

**DESAIN PROYEK PABRIK *PARAXYLENE* MENGGUNAKAN METODE  
*SELEKTIVITAS DISPROPORSIONASI TOLUENE* DENGAN KATALIS  
ZSM-5 KAPASITAS 320.000 TON/TAHUN**



**SKRIPSI**

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

**Disusun Oleh:**

**OKTAVIANI KUSUMA WARDANI**

**NIM. 40040118650038**

**PRODI S-TR TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA INDUSTRI  
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI  
SEKOLAH VOKASI  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG**

**2022**

**DESAIN PROYEK PABRIK *PARAXYLENE* MENGGUNAKAN METODE  
*SELEKTIVITAS DISPROPORSIONASI TOLUENE* DENGAN KATALIS  
ZSM-5 KAPASITAS 320.000 TON/TAHUN**



**SKRIPSI**

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

**Disusun Oleh:**

**OKTAVIANI KUSUMA WARDANI**

**NIM. 40040118650038**

**PRODI S-TR TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA INDUSTRI  
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI  
SEKOLAH VOKASI  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG**

**2022**

## HALAMAN PENGESAHAN

DESAIN PROYEK PABRIK *PARAXYLENE* MENGGUNAKAN METODE  
*SELEKTIVITAS DISPROPORSIONASI TOLUENE* DENGAN KATALIS  
ZSM-5 KAPASITAS 320.000 TON/TAHUN

### SKRIPSI

Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana  
Terapan Teknik


Disusun Oleh:

OKTAVIANI KUSUMA WARDANI                      NIM.40040118650038  
INGGRIT PANGESTU AYUNINGTYAS              NIM.40040118650030

Disetujui dan Disahkan Sebagai Laporan Tugas Akhir (Skripsi)

Semarang, 25 Agustus 2022

Dosen Pembimbing,

  
Anggun Puspitarini Siswanto, ST, Ph.D  
NIP. H.7.198803152018072001

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Oktaviani Kusuma Wardani  
NIM : 40040118650038  
Judul Skripsi : Desain Proyek Pabrik *Paraxylene*  
Menggunakan Metode *Selektivitas*  
*Disproporsionasi Toluene* Dengan Katalis  
ZSM-5 Kapasitas 320.000 Ton/Tahun  
Fakultas/Jurusan : Sekolah Vokasi/ S.Tr Teknologi Rekayasa  
Kimia Industri

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama Inggrit Pangestu Ayuningtyas didampingi Pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka kami bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Diponegoro sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini kami buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Semarang, Agustus 2022



**Oktaviani Kusuma Wardani**

NIM. 40040118650038

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

v

### HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Ingrid Pangestu Ayuningtyas  
NIM : 40040118650030  
Judul Skripsi : Desain Proyek Pabrik *Paraxylene*  
Menggunakan Metode *Selektivitas*  
*Disproporsionasi Toluene* Dengan Katalis  
ZSM-5 Kapasitas 320.000 Ton/Tahun  
Fakultas/Jurusan : Sekolah Vokasi/ S.Tr Teknologi Rekayasa  
Kimia Industri

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama Oktaviani Kusuma Wardani didampingi Pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka kami bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Diponegoro sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini kami buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Semarang, Agustus 2022



**Ingrid Pangestu Ayuningtyas**

NIM. 40040118650030

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT karena atas rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan Laporan Skripsi Perancangan Pabrik dengan judul “Desain Proyek Pabrik *Paraxylene* Menggunakan Metode *Selektivitas Disproporsionasi Toluene* Dengan Katalis ZSM-5 Kapasitas 320.000 Ton/Tahun” ini disusun untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan salah satu mata kuliah wajib di Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Industri Universitas Diponegoro.

Pada kesempatan kali ini kami sampaikan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan dukungan dalam penyusunan skripsi yang kami susun, yaitu kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Budiyo, M. Si. selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro yang telah memberikan kesempatan untuk menimba ilmu di Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Industri.
2. Mohamad Endy Yulianto, ST., MT selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Industri Universitas Diponegoro yang telah memberikan dukungan dan membantu berkas administrasi untuk siding akhir.
3. Anggun Puspitarini Siswanto, ST, Ph. D, selaku Dosen Wali Kelas sekaligus Dosen Pembimbing Skripsi Program Studi Sarjana Terapan Teknik Rekayasa Kimia Industri yang senantiasa memberikan nasihat, arahan, bimbingan dalam penyusunan skripsi desain proyek pabrik *Paraxylene*.
4. Kedua Orang Tua, dan keluarga yang telah memberi dukungan dan motivasi penuh dalam menyelesaikan laporan skripsi ini.
5. Rekan-rekan satu angkatan sekaligus partner magang dan skripsi yang selalu memotivasi dan telah banyak membantu selama penyusunan skripsi ini.

