

ANALISIS PENERAPAN PRODUKSI BERSIH PADA INDUSTRI GULA RAFINASI

NURUL HAFSAH PUTRANTI



**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PERTANIAN
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
Bogor Indonesia

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Analisis Penerapan Produksi Bersih Pada Industri Gula Rafinasi” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2026

Nurul Hafsa Putranti
F3501222011

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumpankan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



RINGKASAN

NURUL HAFSAH PUTRANTI. Analisis Penerapan Produksi Bersih Pada Industri Gula Rafinasi. Dibimbing oleh MOH. YANI dan MUSLICH.

Produksi bersih adalah strategi pengelolaan lingkungan yang preventif, terpadu, dan berkesinambungan yang diterapkan pada setiap kegiatan yang berkaitan dengan proses produksi dan produk untuk meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya alam, mengurangi pencemaran lingkungan, dan mengurangi timbulan limbah pada sumbernya, untuk mengurangi kerusakan lingkungan serta risiko terhadap kesehatan dan keselamatan manusia. Produksi bersih dapat diterapkan pada semua jenis industri, termasuk industri gula rafinasi. Industri gula rafinasi menghasilkan limbah dan memungkinkan untuk terjadinya masalah atau kendala pada proses pengolahannya. Produksi bersih diharapkan dapat memberikan manfaat perbaikan bagi industri gula rafinasi.

Penelitian ini dilakukan di pabrik gula rafinasi di Lampung dengan kapasitas produksi sebesar 1.696,6 ton/hari. Penelitian ini dilakukan pada proses produksi pabrik gula rafinasi setiap proses pengolahannya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi jenis dan sumber limbah yang terbentuk pada proses produksi di industri gula, mengidentifikasi alternatif produksi bersih yang dapat diterapkan dan menganalisis kelayakan penerapan produksi bersih secara teknis, finansial, dan lingkungan, serta menentukan skala prioritas penerapan kegiatan produksi bersih pada industri gula yang direkomendasikan.

Limbah yang dihasilkan berupa limbah cair, padat, dan gas. Limbah cair dapat mencemari air sungai, air tanah, dan perairan lainnya dapat menyebabkan biota air menjadi rusak karena pencemaran air tersebut. Limbah padat pabrik gula rafinasi dapat mencemari lingkungan dan berdampak pada kesehatan manusia. Limbah gas dapat menurunkan kualitas udara ambien di area dan lingkungan pabrik.

Metode pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan observasi, studi literatur, dan wawancara dengan responden yang merupakan pakar industri terkait. Tahapan penelitian dimulai dengan mengidentifikasi aliran proses dan siklus material, mengidentifikasi peluang produksi bersih, evaluasi peluang produksi bersih dengan aspek teknik, finansial, dan lingkungan. Aspek teknis mengacu pada proses produksi, bahan baku, peralatan, dan tenaga kerja. Aspek finansial dilakukan pengujian *B/C ratio*, *payback period*, dan *net present value*. Aspek lingkungan dianalisis dampak lingkungan menggunakan *tools* OpenLCA.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat permasalahan dan alternatif produksi bersih yang direkomendasikan, yaitu *preventive maintenance* pada *reaction tank* (*B/C ratio*: 29,62; NPV 109 miliar), perbaikan sambungan pipa dan penggantian *mechanical seal* pompa (*B/C ratio*: 42,63; NPV 920 juta; PBP 0,04 tahun), penambahan wadah penampung tetesan *massecuite* (*B/C ratio*: 1,59; NPV 6 juta; PBP 2,8 tahun), pembersihan pada alat *sugar grader* dan *bucket elevator* (*B/C ratio*: 1,4; NPV: 2 miliar), dan penambahan skirt seal dan hopper pada filling packing (*B/C ratio*: 85,67; NPV 12 miliar; PBP 0,028 tahun). Penentuan prioritas alternatif produksi bersih dengan metode AHP menghasilkan alternatif produksi bersih dengan prioritas tertinggi adalah *preventive maintenance* pada *reaction tank*.

Kata kunci: AHP, industri gula rafinasi, minimasi limbah, produksi bersih

SUMMARY

NURUL HAFSAH PUTRANTI. Analysis of Cleaner Production Implementation in the Refined Sugar Industry. Supervised by MOH. YANI and MUSLICH.

Cleaner production is a preventive, integrated, and continuous environmental management strategy applied to all activities related to production processes and products. Its aim is to enhance natural resource efficiency, minimize environmental pollution, and reduce waste generation at the source, thereby mitigating environmental damage and risks to human health and safety. Cleaner production is applicable to all types of industries, including the refined sugar industry. Refined sugar manufacturing generates waste and presents potential operational challenges. Implementing cleaner production is expected to yield improvements for the refined sugar industry.

