

**DESAIN PROYEK PABRIK PEMBUATAN *BIPHENYL* DARI BENZENE MELALUI
PROSES DEHIDROGENASI DENGAN KAPASITAS 23.000 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:

NADYA PERMATA KAMILA

NIM. 40040118650026

PRODI S-Tr TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA INDUSTRI

DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI

SEKOLAH VOKASI

UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

2023

HALAMAN PENGESAHAN

ii

HALAMAN PENGESAHAN

DESAIN PROYEK PABRIK PEMBUATAN BIPHENYL DARI BENZENE MELALUI PROSES DEHIDROGENASI DENGAN KAPASITAS 23.000 TON/TAHUN

Skripsi

Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Terapan
Teknik

Disusun Oleh :

NADYA PERMATA KAMILA

NIM. 40040118650026

Disetujui dan Disahkan Sebagai Laporan Tugas Akhir (Skripsi)

Semarang, 15 Januari 2023

Dosen Pembimbing


Ir. Edy Supriyo, M.T.

NIP. 195904281987031003

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

iii

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Nadya Permata Kamila

NIM 40040118650026

Judul Tugas Akhir : Desain Proyek Pabrik Pembuatan Biphenyl Dari Benzene Melalui Proses Dehidrogenasi Dengan Kapasitas 23.000 Ton/Tahun

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

Menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil karya saya Nadya Permata Kamila dan partner saya Azizah Azhar didampingi pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam skripsi ini 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, 10 Januari 2023



Nadya Permata Kamila

NIM. 40040118650026

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir (skripsi) yang berjudul “Desain Proyek Pabrik Pembuatan *Biphenyl* Dari Benzene Melalui Proses Dehidrogenasi Dengan Kapasitas 23.000 Ton/Tahun” yang terselesaikan tepat pada waktunya. 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. Mohamad Endy Yulianto, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
2. Anggun Puspitarini Siswanto, S.T., Ph.D. selaku dosen wali, terima kasih atas bimbingan, dan dorongan motivasinya selama ini hingga terselesaikannya skripsi ini dengan baik.
3. Ir. Edy Supriyo, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dengan baik hingga laporan tugas akhir (skripsi) ini dapat terselesaikan dengan baik.
4. Seluruh Dosen, tenaga kependidikan, dan staff administrasi Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Industri Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
5. Orang tua yang tak henti-hentinya selalu mendoakan dan memotivasi untuk senantiasa bersemangat dan tak mengenal kata putus asa. Terima kasih atas segala dukungannya, baik secara material maupun spiritual hingga terselesaikannya laporan ini.
6. Azizah Azhar, selaku partner skripsi. Terima kasih atas bantuan dan kerja samanya.
7. Muhammad Falih Akbar, terima kasih atas segala dukungan dan bantuan yang diberikan.
8. Zulaikhah F, Aurum Azzahra, Inggrit Pangestu A, Ni Putu Adeyani, Oktaviani Kusuma W, Siti Dianti. Terima kasih atas segala dukungan dan bantuan yang diberikan.
9. Teman-teman mahasiswa Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Industri angkatan 2018 yang telah memberikan informasi, semangat, dan dukungan dalam menyelesaikan proposal ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu kritik dan saran yang membangun bagi kita semua sangatlah diperlukan

Semarang, Januari 2022

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|------------------------------------------------------------------|------|
| HALAMAN PENGESAHAN | ii |
| HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS | iii |
| KATA PENGANTAR | iv |
| DAFTAR ISI..... | v |
| DAFTAR TABEL..... | x |
| DAFTAR GAMBAR | xiii |
| INTISARI | xv |
| BAB I..... | 1 |
| PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Kapasitas Rancangan | 2 |
| 1.2.1 Prediksi Kebutuhan <i>Biphenyl</i> di Indonesia | 2 |
| 1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku | 3 |
| 1.2.3 Kapasitas Komersial (Minimal) Pabrik <i>Biphenyl</i> | 3 |
| 1.3 Pemilihan Lokasi Pabrik | 4 |
| 1.3.1 Letak sumber bahan baku | 5 |
| 1.3.2 Pemasaran Produk..... | 6 |
| 1.3.3 Transportasi..... | 6 |
| 1.3.4 Ketersediaan Lahan..... | 6 |
| 1.3.5 Tenaga Kerja..... | 6 |
| 1.4 Tinjauan Proses | 7 |
| 1.4.1 Macam Proses | 7 |
| 1.4.2 Pemilihan Proses | 7 |
| 1.4.3 Kegunaan Produk..... | 8 |
| BAB II..... | 9 |
| DESKRIPSI PROSES..... | 9 |

