Ir. Luluk Edahwati, MT dan Bapak Dr. Ir. Novel Karaman, M.T sebagai Dosen Pembimbing tesis yang telah membimbing saya untuk menyelesaikan penelitian dan tesis ini.
5. Ibu Dr. Ir. Sintha Soraya S., MT. dan Ibu Dr. Farida Pulansari, ST, MT., IPM selaku dosen penguji tesis yang telah memberikan evaluasi dan saran yang membangun untuk tesis ini.
6. Bapak dan Ibu Dosen dan Staff Karyawan/karyawati Magister Ilmu Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur.
7. Kedua Orang tua saya yaitu Bapak Heru Waskito, Ibu Rini Diana dan adik saya Dina Prariesa yang telah memberikan motivasi, semangat, dan doa kepada penulis.
8. Suami saya yang tercinta, Andi Heri Prasetyo beserta kedua putri saya Anggita Lintang Prasetya dan Haira Althafunnisa Prasetya , mereka semua menjadikan kekuatan dan semangat saya untuk menyelesaikan tesis.
9. Teman-teman saya satu Angkatan di Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur yaitu Angkatan 2021 - Magister Ilmu Lingkungan.
10. Teman-teman saya di UPT Keselamatan Kerja Dinas Tenaga Kerja dan

Transmigrasi Provinsi Jawa Timur yang telah mendukung saya untuk menyelesaikan penelitian dan tesis ini.

11. Seluruh pihak yang membantu saya untuk menyelesaikan penelitian dan tesis saya, saya ucapkan banyak sekali terimakasih.

Semoga Allah SWT memberikan balasan pahala atas segala amal yang telah diberikan dan semoga tugas akhir ini berguna baik bagi diri kami maupun pihak lain yang memanfaatkan.

Surabaya, 29 Mei 2024



Penulis,

Dita Prariesta



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iv
SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT .....	ii
RIWAYAT HIDUP.....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
DAFTAR ARTI LAMBANG, SINGKATAN DAN ISTILAH.....	xi
ABSTRAK.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1. 1. Latar Belakang.....	1
1. 2. Perumusan Masalah .....	4
1. 3. Tujuan Penelitian .....	4
1. 4. Manfaat Penelitian .....	4
1. 5. Batasan Penelitian.....	5
1. 6. Asumsi Penelitian .....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2. 1. Tinjauan Umum .....	6
2.1.1. Kondisi Persampahan Global dan Nasional.....	6
2.1.2. Pemanfaatan Sampah .....	7
2. 2. <i>Refuse Derived Fuel</i> .....	11
2.2.1. Klasifikasi RDF.....	12
2.2.2. Nilai Kalor dan Standar RDF.....	13
2.2.3. Pengolahan RDF di Gresik .....	15
2.2.4. Pengolahan RDF di Cilacap.....	17
2. 3. Semen.....	18

2.3.1.	PT. Solusi Bangun Indonesia Cilacap.....	19
2.3.2.	Penggunaan RDF dalam Industri Semen .....	20
2.3.3.	Dampak Emisi Kiln Semen dari Penggunaan RDF .....	22
2. 4.	Penelitian Terkait yang Dilakukan Sebelumnya.....	29
<b>BAB 3</b>	<b>METODE PENELITIAN .....</b>	<b>39</b>
3.1.	Kerangka Penelitian.....	39
3.2.	Jenis dan Sumber Data.....	40
3.3.	Analisis .....	41
<b>BAB 4</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>44</b>
4.1.	Karakteristik Bahan Bakar Campuran .....	45
4.2.	Data Pengukuran Emisi .....	47
4.2.1.	Analisis Deskriptif .....	48
4.3.	Perbandingan Data Sebelum dan Sesudah Penggunaan RDF .....	50
4.3.1.	Uji Normalitas Data .....	51
4.3.2.	Uji Perbedaan Kualitas Udara Emisi .....	52
4.3.3.	Analisis <i>Box Behnken Design</i> .....	55
4.4.	Data Kualitas Udara Ambien.....	59
4.5.	Pengaruh Emisi Gas Buang dari Penggunaan RDF terhadap Lingkungan.....	62
4.5.1.	Nitrogen Oksida .....	62
4.5.2.	Karbon Monoksida dan Karbon Dioksida.....	63
4.5.3.	Sulfur dioksida .....	64
4.5.4.	Partikulat .....	64
4.5.5.	Polychlorinated dibenzo-p-dioxins dan Polychlorinated dibenzofurans.....	65
4.5.6.	Logam Berat.....	65
<b>BAB 5</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>68</b>
5.1.	Kesimpulan .....	68
5.2.	Saran .....	69
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>70</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1 Komposisi Sampah berdasarkan Jenis Sampah di Indonesia Tahun 2021.....	7
Gambar 2-2 Proses Pengolahan Sampah menjadi RDF di TPA Ngipik.....	16
Gambar 2-3 Pembentukan SO <sub>2</sub> di Sistem Kiln.....	25
Gambar 3-1 Gambar Kerangka Penelitian.....	40
Gambar 4-1 Perbandingan Data Emisi Antara Sebelum dan Sesudah Penggunaan RDF sebagai Bahan Bakar Campuran.....	49
Gambar 4-2 Hasil <i>Response Optimization</i> .....	59
Gambar 4-3 Lokasi Titik Pengambilan Sampel Kualitas Udara Ambien.....	60
Gambar 4-4 Rata-rata Hasil Pengukuran Kualitas Udara Ambien di ke-10 Lokasi Dibandingkan dengan Baku Mutu.....	61
Gambar 4-5 Perbandingan Antara Kandungan Logam Berat dalam Emisi Gas Buang Dibandingkan dengan Nilai Baku Mutu.....	66