Dalam penulisan laporan ini, penulis menyadari sepenuhnya bahwa laporan skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan akibat keterbatasan dalam pengetahuan dan informasi yang penulis miliki.

Oleh karena itu penulis membuka diri untuk segala kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kesempurnaan laporan di masa yang akan datang. Dan akhirnya penulis berharap semoga Laporan Skripsi ini bermanfaat khususnya bagi diri sendiri dan para pembaca pada umumnya.

Semarang,                      Agustus 2022

Penulis





|  |           |
|--|-----------|
| 2.1.3 Spesifikasi Produk .....                   | 27        |
| 2.2 Konsep Proses .....                          | 29        |
| 2.2.1 Dasar Reaksi .....                         | 29        |
| 2.2.2 Mekanisme Katalis .....                    | 30        |
| 2.2.3 Mekanisme Reaksi.....                      | 31        |
| 2.2.4 Penggunaan katalis .....                   | 32        |
| 2.2.5 Kondisi Operasi dan Reaktor.....           | 34        |
| 2.2.6 Tinjauan Kinetika Dan Thermodinamika ..... | 35        |
| 2.3 Langkah Proses .....                         | 37        |
| 2.3.1 Tahap penyimpanan bahan baku .....         | 37        |
| 2.3.2 Tahap penyiapan bahan baku .....           | 37        |
| a. Pemanasan dan perubahan fasa toluene.....     | 37        |
| b.Pemanasan gas hidrogen .....                   | 38        |
| 2.3.3 Tahap reaksi.....                          | 38        |
| 2.3.4 Tahap pemisahan dan pemurnian produk.....  | 39        |
| 2.3.5 Tahap penyimpanan produk .....             | 40        |
| 2.4 Diagram Alir .....                           | 40        |
| 2.5 Neraca Massa dan Neraca Panas .....          | 41        |
| 2.5.1 Neraca Massa.....                          | 41        |
| 2.5.2 Neraca Panas.....                          | 48        |
| 2.6 Tata Letak Pabrik dan Pemetaan .....         | 55        |
| 2.6.1 Lay Out Pabrik .....                       | 55        |
| 2.6.2 Lay Out Peralatan.....                     | 59        |
| <b>BAB III. SPESIFIKASI ALAT.....</b>            | <b>64</b> |
| 3.1 Unit penyimpanan.....                        | 64        |
| 3.1.1 Tanki Penyimpanan Produk Paraxylene .....  | 64        |
| 3.2 Unit Pemindah.....                           | 65        |
| 3.2.1 Pompa .....                                | 65        |
| 3.2.2 Kompresor .....                            | 66        |
| 3.3 Unit Reaktor Kimia .....                     | 67        |
| 3.4 Unit Penukar Panas .....                     | 68        |

