

**DESAIN PROYEK PABRIK ANILIN DENGAN PROSES  
HIDROGENASI NITROBENZEN FASE UAP KAPASITAS 145000  
TON/TAHUN**



**SKRIPSI**

**Dibuat Untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan Mata Kuliah Skripsi dan  
Seminar Skripsi pada Jurusan S-Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri,  
Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro**

**Disusun Oleh:**

**HANDARU PITO BUWONO**

**NIM. 40040117640043**

**PRODI S.Tr TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA INDUSTRI  
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI  
SEKOLAH VOKASI  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG**

**2024**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**DESAIN PROYEK PABRIK ANILIN DENGAN PROSES HIDROGENASI  
NITROBENZEN FASE UAP KAPASITAS 145000 TON/TAHUN**

**SKRIPSI**

**Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik**

**Disusun Oleh :**

**Handaru Pito Buwono**

**NIM. 40040117640043**

**Diajukan dan Disahkan Sebagai Laporan Tugas Akhir (Skripsi)  
Semarang, 25 Juni 2024**

**Dosen Pembimbing,**



**Ir. R. T. D. Wisnu Broto, S. T., M. T.  
NIP. 195909251987031002**



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN  
RISET DAN TEKNOLOGI  
**UNIVERSITAS DIPONEGORO**  
**SEKOLAH VOKASI**  
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI

Jalan Prof. Sudarto, S.H.  
Tembalang, Semarang Kode Pos 50275  
Tel/Faks (024) 7471379  
www.vokasi.undip.ac.id  
email: vokasi@live.undip.ac.id

### HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI

Judul : Desain Proyek Pabrik Anilin Dengan Proses Hidrogenasi Nitrobenzen Fase Uap Kapasitas 145000 Ton/Tahun  
:  
Nama : Handaru Pito Buwono  
NIM : 40040117640043  
Fakultas/Jurusan : Sekolah Vokasi / S-Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri

Proposal Penelitian Terapan ini telah disahkan dan disetujui pada:

Hari :

Tanggal :

Semarang, 27 Juni 2024

Mengetahui,

Tim Penguji

Penguji I

Penguji II

Dr. Ir. Fahmi Arifan, ST, M. Eng., IPM.  
NIP. 198803152018072001

Heny Kusumayanti, ST, MT.  
NIDN. 0029107202



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET DAN TEKNOLOGI  
**UNIVERSITAS DIPONEGORO**  
**SEKOLAH VOKASI**  
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA INDUSTRI

Jalan Prof. Sudarto :  
Tembalang Semarang Kode  
50275 Tel/Faks (024) 7471  
www.trk.vokasi.undip :  
email trki@live.undip :

### HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Handaru Pito Buwono

NIM : 40040117640043

Judul Tugas Akhir (Skripsi) : DESAIN PROYEK PABRIK ANILIN DENGAN PROSES  
HIDROGENASI NITROBENZEN FASE UAP KAPASITAS  
145.000 TON/TAHUN

Fakultas/Jurusan : Sekolah Vokasi/ S.Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner saya atas nama Mei Syfa Nisrina didampingi Pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Diponegoro sesuai aturan yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Semarang, 25 Juni 2024



Handaru Pito Buwono  
NIM. 40040117640043

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir (skripsi) yang berjudul **“Desain Proyek Pabrik Anilin Dengan Proses Hidrogenasi Nitrobenzen Fase Uap Kapasitas 145.000 Ton/Tahun”**. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan magang ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, maka dengan hati yang tulus ikhlas penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. M. Endy Yulianto, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
2. Ir. R. TD. Wisnu Broto, M.T., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dengan baik hingga laporan tugas akhir (skripsi) ini dapat terselesaikan dengan baik.
3. Dr. Ir. Fahmi Arifan, S.T., M.Eng., IPM. selaku dosen wali yang telah memberikan semangat dan doa kepada penulis.
4. Seluruh Dosen Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Industri Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
5. Orang tua dan keluarga yang tak henti-hentinya selalu mendoakan dan memotivasi untuk senantiasa bersemangat dan tak mengenal kata putus asa.
6. Teman-teman mahasiswa Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Industri angkatan 2017 yang telah memberikan informasi, semangat, dan dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Seluruh pihak yang sudah mendukung, membantu, dan mendoakan dalam penyusunan skripsi yang tidak bisa penyusun sebutkan satu persatu.