This study was conducted at a refined sugar plant in Lampung with a production capacity of 1,696.6 tons per day, covering every stage of the refining process. The research objectives were to identify the types and sources of waste generated during production; identify applicable cleaner production alternatives; analyze the technical, financial, and environmental feasibility of implementing these alternatives; and establish a priority scale for the recommended cleaner production activities.

The waste generated includes liquid, solid, and gaseous forms. Liquid waste can contaminate river water, groundwater, and other water bodies, potentially harming aquatic biota. Solid waste from the refined sugar plant can pollute the environment and impact human health, while gaseous waste can degrade ambient air quality in the plant's vicinity.

Data collection involved observation, literature review, and interviews with relevant industry experts. The research process began with identifying process flows and material cycles, followed by identifying cleaner production opportunities and evaluating them based on technical, financial, and environmental aspects. The technical assessment covered production processes, raw materials, equipment, and labor. Financial analysis involved calculating the Benefit-Cost (B/C) ratio, payback period, and net present value (NPV). Environmental impacts were analyzed using OpenLCA software.

The research results identified specific issues and recommended cleaner production alternatives: preventive maintenance for the reaction tank (B/C ratio: 29.62; NPV: IDR 109 billion); repair of pipe connections and replacement of pump mechanical seals (B/C ratio: 42.63; NPV: IDR 920 million; PBP: 0.04 years); installation of a massecuite drip collection container (B/C ratio: 1.59; NPV: IDR 6 million; PBP: 2.8 years); cleaning of the sugar grader and bucket elevator (B/C ratio: 1.4; NPV: IDR 2 billion); and installation of skirt seals and hoppers at the filling and packing station (B/C ratio: 85.67; NPV: IDR 12 billion; PBP: 0.028 years). Prioritization of these cleaner production alternatives using the AHP method determined that preventive maintenance for the reaction tank was the highest-priority alternative.

Keywords: AHP, cleaner production, refined sugar industry, waste minimization.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
Bogor Indonesia

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
Bogor Indonesia

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

ANALISIS PENERAPAN PRODUKSI BERSIH PADA INDUSTRI GULA RAFINASI

NURUL HAFSAH PUTRANTI

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Teknik pada
Program Studi Teknik Industri Pertanian

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PERTANIAN
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Diarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Diarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Judul Tesis : Analisis Penerapan Produksi Bersih Pada Industri Gula Rafinasi
Nama : Nurul Hafsa Putranti
NIM : F3501222011

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Moh. Yani, M.Eng
NIP. 196308051990021001

Pembimbing 2:
Dr. Ir. Muslich, M.Si.
NIP. 196804011994031001



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr-Ing. Ir. Suprihatin
NIP. 196312211990031002

Dekan Fakultas Teknik dan Teknologi:
Prof. Dr. Ir. Slamet Budijanto, M.Agr.
NIP. 196105021986031002



Tanggal Ujian:
6 Agustus 2026

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Januari sampai bulan Maret 2025 ini ialah Produksi Bersih dengan judul “Analisis Penerapan Produksi Bersih Pada Industri Gula Rafinasi”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Prof. Dr. Ir. Moh. Yani, M.Eng dan Dr. Ir. Muslich, M.Si. yang telah membimbing dan banyak memberi saran sehingga terbentuknya tesis ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada moderator seminar dan penguji luar komisi pembimbing. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada keluarga terutama Bapak, Ibu, Mas Arif, serta seluruh keluarga dan teman yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya. Ucapan terima kasih juga kepada perusahaan yang telah memberi izin dan data penelitian.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Agustus 2026

Nurul Hafsa Putranti

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Ruang Lingkup	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Produksi Bersih	4
2.2 Industri Pengolahan Gula	5
2.3 Gula Rafinasi	6
2.4 Penelitian Terdahulu	7
III METODE	10
3.1 Kerangka Pemikiran	10
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	10
3.3 Metode dan Pengumpulan Data	10
3.4 Tahapan Penelitian	11
3.5 Identifikasi Alur Proses dan Siklus Material	11
3.6 Identifikasi Peluang Produksi Bersih	11
3.7 Evaluasi Kelayakan Peluang Produksi Bersih	14
3.7.1 Kelayakan Teknis	14
3.7.2 Kelayakan Finansial	14
3.7.3 Kelayakan Lingkungan	15
3.8 Penentuan Prioritas Peluang Produksi Bersih dengan AHP	15
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Identifikasi Proses Produksi	17
4.1.1 Penerimaan Bahan Baku	18
4.1.2 Afinasi	19
4.1.3 Karbonatasi	21
4.1.4 Filtrasi	22
4.1.5 Dekolorisasi	23
4.1.6 Evaporasi	24
4.1.7 Kristalisasi	25
4.1.8 Pengeringan dan Pendinginan	26
4.1.9 Pengemasan	27
4.1.10 Pengolahan Limbah	27
4.1.11 Penggunaan Air dan Penggunaan Energi	30
4.2 Identifikasi Alternatif Produksi Bersih	31
4.3 Evaluasi Kelayakan Peluang Produksi Bersih	33
4.3.1 <i>Preventive Maintenance</i> Pada <i>Reaction Tank</i>	33
4.3.2 Perbaikan Sambungan Pipa dan Penggantian <i>Mechanical</i>	