| | |
|---------------------------------------------|-----------|
| 2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk..... | 9 |
| 2.1.1 Spesifikasi Bahan Baku | 9 |
| 2.1.2 Spesifikasi Produk | 9 |
| 2.2 Konsep Proses | 11 |
| 2.2.1 Dasar Reaksi | 11 |
| 2.2.2 Mekanisme Reaksi | 11 |
| 2.2.3 Fase Reaksi | 11 |
| 2.2.4 Kondisi Operasi | 12 |
| 2.2.5 Tinjauan Termodinamika..... | 12 |
| 2.2.6 Tinjauan Kinetika..... | 13 |
| 2.3 Langkah Proses | 15 |
| 2.3.1 Tahap Persiapan Bahan Baku | 15 |
| 2.3.2 Tahap Persiapan Bahan Pembantu..... | 15 |
| 2.3.3 Tahapan Proses | 16 |
| 2.4 Diagram Alir (<i>Flowsheet</i>)..... | 17 |
| 2.5 Neraca Massa dan Neraca Panas..... | 17 |
| 2.5.1 Neraca Massa | 17 |
| 2.5.2 Neraca Panas | 22 |
| 2.6 Tata Letak Pabrik dan Pemetaan..... | 26 |
| 2.6.1 <i>Lay Out</i> Pabrik | 26 |
| 2.6.2 <i>Lay Out</i> Peralatan Proses | 27 |
| BAB III | 29 |
| SPESIFIKASI ALAT UTAMA | 29 |
| 3.1 Spesifikasi Alat Proses..... | 29 |
| 3.1.1 Spesifikasi Alat Penyimpanan | 29 |
| 3.1.2 Alat Proses | 31 |
| 3.1.3 Alat Perpindahan Panas | 34 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.1.4 Alat Pemisah | 36 |
| 3.1.5 Alat Penekan Gas | 37 |
| 3.1.6 Pompa Proses | 38 |
| 3.1.7 Alat Pengangkut..... | 43 |
| BAB IV | 44 |
| UNIT PENDUKUNG PROSES | 44 |
| 4.1 Unit Pengadaan dan Pengolahan Air | 45 |
| 4.1.1 Kebutuhan Air..... | 47 |
| 4.2 Unit Pengadaan Listrik | 49 |
| 4.2.1 Listrik untuk Keperluan Proses, Utilitas dan Pengolahan Limbah | 49 |
| 4.2.2 Kebutuhan Listrik untuk Penerangan dan AC | 50 |
| 4.2.3 Kebutuhan Listrik untuk Bengkel, Laboratorium, dan Instrumentasi | 51 |
| 4.2.4 Generator..... | 52 |
| 4.3 Unit Pengadaan Steam | 53 |
| 4.4 Unit Pengadaan Bahan Bakar | 53 |
| 4.5 Unit Pengadaan Udara Tekan | 54 |
| 4.6 Laboratorium..... | 55 |
| 4.6.1 Laboratorium Fisik dan Analitik..... | 56 |
| 4.6.2 Laboratorium Penelitian dan Pengembangan | 58 |
| 4.6.3 Analisa Air | 58 |
| 4.7 Unit Pengolahan Limbah | 58 |
| BAB V | 60 |
| MANAJEMEN PERUSAHAAN..... | 60 |
| 5.1. Bentuk Perusahaan..... | 60 |
| 5.1.1. Usaha Persekutuan | 60 |
| 5.2 Struktur Organisasi | 61 |
| 5.3 Tugas dan Wewenang..... | 64 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.3.1 Pemegang Saham..... | 64 |
| 5.3.2 Dewan Komisaris..... | 64 |
| 5.3.4 Direksi..... | 64 |
| 5.3.5 Kepala Departemen..... | 65 |
| 5.4 Pembagian Jam Kerja | 66 |
| 5.5.1 Penggolongan Jabatan..... | 68 |
| 5.5.2 Sistem dan Pengolahan Gaji | 69 |
| 5.6 Kesejahteraan Karyawan Sosial Karyawan | 70 |
| 5.6 <i>Corporate Social Responsibility</i> | 71 |
| BAB VI..... | 73 |
| <i>TROUBLESHOOTING</i> | 73 |
| 6.1 Unit Penyimpanan..... | 73 |
| 6.2 Unit Proses | 74 |
| BAB VII..... | 78 |
| ANALISA EKONOMI | 78 |
| 7.1 Perkiraan Harga Peralatan..... | 78 |
| 7.2 Penetapan Dasar Perhitungan | 81 |
| 7.3 Perhitungan Biaya Produksi (<i>Production Cost</i>)..... | 81 |
| 7.3.1 Penaksiran Modal Industri (<i>Total Capital Investment</i>)..... | 81 |
| 7.3.2 <i>Production Cost</i> | 84 |
| 7.4 Analisis Kelayakan | 86 |
| 7.4.1 <i>Percent Profit on Sales (POS)</i> | 87 |
| 7.4.2 <i>Percent Return on Investment (ROI)</i> | 87 |
| 7.4.3 <i>Internal Rate of Return (IRR)</i> | 87 |
| 7.4.4 <i>Pay Out Time (POT)</i> | 87 |
| 7.4.5 <i>Break Event Point (BEP)</i> | 87 |
| 7.4.6 <i>Shut Down Point (SDP)</i> | 88 |