|  |            |
|--|------------|
| 3.5 Unit Pemisah .....                                   | 69         |
| 3.5.1 Kolom Distilasi.....                               | 69         |
| 3.5.2 Kristalizer .....                                  | 70         |
| <b>BAB IV. UNIT PENDUKUNG PROSES .....</b>               | <b>71</b>  |
| <b>BAB V. MANAJEMEN PERUSAHAAN.....</b>                  | <b>115</b> |
| 5.1 Bentuk Perusahaan .....                              | 115        |
| 5.2 Struktur Organisasi.....                             | 117        |
| 5.3 Tugas dan Wewenang .....                             | 119        |
| 5.3.1 Pemegang Saham.....                                | 119        |
| 5.3.2 Dewan Komisaris .....                              | 120        |
| 5.3.3 Dewan Direksi .....                                | 120        |
| 5.3.4 Staf Ahli.....                                     | 122        |
| 5.3.5 Kepala Bagian.....                                 | 122        |
| 5.3.6 Penelitian dan Pengembangan .....                  | 126        |
| 5.3.7 Kepala Seksi .....                                 | 126        |
| 5.3.8 Kepala Regu .....                                  | 126        |
| 5.4 Kebutuhan Karyawan dan Sistem Pengupahan.....        | 126        |
| 5.4.1 Pembagian Jam Kerja Karyawan.....                  | 126        |
| 5.4.2 Status Karyawan dan Sistem Upah.....               | 129        |
| 5.5 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji ..... | 130        |
| 5.5.1 Penggolongan Jabatan .....                         | 130        |
| 5.5.2 Jumlah Karyawan dan Gaji.....                      | 132        |
| 5.6 Kesejahteraan Sosial Karyawan .....                  | 137        |
| 5.6.1 Tunjangan .....                                    | 137        |
| 5.6.2 Pakaian Kerja.....                                 | 138        |
| 5.6.3 Cuti .....   | 138        |
| 5.6.4 Pengobatan .....                                   | 138        |
| 5.6.5 Asuransi Tenaga Kerja .....                        | 138        |
| 5.6.6 Fasilitas Kesehatan .....                          | 138        |
| 5.6.7 Fasilitas Pendidikan .....                         | 139        |
| 5.6.8 Fasilitas Asuransi (ASTEK).....                    | 139        |

|   |     |
|---|-----|
| 5.6.9 Fasilitas Transportasi .....                                    | 139 |
| 5.6.10 Fasilitas Perumahan .....                                      | 139 |
| 5.6.11 Fasilitas Koperasi.....  | 139 |
| 5.6.12 Fasilitas Kantin .....   | 139 |
| 5.6.13 Fasilitas Peribadatan .....                                    | 140 |
| 5.6.14 Fasilitas Tunjangan Lain .....                                 | 140 |
| 5.6.15 Peralatan <i>Safety</i> .....                                  | 140 |
| 5.7 Corporate Social Responsibility (CSR) .....                       | 140 |
| BAB VI. <i>TROUBLESHOOTING</i> .....                                  | 143 |
| 6.2 Analisa Hazop pada Tahap Unit Pemisah .....                       | 145 |
| 6.2 Analisa Hazop pada Tahap Unit Pemindahan.....                     | 145 |
| 6.3 Analisa Hazop pada Tahap Unit Perekasi .....                      | 145 |
| BAB VII. ANALISA EKONOMI.....   | 169 |
| 7.1 Perkiraan Harga Alat.....   | 169 |
| 7.2 Dasar Perhitungan .....   | 172 |
| 7.2.1 Kapasitas produksi .....  | 172 |
| 7.2.2 Kebutuhan bahan baku dan Produksi Produk .....                  | 173 |
| 7.2.3 Harga bahan baku dan produk.....                                | 173 |
| 7.3 Perhitungan Biaya .....   | 174 |
| 7.3.1 <i>Capital Investment</i> .....                                 | 174 |
| 7.3.2 <i>Manufacturing Cost</i> .....                                 | 176 |
| 7.3.3 <i>General Expense</i> .....                                    | 178 |
| 7.4 Teori Analisa Kelayakan.....                                      | 178 |
| 7.5 Hasil Perhitungan .....   | 180 |
| 7.5.1 Total Modal Investasi ( <i>Total Capital Investment</i> ) ..... | 180 |
| 1. <i>Fixed Capital Investment (FCI)</i> .....                        | 181 |
| 7.5.2 Total Biaya Produksi ( <i>Total Production Cost</i> ) .....     | 184 |
| 1. <i>Manufacturing Cost</i> .....                                    | 184 |
| a. <i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i> .....                       | 184 |
| b. <i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i> .....                     | 186 |
| c. <i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i> .....                        | 187 |

|   |      |
|---|------|
| d. Total <i>Manufacturing Cost</i> (TMC)..... | 190  |
| 2. <i>General Expense</i> .....               | 190  |
| 7.6 Analisa Kelayakan.....                    | 192  |
| BAB VIII. PENUTUP.....                        | 200  |
| 8.1 Kesimpulan.....                           | 200  |
| 8.2 Saran.....                                | 201  |
| DAFTAR PUSTAKA .....                          | ccii |
| LAMPIRAN.....                                 | ccv  |