	<i>Seal Pompa</i>	34
4.3.3	Penambahan Wadah Penampung Tetesan <i>Massecuite</i>	35
4.3.4	Pembersihan Alat <i>Sugar Grader</i> dan <i>Bucket Elevator</i>	36
4.3.5	Penambahan <i>Skirt Seal</i> dan <i>Hopper</i> Pada <i>Filling Packing</i>	36
4.3.6	Analisis Dampak Lingkungan	37
4.4	Penentuan Prioritas Alternatif Produksi Bersih	38
V	SIMPULAN DAN SARAN	42
5.1	Simpulan	42
5.2	Saran	42
	DAFTAR PUSTAKA	43
	LAMPIRAN	47
	RIWAYAT HIDUP	56

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR TABEL

1	Penelitian terdahulu	8
2	Matriks tujuan, metode, dan data penelitian yang akan dikumpulkan	12
3	Kriteria analisis kelayakan teknis	14
4	Sumber dan pengelolaan dampak hasil produksi dan non produksi	29
5	Penggunaan air PT X	30
6	Penggunaan energi PT X	30
7	Strategi produksi bersih yang telah diterapkan oleh industri	31
8	Permasalahan dan analisis peluang opsi produksi bersih	32
9	Ringkasan analisis peluang kelayakan dari aspek teknis, finansial, dan lingkungan pada industri gula rafinasi	39
10	Hasil perhitungan prioritas produksi bersih dengan metode AHP	41
11	Skala <i>comparative judgement</i>	48

DAFTAR GAMBAR

1	Kerangka pemikiran penelitian produksi bersih industri gula rafinasi	11
2	Tahapan penelitian produksi bersih industri gula rafinasi	13
3	Penentuan indeks konsistensi pada AHP	16
4	Proses produksi gula rafinasi	17
5	Neraca massa dan diagram alir proses produksi gula rafinasi	18
6	Proses penerimaan bahan baku melalui konveyor	19
7	Proses pencampuran	19
8	Proses pemisahan <i>molasses</i> dari gula rafinasi	20
9	Aliran material tahap afinasi	20
10	Aliran material tahap peleburan	21
11	Proses karbonatasi pada pemurnian gula rafinasi	21
12	Aliran material tahap karbonatasi	22
13	Proses filtrasi	22
14	Aliran material tahap filtrasi	23
15	Proses dekolorisasi	23
16	Aliran material tahap dekolorisasi	24
17	Proses evaporasi	24
18	Aliran material tahap evaporasi	25
19	Proses kristalisasi	25
20	Aliran material tahap kristalisasi	26
21	Proses pengeringan dan pendinginan	27
22	Proses pengemasan	27
23	Hasil <i>Life Cycle Assessment</i> (LCA) gula rafinasi	38
24	Struktur hierarki alternatif produksi bersih industri gula rafinasi	40



DAFTAR LAMPIRAN

1	Kuesioner prioritas produksi bersih	48
2	Jenis, sumber, dan jumlah limbah B3	50
3	Perhitungan finansial opsi <i>preventive maintenance</i> pada <i>reaction tank</i>	51
4	Perhitungan penghematan <i>carbonated liquor</i>	51
5	Perhitungan finansial opsi perbaikan sambungan pipa dan penggantian <i>mechanical seal</i> pompa	52
6	Perhitungan finansial penambahan wadah penampung tetesan <i>massecuite</i>	52
7	Perhitungan finansial pembersihan <i>sugar grader</i> dan <i>bucket elevator</i>	57
8	Perhitungan finansial penambahan <i>skirt seal</i> dan <i>hopper</i> pada <i>filling packing</i>	57
9	<i>Life Cycle Inventory</i> (LCI) per 1 kg gula rafinasi	54
10	Hasil <i>Life Cycle Impact Analysis</i> (LCIA)	54
11	Perhitungan penentuan prioritas dengan metode AHP	55

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.