| | |
|---------------------------------------------|-----|
| 7.5 Hasil Perhitungan..... | 88 |
| 7.5.1 <i>Fixed Capital Investment</i> | 88 |
| 7.5.2 <i>Working Capital</i> | 89 |
| 7.5.3 Harga Pokok Penjualan..... | 89 |
| 7.5.4 <i>Variable Cost</i> | 90 |
| 7.5.5 <i>Fixed Cost</i> | 90 |
| 7.5.6 Analisa Kelayakan | 91 |
| DAFTAR PUSTAKA | 93 |
| LAMPIRAN A..... | 95 |
| PERHITUNGAN NERACA MASSA | 95 |
| LAMPIRAN B | 105 |
| PERHITUNGAN NERACA PANAS..... | 105 |
| LAMPIRAN C | 116 |
| SPEKIFIKASI ALAT..... | 116 |
| LAMPIRAN D..... | 172 |
| ANALISA EKONOMI | 172 |

DAFTAR TABEL

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 1.1 Data Impor <i>Biphenyl</i> (BPS, 2021) | 1 |
| Tabel 1.2 Data Proyeksi Kebutuhan <i>Biphenyl</i> di Indonesia | 3 |
| Tabel 1.3 Produsen <i>Biphenyl</i> di Dunia (EPA,1977)..... | 4 |
| Tabel 1.4 Hasil Analisis Pemilihan Lokasi..... | 5 |
| Tabel 1.5 Produsen Paraxylene dan Naftalena di Indonesia..... | 6 |
| Tabel 1.6 Jenis-Jenis Proses Pembuatan <i>Biphenyl</i> | 7 |
| Tabel 2.1 Harga (ΔH°_f) dan (ΔG°_f) Masing – Masing Komponen (Yaws, 1999)..... | 12 |
| Tabel 2.2 Neraca Massa <i>Heat Exchanger</i> (HE-01) | 17 |
| Tabel 2.3 Neraca Massa <i>Evaporator</i> (EV-01) | 17 |
| Tabel 2.4 Neraca Massa Reaktor (R-01)..... | 18 |
| Tabel 2.5 Neraca Massa Kondensor Parsial (CP-01)..... | 18 |
| Tabel 2.6 Neraca Massa <i>Scrubber</i> (SC-01) | 18 |
| Tabel 2.7 Neraca Massa Menara Distilasi (MD-01) | 19 |
| Tabel 2.8 Neraca Massa Kondensor (CD-02)..... | 19 |
| Tabel 2.9 Neraca Massa Akumulator (AC-01) | 19 |
| Tabel 2.10 Neraca Massa Tangki (T-02)..... | 19 |
| Tabel 2.11 Neraca Massa <i>Prilling Tower</i> (PT)..... | 19 |
| Tabel 2.12 Neraca Massa <i>Overall</i> | 20 |
| Tabel 2.13 Neraca Panas <i>Heat Exchanger</i> (HE-01) | 22 |
| Tabel 2.14 Neraca Panas <i>Evaporator</i> (EV-01) | 22 |
| Tabel 2.15 Neraca Panas Reaktor (R-01) | 22 |
| Tabel 2.16 Neraca Panas Kondensor Parsial (CP-01) | 22 |
| Tabel 2.17 Neraca Panas <i>Scrubber</i> (SC-01) | 23 |
| Tabel 2.18 Neraca Panas Menara Distilasi (MD-01)..... | 23 |
| Tabel 2.19 Neraca Panas Kondensor (CD-02)..... | 23 |
| Tabel 2.20 Neraca Panas <i>Prilling Tower</i> (PT)..... | 24 |
| Tabel 2.21 Neraca Panas <i>Overall</i> | 24 |
| Tabel 4.1 Spesifikasi Air Demin..... | 45 |
| Tabel 4.2 Kebutuhan Air Pendingin | 47 |
| Tabel 4.3 Kebutuhan Air Umpan Boiler..... | 48 |
| Tabel 4.4 Kebutuhan Listrik Untuk Proses..... | 49 |
| Tabel 4.5 Kebutuhan Listrik Untuk Utilitas | 50 |
| Tabel 4.6 Kebutuhan Listrik Untuk Penerangan..... | 50 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 4.7 Spesifikasi Generator | 52 |
| Tabel 4.8 Spesifikasi Bahan Bakar | 52 |
| Tabel 5.1 Pembagian Shift Karyawan..... | 67 |
| Tabel 5.2 Jadwal Hari Kerja Karyawan <i>Shift</i> setiap Group | 67 |
| Tabel 5.3 Jabatan | 68 |
| Tabel 5.4 Perincian Jabatan, Jumlah karyawan dan Gaji..... | 69 |
| Tabel 6.1 Troubleshooting Unit Penyimpanan..... | 73 |
| Tabel 6.2 Troubleshooting Unit Proses | 74 |
| Tabel 7.1 Indeks CEP Tahun 2001 sampai dengan 2023 (Chemengonline.com, 2021)..... | 79 |
| Tabel 7.2 <i>Fixed Capital Investement</i> | 88 |
| Tabel 7.3 <i>Working Capital</i> | 89 |
| Tabel 7.4 <i>Variable Cost</i> | 90 |