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 1.1 Data Pabrik yang memproduksi PTA di Indonesia.....                       | 02 |
| Tabel 1.2 Kapasitas Pabrik Produsen <i>Paraxylene</i> di Indonesia.....            | 73 |
| Tabel 1.3 Kapasitas Pabrik Produsen <i>Paraxylene</i> di Luar Negeri.....          | 73 |
| Tabel 1.4 Produsen Toluena di Indonesia.....                                       | 73 |
| Tabel 1.5 Produsen Toluena di Luar Negeri.....                                     | 73 |
| Tabel 1.6 Data Konsumsi <i>Paraxylene</i> di Indonesia selama tahun 2011-2020..... | 73 |
| Tabel 1.7 Kebutuhan <i>Paraxylene</i> 2021-2027.....                               | 73 |
| Tabel 1.8 Konsumen Produk <i>Paraxylene</i> .....                                  | 10 |
| Tabel 1.9 Macam Proses Pembuatan <i>Paraxylene</i> .....                           | 13 |
| Tabel 1.10 Kelebihan dan Kekurangan Proses Pembuatan <i>Paraxylene</i> .....       | 17 |
| Tabel 1.11 Perbandingan Proses Pembuatan <i>Paraxylene</i> .....                   | 19 |
| Tabel 1.12 Pemilihan Proses Pembuatan <i>Paraxylene</i> .....                      | 20 |
| Tabel 1.13 Penggunaan <i>Paraxylene</i> di dunia Industri.....                     | 21 |
| Tabel 2.1 Neraca Massa Mixer (M-01).....   | 41 |
| Tabel 2.2 Neraca Massa Mixer (M-02).....   | 42 |
| Tabel 2.3 Neraca Massa Reaktor (R-01).....   | 42 |
| Tabel 2.4 Neraca Massa Separator (S-01).....                                       | 42 |
| Tabel 2.5 Neraca Massa Purgung.....  | 43 |
| Tabel 2.6 Neraca Massa Distilasi 01 (D-01).....                                    | 43 |
| Tabel 2.7 Neraca Massa Distilasi 02 (D-02).....                                    | 43 |
| Tabel 2.8 Neraca Massa Crystalizer (CR-01).....                                    | 44 |
| Tabel 2.9 Neraca Massa Centrifuge (CF-01).....                                     | 44 |
| Tabel 2.10 Neraca Massa Overall All.....   | 44 |
| Tabel 2.11 Neraca Panas Mixer 01 (D-01).....                                       | 50 |
| Tabel 2.12 Neraca Panas Vaporizer (V-01).....                                      | 50 |
| Tabel 2.13 Neraca Panas Kompresor (C-01).....                                      | 50 |
| Tabel 2.14 Neraca Panas Mixer 02 (M-02).....                                       | 50 |
| Tabel 2.15 Neraca Panas Furnace (F-01).....  | 51 |
| Tabel 2.16 Neraca Panas Reaktor (R-01).....  | 51 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabel 2.17 Neraca Panas Ekspender (D-01) .....                                       | 51  |
| Tabel 2.18 Neraca Panas Kondensor (V-01).....  | 51  |
| Tabel 2.19 Neraca Panas Separator.....   | 52  |
| Tabel 2.20 Neraca Panas Distilasi 01 (D-01).....                                     | 52  |
| Tabel 2.21 Neraca Panas Distilasi 2 (D-02).....                                      | 52  |
| Tabel 2.22 Neraca Panas Heat Exchanger 1 (HE-01).....                                | 52  |
| Tabel 2.23 Neraca Panas Heat Exchanger 2(HE-02).....                                 | 52  |
| Tabel 2.24 Neraca Panas Crystalizer (CR-01).....                                     | 52  |
| Tabel 2.25 Neraca Panas Centrifuge 01 (CF-01).....                                   | 53  |