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

Semarang, 27 Juni 2024

Penyusun

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR .....	ix
INTISARI .....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik .....	1
1.2. Kapasitas Rancangan.....	2
1.3. Pemilihan Lokasi Pabrik.....	8
BAB II DESKRIPSI PROSES.....	16
2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk .....	16
2.1.1 Spesifikasi Bahan Baku .....	16
2.1.2 Spesifikasi Bahan Penunjang .....	16
2.1.3 Spesifikasi Produk .....	17
2.2. Konsep Proses.....	17
2.2.1 Dasar Reaksi.....	17
2.2.3. Tinjauan Thermodinamika .....	17
2.3. Langkah Proses .....	20
2.3.1. Tahap Penyimpanan Bahan Baku.....	21
2.3.2. Tahap Preparasi Bahan Baku .....	21
2.3.3. Tahap Reaksi.....	22
2.4 Neraca Massa dan Panas.....	20
2.4.1 Diagram Alir Neraca Massa .....	20
2.4.3. Diagram Alir Nerca Panas.....	21
2.5. Tata Letak Pabrik Dan Pemetaan.....	29
2.5.1 Tata Letak Pabrik.....	29
2.5.2 Tata Letak Peralatan Proses .....	33
BAB III SPESIFIKASI ALAT .....	37
3.1. Unit Penyimpanan .....	37
3.2. Unit Pemindah .....	38
3.3. Unit Penukar Panas .....	38
3.4. Unit Reaksi .....	40

3.5. Unit Pemisah.....	41
BAB IV UNIT PENDUKUNG PROSES.....	43
BAB V MANAJEMEN PERUSAHAAN .....	72
BAB VI <i>TROUBLESHOOTING</i> .....	94
BAB VII ANALISA EKONOMI.....	122
7.1. Perkiraan Harga peralatan.....	122
7.2. Penetapan Dasar Perhitungan .....	125
7.3. Perhitungan Biaya Produksi ( <i>Production Cost</i> ).....	125
7.3.1. Penaksiran Modal Industri ( <i>Total Capital Investment</i> ).....	125
7.3.2. <i>Production Cost</i> .....	128
7.4. Analisis Kelayakan.....	131
7.4.1. <i>Percent Profit on Sales</i> (POS).....	131
7.4.2. <i>Percent Return on Investment</i> (ROI) .....	131
7.4.3. <i>Internal Rate of Return</i> (IRR) .....	132
7.4.4. <i>Pay Out Time</i> (POT) .....	132
7.4.5. <i>Break Event Point</i> (BEP) .....	132
7.4.6. <i>Shut Down Point</i> (SDP) .....	133
7.4.7. <i>Discounted Cash Flow</i> (DCF).....	133
7.5. Hasil Perhitungan.....	134
7.5.1. <i>Fixed Capital Investment</i> .....	134
7.5.2. <i>Working Capital</i> .....	135
7.5.3. Harga Pokok Penjualan.....	137
7.5.4. <i>Variable Cost</i> .....	138
7.5.5. <i>Fixed Cost</i> .....	138
DAFTAR PUSTAKA.....	139
LAMPIRAN A PERHITUNGAN NERACA MASSA.....	145
LAMPIRAN B PERHITUNGAN NERACA PANAS .....	167
LAMPIRAN C SPESIFIKASI ALAT.....	224
LAMPIRAN D EVALUASI EKONOMI.....	290

