

**PRA-RANCANGAN PABRIK 1,3-BUTADIENA BERBASIS N-BUTANA MELALUI
PROSES DEHIDROGENASI KATALITIK MENGGUNAKAN KATALIS $\text{CrO}_x / \text{Al}_2\text{O}_3$
DENGAN KAPASITAS 150.000 TON/TAHUN DI KAWASAN INDUSTRI CILEGON,
BANTEN**



TUGAS AKHIR

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan Tugas Akhir dan Seminar Tugas
Akhir pada Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Industri,
Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro**

Disusun Oleh:

Adhilla Rifky Ramadhan

40040122650055

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA INDUSTRI
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI
SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

2026



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,
DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEKOLAH VOKASI
PROGRAM STUDI
TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA INDUSTRI

Jalan Gubernur Mochtar
Kampus Universitas Diponegoro
Tembalang Semarang Kode Pos 50275
Telepon/aksamile (024) 7471379
Laman vokasi@liveundp.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN

**PRA-RANCANGAN PABRIK 1,3-BUTADIENA BERBASIS N-BUTANA MELALUI
PROSES DEHIDROGENASI KATALITIK MENGGUNAKAN KATALIS $\text{CRO}_x / \text{Al}_2\text{O}_3$
DENGAN KAPASITAS 150.000 TON/TAHUN DI KAWASAN INDUSTRI CILEGON,
BANTEN**

SKRIPSI

**Dibuat untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan Mata Kuliah Skripsi dan Seminar Skripsi
pada Program Studi S.Tr. Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Sekolah Vokasi,
Universitas Diponegoro**

Disusun Oleh :

Adhilla Rifky Ramadhan

NIM. 40040122650055

Disetujui dan Disahkan Sebagai Laporan Tugas Akhir (Skripsi)

Semarang, 26 Mei 2026

Dosen Pembimbing

Dr. Heny Kusumayanti, S.T., M.T
NIP. 197210291993122001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya :

Nama : Adhilla Rifky Ramadhan
NIM : 40040122650055
Fakultas : Sekolah Vokasi/Universitas Diponegoro
Program Studi : S.Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri
Judul Tugas Akhir : Prarancangan Pabrik 1,3-Butadiena Berbasis n-Butana Melalui Proses Dehidrogenasi Katalitik Menggunakan Katalis $\text{CrOx/Al}_2\text{O}_3$ dengan Kapasitas 150.000 Ton/Tahun di Kawasan Industri Cilegon, Banten

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi ini merupakan hasil karya saya, Adhilla Rifky Ramadhan, dan partner saya I Dhafa Febrian didampingi dosen pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/pemlagiatan dalam skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan aturan yang berlaku di Universitas Diponegoro.

Demikian pernyataan ini dibuat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun



Semarang, 3 Juni 2026

Pembuat pernyataan



Adhilla Rifky Ramadhan

NIM. 40040122650055

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	x
INTISARI.....	xi
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Kapasitas Rancangan	1
1.2.1. Prediksi Kebutuhan 1,3-Butadiena Di Indonesia.....	2
1.2.2. Perhitungan Kapasitas Produksi 1,3-Butadiena Di Indonesia	4
1.2.3. Ketersediaan Bahan Baku	5
1.3. Penentuan Lokasi Pabrik	6
1.3.1. Sumber Bahan Baku	7
1.3.2. Sarana dan Transportasi.....	8
1.3.3. Tenaga Kerja.....	9
1.3.4. Pemasaran Produk.....	9
1.3.5. Utilitas.....	10
1.3.6. Kebijakan Pemerintah di Lokasi Pabrik	10
1.3.7. Perluasan Pabrik	11
1.4. Tinjauan Proses	13
1.4.1. Macam-Macam Proses Dalam Produksi Butadiena Dari N-Butana	13
1.4.2. Sifat Fisik dan Kimia	15
1.4.3. Kegunaan 1,3-Butadiena.....	18
BAB II.....	19
DESKRIPSI PROSES	19
2.1. Spesifikasi Bahan dan Produk	19
2.1.1. Spesifikasi Bahan Baku	19
2.1.2. Spesifikasi Bahan Pembantu.....	19
2.1.3. Spesifikasi Produk	19
2.2. Konsep Proses.....	20
2.2.1. Dasar Reaksi	20
2.2.2. Kondisi Operasi	20