| Tabel 2.26 Neraca Panas Melter (M-01).....   | 53  |
| Tabel 4.1 Baku Mutu Air Pendingin (Cooling Water).....                               | 73  |
| Tabel 4.2 Syarat Umpan Boiler.....   | 75  |
| Tabel 4.3 Baku Mutu Air Umpan Boiler .....   | 75  |
| Tabel 4.4 Kontrol parameter pada air desalinasi.....                                 | 81  |
| Tabel. 4.5 Karakteristik Air Demineralisasi .....                                    | 83  |
| Tabel 4.6 Kebutuhan Air Pendingin .....  | 84  |
| Tabel 4.7 Kebutuhan Steam Umpan Boiler .....   | 86  |
| Tabel 4.8 Kebutuhan <i>steam</i> .....   | 88  |
| Tabel 4.9 Kebutuhan Listrik untuk Proses.....  | 96  |
| Tabel. 4.10 Kebutuhan Listrik untuk Pengolahan air .....                             | 97  |
| Tabel. 4.11 Konsumsi listrik penerangan.....   | 98  |
| Tabel. 4.12 Konsumsi listrik AC .....  | 99  |
| Tabel 4.13 Parameter Uji dan Alat yang Digunakan .....                               | 108 |
| Tabel 4.14 Sistem Instrumentasi Pabrik <i>Paraxylene</i> .....                       | 113 |
| Tabel 5.1 Perhitungan Shift Karyawan .....   | 128 |
| Tabel 5.3 Jabatan dan Pendidikan.....  | 130 |
| Tabel 5.4 Rincian Jumlah Karyawan Proses.....  | 133 |
| Tabel 5.5 Rincian Jumlah Karyawan Utilitas .....                                     | 133 |
| Tabel 5.6 Rincian Jumlah Karyawan HSE, Lingkungan, Lab Analisa dan Maintenance ..... | 134 |
| Tabel 5.7 Rincian Jumlah Karyawan .....  | 135 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabel 5.8 Rincian Gaji berdasarkan Jabatan .....  | 136 |
| Tabel 6.1 Tangki Penyimpanan.....   | 147 |
| Tabel 6.2 Kompresor.....  | 151 |
| Tabel 6.3 <i>Heat exchanger</i> .....   | 154 |
| Tabel 6.4 Reaktor .....   | 157 |
| Tabel 6.5 Menara Distilasi .....  | 166 |
| Tabel 7.1 Indeks CEP dari tahun 2000 hingga 2019.....   | 170 |
| Tabel 7.2 Indeks Perkiraan CEPCI Tahun 2024 .....   | 171 |
| Tabel 7.3 Kapasitas Produksi Sebagai Dasar Perhitungan Analisa Ekonomi.....                       | 172 |
| Tabel 7.4 Kebutuhan Bahan Baku dan Produksi Produk Sebagai Dasar Perhitungan Analisa Ekonomi..... | 173 |
| Tabel 7.5 Harga Bahan Baku dan Produk Sebagai Dasar Perhitungan Analisa Ekonomi .....             | 173 |
| Tabel 7.6 <i>Purchased Equipment Cost</i> .....   | 181 |
| Tabel 7.7 Physical Plant Cost .....   | 181 |
| Tabel 7.8 Fixed Capital Investment .....  | 182 |
| Tabel 7.9 Working Capital Investment .....  | 183 |
| Tabel 7.10 Total Capital Investment.....  | 184 |
| Tabel 7.11 Raw Material.....  | 184 |
| Tabel 7.12 <i>Labour</i> (Tenaga Kerja) .....   | 184 |
| Tabel 7.13 <i>Supervisi</i> .....   | 185 |
| Tabel 7.14 Biaya Produk.....  | 185 |
| Tabel 7.15 <i>Direct Manufacturing Cost</i> .....   | 186 |
| Tabel 7.12 <i>Indirect Manufacturing Cost</i> .....   | 187 |
| Tabel 7.13 Estimasi Rata-Rata Umur Alat.....  | 187 |
| Tabel 7.14 Rata-Rata Life by Plant.....   | 188 |
| Tabel 7.15 <i>Fixed Manufacturing Cost</i> .....  | 189 |
| Tabel 7.16 <i>Total Manufacturing Cost</i> .....  | 190 |
| Tabel 7.17 <i>Management Salaries</i> .....   | 190 |
| Tabel 7.18 Biaya Administrasi.....  | 191 |
| Tabel 7.19 <i>General Expanse</i> .....   | 192 |