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Konsumsi Anilin di Dunia Sesuai Penggunaannya.....	1
Tabel 1. 2 Kebutuhan Anilin di Indonesia .....	3
Tabel 1. 3 Data Industri Produsen Nitrobenzene Cair di Dunia .....	5
Tabel 1. 4 Data Industri Produsen Gas Hidrogen di Indonesia.....	5
Tabel 1. 5 Data Kapasitas Pabrik Anilin yang Telah Beroperasi.....	6
Tabel 1. 6 Daftar Pabrik Importer Anilin di Indonesia.....	7
Tabel 1. 7 Daftar Pabrik Produsen MDI di Asia .....	8
Tabel 1. 8 Perbandingan Proses pada Pembuatan Anilin .....	14
Tabel 2. 1 Data Entalpi Reaksi Standar pada 298 K .....	18
Tabel 2. 2 Data $\Delta G_f^\ominus$ masing- masing komponen pada suhu 298 K.....	18
Tabel 2. 3 Neraca Massa pada <i>Mixer</i> .....	21
Tabel 2. 4 Neraca Massa pada <i>Mxing Valve</i> 1 (MV-01) .....	21
Tabel 2. 5 Neraca Massa pada <i>Mxing Valve</i> 2 (MV-02) .....	22
Tabel 2. 6 Neraca Massa pada <i>Reaktor</i> (R-01) .....	22
Tabel 2. 7 Neraca Massa pada <i>Knock Out Drum</i> (KO-01).....	23
Tabel 2. 8 Neraca Massa pada <i>Splitter</i> (SP-01) .....	23
Tabel 2. 9 Neraca Masssa pada Kolom Distilasi 1 (D-01) .....	24
Tabel 2. 10 Neraca Masssa pada Kolom Distilasi 2 (D-02) .....	24
Tabel 2. 11 Neraca Masssa Total .....	20
Tabel 2. 12 Neraca Panas pada <i>Mixer</i> (M-01) .....	22
Tabel 2. 13 Neraca Panas pada <i>Vaporizer</i> (V-01).....	22
Tabel 2. 14 Neraca Panas pada Kompresor 1 (C-01)).....	23
Tabel 2. 15 Neraca Panas pada <i>Mixing Valve</i> 1 (MV-01) .....	23
Tabel 2. 16 Neraca Panas pada <i>Heater</i> 1 (HE-01) .....	24
Tabel 2. 17 Neraca Panas pada <i>Heater</i> 2 (HE-02) .....	24
Tabel 2. 18 Neraca Panas pada <i>Mixing Valve</i> 2 (MV-02) .....	25
Tabel 2. 19 Neraca Panas pada Reaktor (R-01) .....	25
Tabel 2. 20 Neraca Panas pada <i>Cooler</i> 3 (CO-03).....	26
Tabel 2. 21 Neraca Panas pada Ekspander (EX-01).....	26
Tabel 2. 22 Neraca Panas pada <i>Condensor</i> 1 (CD-01).....	26
Tabel 2. 23 Neraca Panas pada Kompresor 2 (C-02) .....	27
Tabel 2. 24 Neraca Panas pada Kolom Distilasi 1 (D-01).....	27



Tabel 2. 25 Neraca Panas pada <i>Cooler</i> 1 (CO-01).....	28
Tabel 2. 26 Neraca Panas pada Kolom Distilasi 2 (D-02).....	28
Tabel 2. 27 Neraca Panas pada <i>Cooler</i> 2 (CO-02).....	29
Tabel 4. 1 Syarat Air Pendingin.....	45
Tabel 4. 2 Syarat air umpan boiler.....	47
Tabel 4. 3 Parameter Fisik dalam Standar Baku Mutu untuk Air Sanitasi.....	48
Tabel 4. 4 Parameter Biologi dalam Standar Baku Mutu untuk Air Sanitasi.....	48
Tabel 4. 5 Parameter Kimia dalam Standar Baku Mutu untuk Air Sanitasi.....	48
Tabel 4. 6 Kebutuhan Air Pendingin.....	49
Tabel 4. 7 Kebutuhan Steam.....	50
Tabel 4. 8 Kebutuhan listrik unit proses.....	54
Tabel 4. 9 Kebutuhan listrik unit utilitas.....	54
Tabel 4. 10 Kebutuhan listrik untuk penerangan.....	56
Tabel 4. 11 Luas ruangan yang memerlukan AC.....	58
Tabel 4. 12 Kebutuhan listrik di Pabrik Anilin.....	59
Tabel 4. 13 Data <i>Lower Heating Value</i> .....	61
Tabel 4. 14 Perhitungan <i>Lower Heating Value Natural Gas</i> .....	62
Tabel 4. 15 Parameter limbah cair.....	70
Tabel 5. 1 Kelebihan dan Kekurangan Perseroan Terbatas (PT).....	73
Tabel 5. 2 Rincian Pergantian Jam Kerja ( <i>Shift</i> ).....	82
Tabel 5. 3 Rincian Jumlah Karyawan Proses.....	83
Tabel 5. 4 Rincian Jumlah Karyawan Utilitas.....	84
Tabel 5. 5 Rincian Jumlah Karyawan Pengolahan Limbah & HSE, Laboratorium, dan <i>Maintenance</i> .....	85
Tabel 5. 6 Rincian Jumlah Karyawan.....	85
Tabel 5. 7 Rincian Gaji Berdasarkan Jabatan.....	88
Tabel 6. 1 Analisa Hazard pada Tahap Penyimpanan Bahan Baku.....	95
Tabel 6. 2 Analisa Hazop pada Tahap Transportasi Bahan Baku.....	99
Tabel 6. 3 Analisa Hazop pada Tahap Penukar Panas.....	110
Tabel 6. 4 Analisa Hazop pada Tahap Reaktor.....	114
Tabel 6. 5 Analisa Hazop paa Tahap Pemisah Produk dan Impuritas.....	116
Tabel 7. 1 Indeks CEP Tahun 2001 sampai dengan 2020 (Chemengonline.com, 2021). ....	123
Tabel 7. 2 <i>Fixed Capital Investmen</i> .....	134
Tabel 7. 3 <i>Working Capital</i> .....	135

