

**PRA RANCANGAN PABRIK BENZENA DARI TOLUENA DAN  
HIDROGEN DENGAN PROSES HIDRODEALKILASI KAPASITAS  
165.000 TON/TAHUN**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat**

**Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia**

**Konsentrasi Teknik Kimia**



**Oleh:**

**Nama : Syifa Ayu Alsadilla Qothrunnada    Nama : Hikmah Muji Rahayu**  
**NIM : 17521134                                    NIM : 17521138**

**KONSENTRASI TEKNIK KIMIA  
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA**

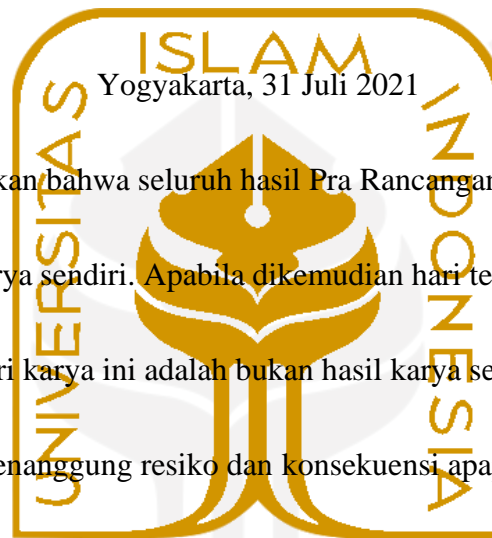
**2021**

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PERANCANGAN PABRIK

Kami yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Syifa Ayu Alsadilla Qothrunnada Nama : Hikmah Muji Rahayu

NIM : 17521134 NIM : 17521138



Menyatakan bahwa seluruh hasil Pra Rancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung resiko dan konsekuensi apapun.

Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.



**Syifa Ayu Alsadilla Qothrunnada**



**Hikmah Muji Rahayu**

**LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING**

**PRA RANCANGAN PABRIK BENZENA DARI TOLUENA DAN  
HIDROGEN DENGAN PROSES HIDRODEALKILASI KAPASITAS**

**165.000 TON/TAHUN**

**PRA RANCANGAN PABRIK**



**Oleh:**

**Nama : Syifa Ayu Alsadilla Qothrunnada      Nama : Hikmah Muji Rahayu**  
**NIM : 17521134    NIM : 17521138**

**Yogyakarta, 03 Agustus 2021**

**Pembimbing I,**

**Pembimbing II,**



**Dr. Suharno Rusdi**



**Tintin Mutiara, S.T., M.Eng.**

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI**  
**PRA RANCANGAN PABRIK BENZENA DARI TOLUENA DAN**  
**HIDROGEN DENGAN PROSES HIDRODEALKILASI KAPASITAS**  
**165.000 TON/TAHUN**  
**PERANCANGAN PABRIK**

Oleh:

**Nama : Syifa Ayu Alsadilla Qothrunnada      Nama : Hikmah Muji Rahayu**  
**NIM : 17521134                                      NIM : 17521138**

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat untuk  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Bidang Studi Teknik Kimia  
Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 09 Agustus 2021

Tim Penguji

Dr. Suharno Rusdi

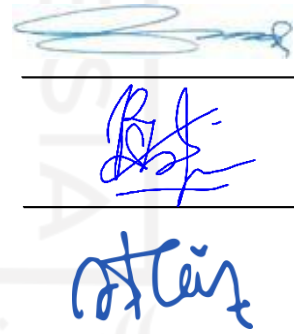
Ketua

Dyah Retno Sawitri, S.T., M.Eng.

Penguji 1

Umi Rofiqah, S.T., M.T.

Penguji 2



Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia  
Fakultas Teknologi Industri



Dr. Suharno Rusdi

## KATA PENGANTAR

*Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Puji syukur atas kehadiran Allah *Subhanahu Wata'ala* Tuhan pemilik alam semesta yang telah memberikan rahmat, karunia, dan hidayah-Nya kepada kita semua termasuk kepada kami sehingga *Alhamdulillah* kami dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Pra Rancangan Pabrik Benzena dari Toluena dan Hidrogen dengan Proses Hidrodealkilasi Kapasitas 165.000 Ton/Tahun”** dengan baik dan tepat waktu.

Shalawat dan salam senantiasa kami haturkan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad *Shalallahu 'Alaihi Wassalam* yang telah membawa kita dari zaman primitif hingga menuju zaman dengan teknologi seperti apa yang kita rasakan sekarang ini yaitu khususnya dalam penerpaan teknologi di bidang ilmu teknik kimia.