|   |         |
|---|---------|
| Tabel 7.20 Biaya Produksi .....   | 192     |
| Tabel 7.21 Maksimum Layaknya POT .....                                  | 194     |
| Tabel 7.22 Maksimum Layaknya ROI.....                                   | 196     |
| Tabel 7.23 <i>Fixed Manufacturing Cost (Fa)</i> .....                   | 196     |
| Tabel 7.24 <i>Regulated Cost (Ra)</i> .....                             | 196     |
| Tabel 7.25 <i>Sales (Sa)</i> .....                                      | 197     |
| Tabel 7.26 <i>Variabel Cost (Va)</i> .....                              | 197     |
| Tabel 7.27 Resume Analisa Kelayakan .....                               | 198     |
| Tabel L.A 1. Berat molekul masing-masing komponen .....                 | ccvi    |
| Tabel L.A.2 Neraca Massa Reaktor (R-01) sebelum di Scale up .....       | ccix    |
| Tabel L.A.3 Neraca Massa Separator (S-01) sebelum di Scale up .....     | ccx     |
| Tabel L.A.4 Neraca Massa Purgung sebelum di Scale up .....              | ccx     |
| Tabel L.A.5 Neraca Massa Distilasi D-01 sebelum di Scale up .....       | ccxii   |
| Tabel L.A.6 Neraca Massa Distilasi D-02 sebelum di Scale up .....       | ccxiv   |
| Tabel L.A.7 Neraca Massa Crystalizer (CR-01) sebelum di Scale up.....   | ccxv    |
| Tabel L.A.8 Neraca Massa Centrifuge (CF-01) sebelum di Scale up.....    | ccxvii  |
| Tabel L.A.9 Neraca Massa Mixer 1 (M-01) sebelum di Scale up .....       | ccxviii |
| Tabel L.A.10 Neraca Massa Mixer 2 (M-02) sebelum di Scale up .....      | ccxix   |
| Tabel L.A.11 Neraca Massa overall sebelum di Scale up.....              | ccxix   |
| Tabel L.A.12 Neraca Massa Reaktor (R-01) Setelah di Scale up .....      | ccxx    |
| Tabel L.A.13 Neraca Massa Separator (S-01) Setelah di Scale up.....     | ccxx    |
| Tabel L.A.14 Neraca Massa Purgung Setelah di Scale up.....              | ccxxi   |
| Tabel L.A.15 Neraca Massa Distilasi 02 (D-02) Setelah di Scale up ..... | ccxxi   |
| Tabel L.A.16 Neraca Massa Distilasi 01 (D-01) Setelah di Scale up ..... | ccxxii  |
| Tabel L.A.17 Neraca Massa Crystalizer (CR-01) Setelah di Scale up ..... | ccxxii  |
| Tabel L.A.18 Neraca Massa Centrifuge (CF-01) Setelah di Scale up .....  | ccxxiii |
| Tabel L.A.19 Neraca Massa Mixer 1 (M-01) Setelah di Scale up.....       | ccxxiii |
| Tabel L.A.20 Neraca Massa Mixer 2 (M-02) Setelah di Scale up.....       | ccxxiii |
| Tabel L.A.21 Neraca Massa overall Setelah di Scale up .....             | ccxxiv  |
| Tabel L.B.1 Data Kapasitas Panas Masing-Masing Komponen Fasa Cair ..... | ccxxv   |
| Tabel L.B. 2. Data Kapasitas Panas Masing-Masing Komponen Fasa Gas ...  | ccxxvi  |