## DAFTAR TABEL

Tabel 2-1 Perbandingan Teknologi <i>Waste to Energy</i> .....	9
Tabel 2-2 Standar <i>Refuse Derived Fuel</i> (RDF).....	13
Tabel 2-3 Karakteristik RDF yang diterima Perusahaan Semen di Indonesia.....	14
Tabel 3-1 Jenis dan Sumber Data.....	41
Tabel 4-1 Karakteristik Bahan Bakar Campuran dan Batu Bara .....	46
Tabel 4-2 Data Pengukuran Emisi di Cerobong Kiln-Raw Mill.....	47
Tabel 4-3 Deskripsi Data Kualitas Udara Emisi (mg/Nm <sup>3</sup> ).....	50
Tabel 4-4 Uji Normalitas Data Kualitas Udara Emisi .....	51
Tabel 4-5 Uji Perbedaan Kualitas Udara Emisi Partikulat EP Kiln, SO <sub>2</sub> , dan CO <sub>2</sub>	
Tabel 4-6 Uji Perbedaan Kualitas Udara Emisi NO <sub>x</sub> .....	54
Tabel 4-7 Nilai Minimum dan Maksimum TSR untuk Biomass, RDF, dan Batu Bara .....	55
Tabel 4-8 Hasil Rancangan Percobaan Pengukuran Kualitas Udara Emisi.....	56
Tabel 4-9 <i>Response Surface Regression</i> .....	57
Tabel 4-10 Data Pengukuran Kualitas Udara Ambien.....	60

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1. Analisis Deskriptif Data Partikulat EP Kiln, Nox, SO <sub>2</sub> , dan CO.....	73
Lampiran 2. Uji Normalitas Data Partikulat EP Kiln, Nox, SO <sub>2</sub> , dan CO .....	73
Lampiran 3. <i>Mann-Whitney Test</i> Kadar Partikulat EP Kiln, SO <sub>2</sub> , dan CO .....	76
Lampiran 4. Independent Sample T-test Kadar Nox .....	77
Lampiran 5. Analisis Box Behnken Design .....	77
Lampiran 6. Baku Mutu Emisi Industri Semen .....	84
Lampiran 7. Baku Mutu Udara Ambien .....	86
Lampiran 8. Dokumentasi Laporan Hasil Pengujian .....	87
Lampiran 9. Lembar Asistensi Tesis.....	90
Lampiran 10. Lembar Revisi Ujian Lisan Tesis .....	94
Lampiran 11. Surat Keterangan Bebas Revisi .....	97

## DAFTAR ARTI LAMBANG, SINGKATAN DAN ISTILAH

### Daftar Arti Lambang

%	: Persen
/	: Atau
°	: Derajat
±	: Lebih kurang
>	: Lebih dari
<	: Kurang dari
=	: Sama dengan
≤	: Kurang dari sama dengan
≥	: Lebih dari sama dengan

### Daftar Singkatan/Isitilah

RDF	: <i>Refuse-derived Fuel</i>
TSR	: <i>thermal substitution rate</i>
TPA	: Tempat Pembuangan Akhir
TPST	: Tempat Pengolahan Sampah Terpadu
WtE	: <i>Waste to Energy</i>
SO <sub>2</sub>	: Sulfur dioksida
NO	: Nitrogen Oksida
CO	: Karbon monoksida
CEMS	: <i>Continuous Emission Monitoring Systems</i>
RSM	: <i>Response Surface Methodology</i>
BBD	: <i>Box Behnken Design</i>

# ANALISA EMISI GAS BUANG DARI PENGGUNAAN *REFUSE DERIVED FUEL* SEBAGAI BAHAN BAKAR CAMPURAN DI INDUSTRI SEMEN (STUDI KASUS DI PT SOLUSI BANGUN INDONESIA CILACAP)