2.2.3.	Tinjauan Thermodinamika.....	20
2.2.4.	Tinjauan Kinetika	25
2.3.	Langkah Proses	30
2.3.1.	Tahap Persiapan Bahan Baku	30
2.3.2.	Tahap Pembentukan Produk	30
2.3.3.	Tahap Pemurnian Produk.....	30
2.4.	Process Flow Diagram (PFD)	33
2.5.	Neraca Massa dan Neraca Panas	34
2.5.1.	Neraca Massa	34
2.5.2.	Neraca Panas.....	39
2.6.	Tata letak pabrik dan pemetaan	45
2.6.1.	Lay Out Pabrik.....	45
2.6.2.	Lay Out Peralatan Proses	47
BAB III	50
SPEKIFIKASI ALAT UTAMA	50
3.1.	Unit Reaksi Kimia	50
3.1.1.	Reaktor.....	50
3.2.	Unit Pemisah.....	51
3.2.1.	Separator	51
3.2.2.	Menara Distilasi.....	53
3.3.	Unit Penyimpanan.....	55
3.3.1.	Tangki Penyimpanan	55
3.4.	Unit Transportasi	56
3.4.1.	Pompa	56
3.4.2.	Kompresor	57
3.4.3.	Ekspansi Valve	59
3.5.	Unit Penukar Panas	60
3.5.1.	Heat Exchanger.....	60
BAB IV	63
UNIT PENDUKUNG PROSES	63
4.1.	Unit Pengolahan dan Penyediaan Air	63
4.1.1.	Unit Pengolahan Air	64
4.1.2	Unit Penyediaan Air	65

4.2.	Unit Penyediaan Steam	68
4.3.	Unit Penyediaan Udara Tekan	68
4.4.	Unit Pembangkit Listrik.....	68
4.5.	Unit Penyediaan Bahan Bakar	72
4.6.	Unit Laboratorium	72
4.6.1.	Laboratorium Penelitian dan Pengembangan	73
4.6.2.	Laboratorium Fisik	73
4.6.3.	Laboratorium Penguji Kualitas Air.....	73
4.7.	Unit Pengolahan Limbah	74
4.7.1.	Limbah Cair	74
4.7.2.	Limbah Padat	75
4.8.	Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan Hidup (K3).....	75
4.8.1.	Kesehatan Kerja (Health).....	75
4.8.2.	Keselamatan Kerja (Safety)	75
4.8.3.	Pertimbangan Keselamatan, Kesehatan Kerja, dan Lingkungan	76
BAB V	77
MANAJEMEN PERUSAHAAN	77
5.1.	Bentuk Perusahaan.....	77
5.2.	Struktur Organisasi	77
5.3.	Tugas dan Wewenang	78
5.3.1.	Pemegang Saham	78
5.3.2.	Dewan Komisaris.....	78
5.3.3.	Dewan Direksi	79
5.3.4.	Kepala Bagian.....	80
5.4.	Kebutuhan Karyawan dan Sistem Pengupahan	82
5.4.1.	Pembagian Jam Kerja.....	83
5.4.2.	Perincian Jumlah Karyawan.....	84
5.5.	Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji.....	85
5.5.1.	Penggolongan Jabatan.....	85
5.5.2.	Jumlah Karyawan Total	87
5.5.3.	Penggolongan Gaji Menurut Jabatan	89
5.6.	Kesejahteraan Karyawan	91
5.7.	Corporate Social Responsibility (CSR)	94