Tabel 7. 4 <i>Variabel Cost</i> .....	135
Tabel 7. 5 <i>Fixed Cost</i> .....	138

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Data Grafik Kebutuhan Anilin di Indonesia .....	3
Gambar 1. 2 Blok Diagram Proses Hidrogenasi Nitrobenzene Menjadi Anilin .....	11
Gambar 1. 3 Blok Diagram Proses Aminasi Fenol Pada Pembuatan Anilin .....	13
Gambar 2. 1 Flowshit Desain Proyek Pabrik Anilin dengan Proses Hidrogenasi Nitrobenzene Fase Uap dengan Kapasitas 145.000 Ton/Tahun .....	19
Gambar 2. 2 Diagram alir neraca massa .....	20
Gambar 2. 3 Diagram alir neraca panas.....	21
Gambar 2. 4 Tata Letak Pabrik Anilin.....	33
Gambar 2. 5 Tata letak peralatan proses.....	35
Gambar 3. 1 Tangki Penyimpanan Nitrobenzene.....	37
Gambar 3. 2 Pompa Nitrobenzen .....	38
Gambar 3. 3 <i>Heat Exchanger Double Pipe</i> .....	38
Gambar 3. 4 Reaktor <i>Fixed Bed Multitube</i> .....	40
Gambar 3. 5 Menara Distilasi .....	41
Gambar 4. 1 Skema Penyediaan Udara Tekan.....	65
Gambar 5. 1 Struktur Organisasi Pabrik Anilin .....	76
Gambar 7. 1 Index CEP tahun 2013-2020.....	124

## INTISARI

Anilin adalah senyawa organik yang terdiri dari gugus fenil yang terikat pada gugus amino, dimana anilin adalah sejenis amina aromatik. Anilin dibuat dengan cara mereaksikan nitrobenzen dengan hidrogen pada suhu 270 °C dan tekanan 2,7 atm di dalam suatu reaktor fluidized bed pada kondisi isothermal. Perbandingan mol nitrobenzen : mol hidrogen adalah 1 : 10. reaksi yang terjadi bersifat eksotermis. Pabrik Anilin ini dirancang dengan kapasitas 145.000 ton/tahun. Bahan baku yang dibutuhkan adalah nitrobenzen 99,8% berat sebanyak ton/tahun dan hidrogen murni sebanyak ton/tahun. Produk yang dihasilkan berupa anilin dengan kemurnian 99,5% dengan impuritas berupa benzen, air dan nitrobenzen. Lokasi Pabrik direncanakan di Cilegon, Banten dan dibangun diatas tanah dengan luas 12.000 m<sup>2</sup> . pabrik beroperasi selama 24 jam dan 330 hari per tahun. Unit pendukung proses didirikan untuk menunjang proses produksi yang terdiri dari unit penyediaan air, steam, tenaga listrik, penyediaan bahan bakar, serta unit pengolahan limbah. Agar mutu bahan baku dan kualitas produk tetap terkendali, maka keberadaan laboratorium sangat diperlukan. Dalam pabrik Anilin ini terdapat tiga buah laboratorium, yaitu laboratorium fisik, laboratorium analitik, dan laboratorium penelitian dan pengembangan. Bentuk perusahaan adalah PT (Perseroan Terbatas) dengan struktur organisasi line and staff. Sistem kerja karyawan berdasarkan pembagian jam kerja yang terdiri dari karyawan *shift* dan non *shift* . Hasil analisa ekonomi terhadap prarancangan pabrik Anilin diperoleh bahwa total investasi (TCI) sebesar Rp. 447.857.740.308,- dan total biaya produksi (*Production Cost*) Rp. 922.529.070.682,-. Dari analisa kelayakan diperoleh hasil ROI sebelum pajak 72,73 % dan setelah pajak 54,55 %. POT sebelum pajak 1,2 tahun dan setelah pajak 1,5 tahun, BEP 49,33 %, SDP 39,26 % dan DCF sebesar 39,30 %. Dari analisis ekonomi yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa pendirian pabrik Anilin dengan kapasitas 145.000 ton/tahun layak dipertimbangkan untuk direalisasikan pembangunannya.