Oleh: Dita Prariesta

## Abstrak

Bahan bakar turunan sampah *atau refuse-derived fuel* (RDF) merupakan bahan bakar alternatif yang berasal dari sampah. Pemanfaatan RDF dinilai mampu mengurangi emisi gas karbon dioksida dan mengurangi hilangnya lahan akibat timbunan sampah. Dalam penelitian ini, bahan bakar turunan sampah (RDF) dipadukan dengan batu bara dan biomassa untuk melihat pengaruh penggunaan RDF terhadap emisi di pabrik semen dan dampak lingkungan yang ditimbulkan. Dari hasil yang diketahui dari data produksi bulan Agustus sampai September 2022, spesifikasi RDF yang digunakan sebagai bahan bakar alternatif mempunyai nilai kalor 4177 Kkal/kg, persentase kadar abu 12,39% dan kadar air 22,63%. Data emisi cerobong Kiln-Raw Mill yang diambil pada bulan April 2022 menunjukkan parameter Partikulat, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HF, HCl, dan CO adalah 16 mg/Nm<sup>3</sup>, 36 mg/Nm<sup>3</sup>, 178 mg/Nm<sup>3</sup>, 0,4 mg/Nm<sup>3</sup>, 14 mg/Nm<sup>3</sup>, dan 16 mg/Nm<sup>3</sup> diketahui masih di bawah baku mutu yang berlaku. Sedangkan rata-rata hasil pengukuran ambien pada trimester empat tahun 2022 di 10 lokasi sekitar pabrik semen untuk parameter partikulat debu (TSP), PM<sub>10</sub>, PM<sub>25</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, HC dan Pb adalah 75 mg/Nm<sup>3</sup>, 30 mg/Nm<sup>3</sup>, 16 mg/Nm<sup>3</sup>, 31,5 mg/Nm<sup>3</sup>, 25,5 mg/Nm<sup>3</sup>, 1164 mg/Nm<sup>3</sup>, 34 mg/Nm<sup>3</sup>, <66 mg/Nm<sup>3</sup>, <0,002 mg/Nm<sup>3</sup> yang diketahui berada di bawah baku mutu yang berlaku. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh parameter berada di bawah ambang batas baku mutu yang berlaku. Penelitian ini menggunakan *Metodologi Response Surface* dengan *Box Behnken design* untuk metode analisisnya. Parameter emisi yang diuji adalah partikulat, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HF, HCl, dan CO. Berdasarkan analisis varian dan peta permukaan respon tiga dimensi dari laporan emisi pabrik semen menunjukkan kondisi optimal pada persentase biomassa 11%, RDF 10 %, dan batu bara 76%. Interaksi antar masing-masing variabel menunjukkan bahwa kenaikan persentase RDF sampai dengan 10% tidak mempengaruhi besarnya emisi gas buang yang dihasilkan. Jadi pemanfaatan RDF dinilai tidak membahayakan lingkungan jika digunakan sebagai bahan campuran bahan bakar.

**Kata kunci:** pengelolaan sampah, refuse-derived fuel, emisi cerobong, industri semen

# **ANALYSIS OF GAS EMISSIONS FROM THE USE OF REFUSE DERIVED FUEL AS MIXED FUEL IN THE CEMENT INDUSTRY (CASE STUDY AT PT SOLUSI BANGUN INDONESIA CILACAP)**

By: Dita Prariesta

## *Abstract*

*Refuse-derived fuel (RDF) is an alternative fuel that comes from waste. Utilization of RDF is considered to be able to reduce carbon dioxide gas emissions and reduce land loss due to landfills. In this research, refuse-derived fuel (RDF) was combined with coal and biomass to see the effect of using RDF towards emissions in cement plant and the environmental impact caused. From the results known from production data from August to September 2022, the RDF specifications used as an alternative fuel have a heating value of 4177 Kcal/kg, an ash content percentage of 12,39% and a moisture content of 22,63%. Emission data from the Kiln-Raw Mill chimney taken in April 2022 shows that the parameters for Particulates, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HF, HCl, and CO are 16 mg/Nm<sup>3</sup>, 36 mg/Nm<sup>3</sup>, 178 mg/Nm<sup>3</sup>, 0.4 mg/Nm<sup>3</sup>, 14 mg/Nm<sup>3</sup>, and 16 mg/Nm<sup>3</sup> are known to be still below the applicable quality standards. Meanwhile, the average ambient measurement results in the fourth trimester of 2022 for 10 locations around the cement plant for dust particulate parameters (TSP), PM<sub>10</sub>, PM<sub>25</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, HC and Pb are 75 mg/Nm<sup>3</sup>, 30 mg/Nm<sup>3</sup>, 16 mg/Nm<sup>3</sup>, 31.5 mg/Nm<sup>3</sup>, 25.5 mg/Nm<sup>3</sup>, 1164 mg/Nm<sup>3</sup>, 34 mg/Nm<sup>3</sup>, <66 mg/Nm<sup>3</sup>, <0.002 mg/Nm<sup>3</sup> which is also known to be below standard applicable quality. The results show that all parameters are below the applicable quality standard thresholds. This research uses Response Surface Methodology with Box Behnken design for the analysis. The emission parameters tested were particulates, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HF, HCl, and CO. Based on variance analysis and three-dimensional response surface maps of emissions from the cement plant, it shows optimal conditions in the percentage of biomass 11%, RDF 10%, and coal 76%. The interaction between each variable shows that adding RDF up to 10% does not affect the amount of flue gas emissions produced. So utilization of RDF is considered not to harm the environment if used as a fuel mixture.*

**Keywords:** waste management, refuse-derived fuel, gas emissions, cement industry