5.7.1.	Dasar Pelaksanaan dan Kebijakan Program CSR.....	94
5.7.2.	Pengertian Corporate Social Responsibility.....	94
5.7.3.	Kebijkaan CSR pada Pabrik 1,3-Butadiena	96
BAB VI		97
TROUBLESHOOTING.....		97
6.1.	Unit Penyimpanan.....	97
6.2.	Unit Pemindahan.....	98
6.3.	Unit Pemanas	99
6.4.	Unit Reaksi	102
6.5.	Unit Pemisahan	103
6.6.	Unit Penyediaan Listrik	103
6.7.	Unit Penyediaan Udara Tekan	104
6.8.	Start Up	105
6.8.1.	Tujuan Start Up.....	106
6.8.2.	Persiapan Sebelum Start Up	106
6.8.3.	Tahapan Start Up	108
6.8.4.	Parameter Kritis Saat Start Up.....	111
6.8.5.	Pengendalian Produk Awal.....	113
6.8.6.	Kondisi Start Up Dinyatakan Selesai.....	113
6.9.	Shut Down	113
6.9.1.	Tujuan Shut Down	114
6.9.2.	Shut Down Normal	114
6.9.3.	Shut Down Darurat	117
6.9.4.	Pengamanan Setelah Shut Down	119
6.9.5.	Pemeriksaan Sebelum Start Up Kembali.....	119
6.9.6.	Catatan Keselamatan Operasi	120
BAB VII.....		121
ANALISA EKONOMI.....		121
7.1.	Perkiraan Harga Peralatan	121
7.2.	Dasar Perhitungan.....	122
7.2.1.	Kapasitas Produksi.....	122
7.2.2.	Kebutuhan Bahan Baku	122
7.2.3.	Harga Bahan Baku dan Produk.....	123

7.3.	Perhitungan Biaya.....	123
7.3.1.	Capital Investment	123
7.3.2.	Production Cost.....	125
7.4	Analisa Kelayakan.....	127
7.5.	Hasil Perhitungan.....	129
7.5.1.	Hasil Perhitungan Biaya	129
7.5.2.	Hasil Analisa Kelayakan.....	130
	LAMPIRAN A	132
	NERACA MASSA	132
	LAMPIRAN B	140
	NERACA PANAS.....	140
	LAMPIRAN C	157
	PERHITUNGAN SPESIFIKASI ALAT	157
	LAMPIRAN D	227
	ANALISA EKONOMI.....	227

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1. Data Impor 1,3-Butadiena di Indonesia tahun 2019 – 2024 (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2025)	2
Tabel 1. 2. Data Ekspor 1,3-Butadiena di Indonesia tahun 2019 – 2024 (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2025)	2
Tabel 1. 3. Perbandingan Pemilihan Lokasi Beberapa Daerah	11
Tabel 2. 1. Nilai ΔH°_f Komponen (Yaws, 1999)	21
Tabel 2. 2. Nilai ΔG°_f Masing-Masing Bahan	22
Tabel 2. 3. Neraca Massa Reaktor	34
Tabel 2. 4. Neraca Massa Condensor Parsial	34
Tabel 2. 5. Neraca Massa Separator	35
Tabel 2. 6. Neraca Massa Menara Distilasi 1	35
Tabel 2. 7. Neraca Massa Menara Distilasi 2	36
Tabel 2. 8. Neraca massa overall	36
Tabel 2. 9. Neraca Panas Heat Exchanger	39
Tabel 2. 10. Neraca Panas Furnace	39
Tabel 2. 11. Neraca Panas Reaktor	39
Tabel 2. 12. Neraca Panas E-102	40
Tabel 2. 13. Neraca Panas HE-103	40
Tabel 2. 14. Neraca Panas E-104	40
Tabel 2. 15. Neraca Panas Menara Distilasi 1	40
Tabel 2. 16. Neraca Panas Menara Distilasi 2	41
Tabel 2. 17. Neraca Panas Overall	41
Tabel 3. 1. Spesifikasi Reaktor (R-101)	50
Tabel 3. 2. Spesifikasi Separator (V-01)	51
Tabel 3. 3. Spesifikasi Alat Menara Distilasi	53
Tabel 3. 4. Spesifikasi Tangki Penyimpanan	55
Tabel 3. 5. Spesifikasi Pompa	56
Tabel 3. 6. Spesifikasi Kompresor (K-01)	58
Tabel 3. 7. Spesifikasi Expansion Valve	59
Tabel 3. 8. Spesifikasi HE-102	60
Tabel 4. 1. Parameter Fisik dalam Standar Baku Mutu Air	65