| Tabel 7.5 <i>Fixed Cost</i> | 90 |
| Tabel 7.6 <i>Cash Flow</i> | 91 |
| Tabel A.1 Komponen, berat molekul, dan titik didih..... | 95 |
| Tabel A.2 Neraca Massa <i>Heat Exchanger</i> (HE-01)..... | 96 |
| Tabel A. 3 Neraca Massa <i>Evaporator</i> (EV-01) | 97 |
| Tabel A.4 Neraca Massa Reaktor (R-01)..... | 97 |
| Tabel A.5 Neraca Massa Kondensor Parsial (CP-01)..... | 98 |
| Tabel A.6 Neraca Massa <i>Scrubber</i> (SC-01) | 99 |
| Tabel A.7 Neraca Massa Menara Distilasi (MD-01) | 101 |
| Tabel A.8 Neraca Massa Kondensor (CD-02)..... | 101 |
| Tabel A.9 Neraca Massa Akumulator (AC-01) | 102 |
| Tabel A.10 Neraca Massa Tangki (T-02) | 103 |
| Tabel A.11 Neraca Massa <i>Prilling Tower</i> (PT) | 104 |
| Tabel B.1 Koefisien Panas (Yaws, 1999)..... | 105 |
| Tabel B.2 Koefisien Panas (Yaws, 1999) | 106 |
| Tabel B.3 Neraca Panas <i>Heat Exchanger</i> (HE-01)..... | 107 |
| Tabel B.4 Neraca Panas <i>Evaporator</i> (EV-01) | 108 |
| Tabel B.5 Neraca Massa Reaktor (R-01)..... | 109 |
| Tabel B.6 Neraca Panas Kondensor Parsial (CP-01)..... | 111 |
| Tabel B.7 Neraca Panas <i>Scrubber</i> (SC-01)..... | 112 |
| Tabel B.8 Neraca Panas Menara Distilasi (MD-01) | 113 |
| Tabel B.9 Neraca Panas Kondensor (CD-02) | 114 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel B.10 Neraca Panas <i>Prilling Tower</i> (PT) | 115 |
| Tabel D.1 <i>Index Chemical Engineering Plant</i> (Chemical Engineering Magazine)..... | 172 |
| Tabel D.2 Perhitungan Indeks..... | 173 |
| Tabel D.3 Harga Alat..... | 175 |
| Tabel D.4 <i>Capital Investment</i> | 177 |
| Tabel D.5 <i>Working Capital</i> | 179 |
| Tabel D.6 <i>Variable Cost</i> | 180 |
| Tabel D.7 <i>Fixed Cost</i> | 180 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 1.1 Kebutuhan <i>Biphenyl</i> | 2 |
| Gambar 1.2 Data Proyeksi Kebutuhan <i>Biphenyl</i> di Indonesia..... | 3 |
| Gambar 1.3 Reaksi Dehidrogenasi Benzene..... | 7 |
| Gambar 1.4 Reaksi Dimerisasi Benzene..... | 7 |
| Gambar 2.1 Diagram Alir Neraca Massa <i>Overall</i> | 21 |
| Gambar 2.2 Diagram Alir Neraca Panas <i>Overall</i> | 25 |
| Gambar 2.3 <i>Layout</i> Pabrik..... | 27 |
| Gambar 2.4 <i>Layout</i> Peralatan Proses..... | 28 |
| Gambar 3.1 Tangki Penyimpanan Benzene..... | 29 |
| Gambar 3.2 Tangki Penjenuhan <i>Biphenyl</i> | 29 |
| Gambar 3.3 Silo..... | 30 |
| Gambar 3.4 Akumulator..... | 31 |
| Gambar 3.5 Reaktor Alir Pipa..... | 31 |
| Gambar 3.6 <i>Packed Column Scrubber</i> | 32 |
| Gambar 3.7 Menara Distilasi..... | 33 |
| Gambar 3.8 <i>Heat Exchanger</i> | 34 |
| Gambar 3.9 Kondensor Parsial..... | 35 |
| Gambar 3.10 Kondensor..... | 35 |
| Gambar 3.11 <i>Evaporator</i> | 36 |
| Gambar 3.12 <i>Prilling Tower</i> | 37 |
| Gambar 3.13 <i>Blower</i> (B-01)..... | 37 |
| Gambar 3.14 <i>Blower</i> (B-02)..... | 38 |
| Gambar 3.15 Pompa Benzene..... | 38 |
| Gambar 3.16 Pompa 02..... | 39 |
| Gambar 3.17 Pompa-03..... | 39 |
| Gambar 3.18 Pompa-04..... | 40 |
| Gambar 3.19 Pompa-05..... | 41 |
| Gambar 3.20 Pompa-06..... | 41 |
| Gambar 3.21 Pompa-07..... | 42 |
| Gambar 3.22 <i>Belt Conveyor</i> | 43 |
| Gambar 3.23 <i>Bucket Elevator</i> | 43 |
| Gambar 4.1 Diagram Blok <i>Demineralized Water Plant</i> | 46 |
| Gambar 4.2 Diagram Blok <i>Cooling Water System</i> | 47 |