|   |          |
|---|----------|
| Tabel L.B.3. Data Kapasitas Panas Masing-Masing Komponen Fasa Padat.. | ccxxvi   |
| Tabel L.B.4. Data Konstanta Antoine .....                             | ccxxvii  |
| Tabel L.B. 5. Data panas penguapan.....                               | ccxxvii  |
| Tabel L.B. 6. Data Panas Penguapan .....                              | ccxxviii |
| Table L.B. 7. Data densitas cairan masing-masing komponen .....       | ccxxviii |
| Table. L.C.1 Kriteria Penyimpanan di Tangki Fixed (Conical Roof)..... | ccxxxiii |

## DAFTAR GAMBAR

|   |          |
|---|----------|
| Gambar 1.1. Grafik Proyeksi Kebutuhan <i>Paraxylene</i> di Indonesia selama tahun 2011-2020 ..... | 06       |
| Gambar 1.2. Lokasi Pembangunan Pabrik.....  | 09       |
| Gambar 1.3. Proses Ekstraksi Aromatis.....  | 14       |
| Gambar 1.4. Disproporsionasi Toluene .....  | 15       |
| Gambar 2.1. Reaksi Disproporsionasi Toluene .....   | 29       |
| Gambar 2.2. Reaksi Isomerisasi Xylene .....   | 30       |
| Gambar 2.3 Mekanisme isomerisasi xylene dalam katalis zeolite ZSM-5 .....                         | 33       |
| Gambar 2.4 Reaksi <i>Hidrodealkilasi</i> Toluene.....   | 36       |
| Gambar 2.5. Diagram Alir Proses Produksi <i>Paraxylene</i> .....                                  | 40       |
| Gambar 2.6. Diagram Alir Neraca Massa.....  | 41       |
| Gambar 2.7. Diagram Alir Neraca Panas.....  | 50       |
| Gambar 2.8 Lay Out Pabrik .....   | 58       |
| Gambar 2.9 Lay Out Alat.....  | 61       |
| Gambar 3.1 Tangki Penyimpanan Produk <i>Paraxylene</i> .....                                      | 64       |
| Gambar 3.2 Pompa.....   | 65       |
| Gambar 3.3 Kompresor.....   | 66       |
| Gambar 3.4 Fixed Bed Reaktor.....   | 67       |
| Gambar 3.5 Cooler .....   | 68       |
| Gambar 3.6 Kolom Distilasi .....  | 69       |
| Gambar 3.7 Kristalizer .....  | 70       |
| Gambar 4.1 Proses Unit Utilitas .....   | 114      |
| Gambar 4.2 Siklus Refrigerasi .....   | 94       |
| Gambar 5.1 Struktur Organisasi.....   | 643      |
| Gambar 6.1 <i>Overview Step Quantitative Risk Analysis Method</i> (Arendt, dkk. 2010)<br>.....    | 143      |
| Gambar 7.1 Grafik Hubungan <i>Chemical Engineering Plant Cost Index</i> .....                     | 171      |
| Gambar 7.2 Grafik Analisa Kelayakan .....   | 198      |
| Gambar C.1 Tangki penyimpanan <i>paraxylene</i> .....   | cclxxxii |

**DAFTAR LAMPIRAN**

|   |          |
|---|----------|
| Lampiran 1.1. Perhitungan Neraca Massa .....                  | ccv      |
| Lampiran 1.2 Perhitungan Neraca Panas .....                   | ccxxv    |
| Lampiran 1.3 Spesifikasi Alat Utama .....                     | cclxxxii |
| Lampiran 1.4 Perhitungan Utilitas .....                       | cccxlx   |
| Lampiran 1.5 Perhitungan Analisa Ekonomi .....                | ccclxi   |
| Lampiran 1.6 Surat Penunjukkan Dosen Pembimbing Skripsi ..... | cccxc    |

## INTISARI

Berdasarkan RIPIN pada Industri Petrokimia Hulu tahun 2024-2035 yang paling berpengaruh terhadap industri kimia di Indonesia adalah *P-Xylene*. *Paraxylene* dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan *purified terephthalic acid* (PTA). Pabrik ini direncanakan didirikan pada tahun 2024 dan beroperasi di tahun 2027 di Tuban, Jawa Tengah dengan kapasitas sebesar 320.000 ton/tahun. Jumlah karyawan yang dipekerjakan di pabrik ini sebanyak 275 orang. Pembuatan *paraxylene* menggunakan bahan baku toluene dengan kemurnian 97% berat dan bahan pembantu Hidrogen serta katalis Zeolit ZSM-05. Proses pembentukan *paraxylene* dilakukan di dalam reaktor *fixed bed multitube* pada suhu 450 - 470 °C dan tekanan 30 atm dengan kondisi *non isothermal non adiabatic*. Kemurnian *paraxylene* yang dihasilkan sebesar 99,50%. Dari hasil perhitungan ekonomi, pabrik *paraxylene* dengan kapasitas 320.000 ton/tahun memiliki *profit on sales* (POS) sebesar 18,309 % dan untuk *Return of Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 41%. Semakin besar nilai pos dan ROI maka pabrik yang dibangun akan semakin menguntungkan. Apabila ditinjau dari nilai POT (*Pay Out Time*), pabrik tersebut akan balik modal selama 1 tahun 1 bulan. Untuk nilai BEP (*Break Event Point*) sebesar 41% yang menandakan pabrik harus memiliki tingkat produksi melebihi nilai BEP agar memperoleh keuntungan. Nilai SDP menunjukkan kondisi dimana pabrik harus berhenti ketika produksi kurang dari 21%.

Kata kunci: *Disproporsionasi Toluene; Hidrogen; Paraxylene; Reaktor fixed bed multitube; Zeolite ZSM-05;*