Tabel 4. 2. Parameter Biologi dalam Standar Baku Mutu Air.....	65
Tabel 4. 3. Parameter Kimia dalam Standar Baku Mutu Air.....	66
Tabel 4. 4. Kebutuhan Air Pendingin	67
Tabel 4. 5. Kebutuhan Air Umpan Boiler.....	68
Tabel 4. 6. Kebutuhan Listrik untuk Keperluan Proses.....	69
Tabel 4. 7. Kebutuhan Listrik untuk Keperluan Utilitas	69
Tabel 4. 8. Jumlah Lumen Berdasarkan Luas Bangunan	70
Tabel 4. 9. Total Kebutuhan Listrik Pabrik	71
Tabel 4. 10. Pengujian Sampel	74
Tabel 5. 1. Jadwal Pembagian Kelompok Shift	83
Tabel 5. 2. Perincian Jumlah Karyawan Produksi.....	84
Tabel 5. 3. Jumlah Karyawan Utilitas	84
Tabel 5. 4. Jumlah Karyawan HSE Lingkungan, Lab Analisis, dan Maintenance.....	85
Tabel 5. 5. Penggolongan Jabatan	86
Tabel 5. 6. Jumlah Karyawan	87
Tabel 5. 7. Penggolongan gaji	89
Tabel 6. 2. Troubleshooting Unit Penyimpanan.....	97
Tabel 6. 3. Troubleshooting Unit Pemindahan	98
Tabel 6. 4. Troubleshooting Unit Pemanas.....	99
Tabel 6. 5. Troubleshooting Unit Reaksi.....	102
Tabel 6. 6. Troubleshooting Unit Pemisahan	103
Tabel 6. 7. Troubleshooting Unit Penyediaan Listrik.....	103
Tabel 6. 8. Troubleshooting Unit Penyediaan Udara Tekan.....	104
Tabel 6. 9. Checklist Kesiapan Start Up.....	107
Tabel 6. 10. Tahapan Start Up Pabrik 1,3-Butadiena	108
Tabel 6. 11. Parameter Kritis Saat Start Up.....	112
Tabel 6. 12. Tahapan Shut Down Normal Pabrik 1,3-Butadiena	114
Tabel 6. 13. Kondisi Pemicu Shut Down Darurat dan Tindakan Awal	118
Tabel 6. 14. Checklist Kesiapan Start Up Kembali Setelah Shut Down.....	119
Tabel 7. 1. Ringkasan Purchased Equipment Cost (PEC).....	121
Tabel 7. 2. Dasar Perhitungan Analisa Ekonomi.....	122
Tabel 7. 3. Kebutuhan Bahan Baku dan Katalis.....	123
Tabel 7. 4. Harga Bahan Baku dan Produk	123

Tabel 7. 5. Rekapitulasi Physical Plant Cost (PPC)	124
Tabel 7. 6. Rekapitulasi Fixed Capital Investment (FCI).....	124
Tabel 7. 7. Rekapitulasi Working Capital Investment (WCI)	125
Tabel 7. 8. Rekapitulasi Total Capital Investment (TCI).....	125
Tabel 7. 9. Direct Manufacturing Cost (DMC)	126
Tabel 7. 10. Indirect Manufacturing Cost (IMC)	126
Tabel 7. 11. Fixed Manufacturing Cost (FMC).....	126
Tabel 7. 12. Total Manufacturing Cost (MC).....	127
Tabel 7. 13. General Expense	127
Tabel 7. 14. Total Production Cost (TPC)	127
Tabel 7. 15. Pendapatan Penjualan Produk	127
Tabel 7. 16. Resume Hasil Perhitungan Biaya	129
Tabel 7. 17. Resume Analisa Kelayakan Pabrik.....	130

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Lokasi Pendirian Pabrik 1,3-Butadiena di Kawasan Cilegon, Banten	7
Gambar 2. 1. Diagram Neraca Massa	38
Gambar 2. 2. Diagram Neraca Panas	44
Gambar 2. 3. Layout Pabrik	47
Gambar 2. 4. Layout Peralatan Proses	49
Gambar 5. 1. Struktur Organisasi Perusahaan.....	78
Gambar 6. 1. Urutan Umum Start Up Pabrik 1,3-Butadiena	108
Gambar 6. 2. Urutan Umum Shut Down Pabrik 1,3-Butadiena.....	114
Gambar 7. 1. Grafik Analisa Kelayakan	129