Adapun tujuan dari penyusunan tugas akhir ini sebagai penerapan teori bidang Teknik Kimia yang kami sudah pelajari ketika perkuliahan dan sebagai salah satu syarat agar kami bisa memperoleh gelar Sarjana Teknik Strata 1 (S1) di jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Penulisan Tugas Akhir ini dapat berjalan dengan baik dengan bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas kehendak-Nya dan kebaikan-Nya yang selalu mengiringi selama proses penulisan Tugas Akhir ini.
2. Orang Tua dan Keluarga yang tanpa henti memberikan do'a, semangat, dan dukungannya baik dalam segi moril maupun materiil
3. Bapak Fathul Wahid, S.T., M. Sc., Ph.D., selaku Rektor Universitas Islam Indonesia
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
5. Bapak Suharno Rusdi Dr. H., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia dan pembimbing I Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
6. Ibu Tintin Mutiara, S.T., M.Eng. selaku pembimbing II Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
7. Seluruh *civitas* akademik jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
8. Teman-teman seperjuangan yang melakukan Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik guna untuk mendapatkan gelar sarjana dibidang studi Teknik Kimia UII atas kebersamaan selama menjalani kuliah.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas bantuannya dalam melancarkan penyusunan tugas akhir ini.
10. Kemudian, untuk kami sendiri yang telah berusaha menyelesaikan kuliah sampai dengan Tugas Akhir Pra Rancangan ini dengan baik.

Semoga Allah *Subhanahu Wata'ala* memberikan keberkahan atas kebaikan yang telah diberikan kepada kami.

Kami menyadari bahwa penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kami mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak demi perbaikan tugas akhir ini dan pembelajaran di masa mendatang. Besar harapan kami semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan kami selaku penyusun.

*Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Yogyakarta, 31 Juli 2021

Penyusun

الجامعة الإسلامية  
الاستدراكية

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PERANCANGAN PABRIK .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING .....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
ABSTRAK .....	xv
<i>ABSTRACT</i> .....	xvi
BAB I .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Penentuan Kapasitas Rancangan Pabrik .....	2
1.2.1 Kebutuhan Produk di Indonesia .....	3
1.2.2 Kapasitas Pabrik Komersial .....	11
1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku .....	12
1.3 Tinjauan Pustaka .....	13
1.3.1 Jenis Proses Produksi Benzena .....	13
1.3.2 Kegunaan Produk Benzena .....	16
1.3.3 Sifat Fisis dan Kimia Senyawa yang Terlibat .....	18
BAB II .....	23
2.1 Spesifikasi Bahan Baku .....	23
2.2 Spesifikasi Produk .....	24
2.2.1 Spesifikasi Produk Utama .....	24
2.2.2 Spesifikasi Produk Samping .....	24
2.3 Spesifikasi Bahan Pembantu .....	25
2.4 Pengendalian Kualitas .....	25
2.4.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku .....	26
2.4.2 Pengendalian Kualitas Proses Produksi .....	26
2.4.3 Pengendalian Kualitas Produk .....	27
BAB III .....	29
3.1 Uraian Proses .....	29



3.2	Spesifikasi Alat/ Mesin Produk .....	31
3.2.1	Tangki Penyimpanan.....	31
3.2.2	Reaktor .....	33
3.2.3	Furnace .....	35
3.2.4	Separator .....	36
3.2.5	Flash Drum.....	37
3.2.6	Menara Distilasi .....	38
3.2.7	Vaporizer.....	39
3.2.8	Kondensor .....	40
3.2.9	Cooler.....	42
3.2.10	Reboiler .....	43
3.2.11	Heater .....	44
3.2.12	Akumulator .....	45
3.2.13	Expansion Valve .....	46
3.2.14	Pompa.....	48
3.3	Perancangan Produksi .....	54
3.3.1	Kapasitas Perancangan.....	54
3.3.2	Analisis Kebutuhan Bahan Baku .....	54
3.3.3	Analisis Kebutuhan Alat Proses.....	54
3.3.4	Perencanaan Bahan Baku dan Alat Proses.....	55
BAB IV	.....	57
4.1	Lokasi Pabrik.....	57
4.1.1	Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik .....	58
4.1.2	Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik .....	61
4.2	Tata Letak Pabrik ( <i>Plant Layout</i> ).....	62
4.3	Tata Letak Alat Proses/ Mesin ( <i>Machines Layout</i> ).....	68
4.4	Alat Proses dan Material .....	71
4.4.1	Neraca Massa .....	71
4.4.2	Neraca Energi.....	78
4.4.3	Diagram Alir Proses .....	81
4.5	Perawatan (Maintenance) .....	84
4.6	Utilitas (Pelayanan Teknik).....	85
4.6.1	Unit Penyedia dan Pengolahan Air ( <i>Water Treatment System</i> ) .....	86
4.6.2	Kebutuhan Air.....	96