| | |
|----------------------------------------------------|-----|
| Gambar 7. 1 Index CEP tahun 2001-2023 | 80 |
| Gambar C.1 Tangki Bahan Baku..... | 116 |
| Gambar C.2 Tangki Penjenuhan <i>Biphenyl</i> | 117 |
| Gambar C.3 Silo..... | 119 |
| Gambar C.4 Akumulator..... | 121 |
| Gambar C.5 Reaktor Alir Pipa..... | 124 |
| Gambar C.6 Menara Distilasi | 136 |
| Gambar C.7 Pompa..... | 160 |
| Gambar C.8 <i>Bucket Elevator</i> | 170 |

INTISARI

Kebutuhan *biphenyl* di Indonesia belum terpenuhi oleh produsen lokal, sehingga harus melakukan impor dari luar negeri. Pabrik *biphenyl* didirikan diharapkan dapat memenuhi kebutuhan *biphenyl* didalam negeri. Pabrik *biphenyl* ini direncanakan didirikan pada tahun 2023 dengan kapasitas 23.000 ton/tahun dengan menggunakan proses dehidrogenasi benzene. Bahan baku utama dari pabrik ini adalah benzene, dan akan didirikan di Kawasan Industri Tuban, Jawa Timur. Bentuk perusahaan yang direncanakan adalah Perseroan Terbatas (PT), Tbk. Proses pembuatan *biphenyl* berlangsung didalam reaktor alir pipa pada fase gas. Reaksi didalam reaktor bersifat endotermis, dan berlangsung pada suhu 376°C dan tekanan 2 atm. Katalis yang digunakan adalah Zn dengan konversi reaksi sebesar 67,67%. Kebutuhan energi pada pabrik ini diperoleh dari bahan bakar solar. Sedangkan kebutuhan listrik untuk operasional pabrik dipenuhi dari PLN dan generator sebagai cadangan. Pabrik ini juga dilengkapi dengan unit laboratorium. Pada prarancangan pabrik *biphenyl* ini dapat dilihat analisa kelayakannya berdasarkan nilai B/C sebesar 1,105; IRR sebesar 38%; POT sebesar 2 tahun 7 bulan; SDP sebesar 29%; dan ROI sebesar 56% serta BEP 49%.