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, sehingga penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Pra-Rancangan Pabrik 1,3-Butadiena Berbasis N-Butana Melalui Proses Dehidrogenasi Katalitik Menggunakan Katalis $\text{CrO}_x / \text{Al}_2\text{O}_3$ Dengan Kapasitas 150.000 Ton/Tahun Di Kawasan Industri Cilegon, Banten”. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan berbagai pihak. Oleh karena itu, penyusun menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Mohamad Endy Yulianto, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Industri.
2. Hermawan Dwi Ariyanto, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku dosen wali kelas A TRKI 22 yang selalu membimbing dan selalu memberikan masukan pada setiap mahasiswa.
3. Dr. Heny Kusumayanti, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Tugas akhir yang mengarahkan penulis dapat lebih memahami dan menyelesaikan tugas akhir dengan baik dan benar.
4. Seluruh dosen, tenaga kependidikan, dan staff administrasi Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Industri yang memberikan kelancaran selama menjalani perkuliahan.
5. Orang tua dan keluarga saya yaitu Tedy Junaedi dan Yanti Triharyanti yang selalu memberikan semangat, doa, cinta, kasih sayang serta dukungan yang tiada hentidalam menyelesaikan tugas akhir.
6. Salsa Kamilia selaku pasangan saya yang paling spesial yang selalu memberi dukungan dan juga selalu menampung keluh kesah yang telah saya rasakan selama menyusun tugas akhir.
7. Partner tugas akhir saya yaitu I Dhafa Febrian dan teman partner bimbingan bu Heny yaitu Shervaya Latiffa dan Diana Mufiidah yang selalu memberi dukungan dan masukan,
8. Teman-teman saya yaitu Akbar, Dzikri, Satya dan Sandy yang selalu mendukung, membantu, dan memberikan ide agar skripsi ini terselesaikan dengan baik.
9. Teman-teman TRKI Angkatan 2022 yang telah dukungan dalam menyelesaikan Skripsi ini.

Penyusun menyadari keterbatasan dan kemampuan dalam penyusun tugas akhir, oleh karena itu penyusun mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun sehingga bermanfaat bagi penyusun untuk menyempurnakan tugas akhir ini.

INTISARI

1,3-Butadiena merupakan senyawa penting dalam industri petrokimia yang banyak digunakan sebagai bahan baku karet sintetis, plastik ABS, resin, dan produk kimia lainnya. Untuk mengurangi ketergantungan impor dan memenuhi kebutuhan industri dalam negeri, dirancang pabrik 1,3-butadiena berbasis n-butana dengan kapasitas 150.000 ton/tahun di Kawasan Industri Cilegon, Banten.

Proses produksi dilakukan melalui dehidrogenasi katalitik n-butana menggunakan katalis $\text{CrOx}/\text{Al}_2\text{O}_3$ dalam reaktor fixed bed multitube. Reaksi berlangsung dalam fase gas pada suhu tinggi dan bersifat endotermis, sehingga membutuhkan suplai panas. Produk keluaran reaktor kemudian dipisahkan melalui tahap pendinginan, kompresi, kondensasi parsial, separator, dan dua menara distilasi untuk memperoleh produk utama 1,3-butadiena serta produk samping 1-butena dan hidrogen.

Pabrik direncanakan beroperasi selama 330 hari/tahun dengan sistem operasi 24 jam/hari. Unit pendukung proses meliputi penyediaan air, steam, listrik, udara tekan, bahan bakar, laboratorium, pengolahan limbah, serta sistem K3. Bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan jumlah karyawan sebanyak 125 orang.

Hasil analisa ekonomi menunjukkan nilai ROI setelah pajak sebesar 27,25%, POT setelah pajak 3,05 tahun, IRR 12,16%, BEP 41,74%, dan SDP 29,94%. Berdasarkan hasil teknis dan ekonomi tersebut, pabrik 1,3-butadiena dari n-butana dinyatakan layak untuk didirikan.

Kata kunci: 1,3-butadiena, n-butana, dehidrogenasi katalitik, $\text{CrOx}/\text{Al}_2\text{O}_3$, Cilegon.