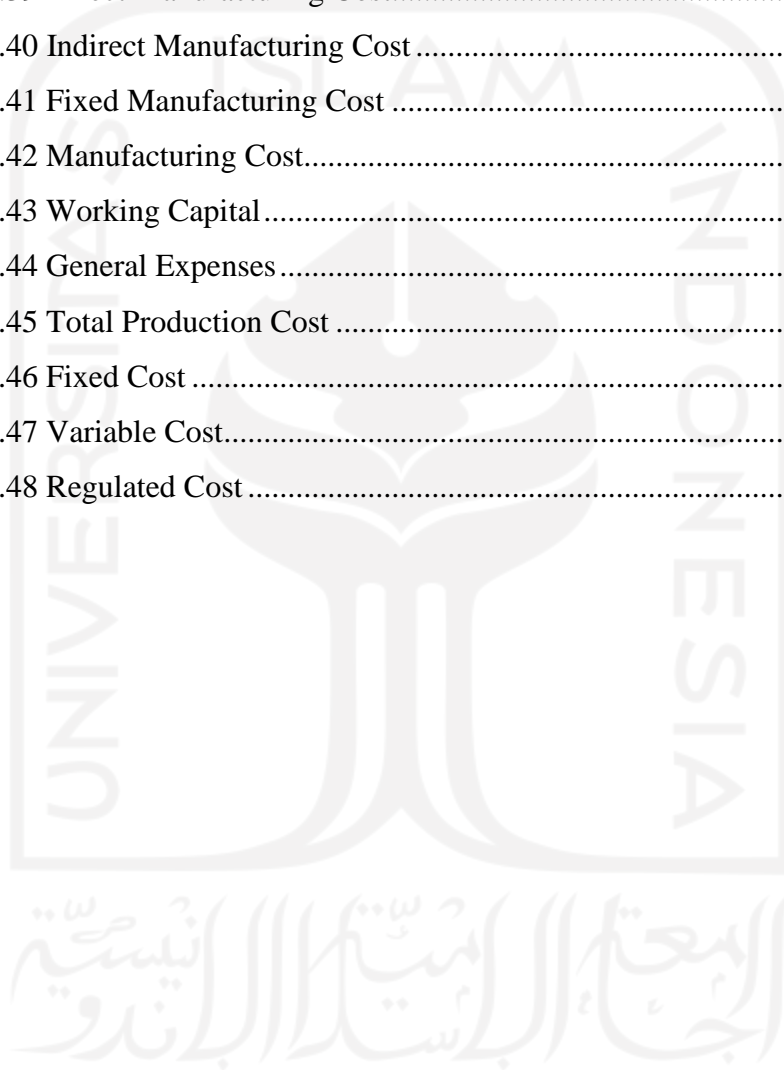
4.6.3	Unit Penyedia <i>Dowtherm A</i> .....	98
4.6.4	Unit Pembangkit Steam ( <i>Steam Generation System</i> ).....	99
4.6.5	Unit Pembangkit Listrik ( <i>Power Plant System</i> ).....	100
4.6.6	Unit Penyedia Udara Tekan .....	104
4.6.7	Unit Penyedia Bahan Bakar .....	105
4.7	Organisasi Perusahaan.....	105
4.7.1	Bentuk Organisasi Perusahaan.....	105
4.7.2	Struktur Organisasi.....	107
4.7.3	Tugas dan Wewenang .....	111
4.7.4	Jumlah Karyawan dan Tingkat Pendidikan.....	115
4.7.5	Pembagian Jam Kerja.....	117
4.7.6	Sistem Gaji dan Fasilitas Karyawan .....	118
4.7.7	Keselamatan Kerja .....	124
4.8	Evaluasi Ekonomi.....	133
4.8.1	Penaksiran Harga Alat.....	134
4.8.2	Dasar Perhitungan .....	137
4.8.3	Perhitungan Biaya .....	137
4.8.4	Analisa Kelayakan .....	139
4.8.5	Hasil Perhitungan.....	142
4.8.6	Hasil Analisa Keuntungan.....	147
4.8.7	Hasil Kelayakan Ekonomi.....	147
BAB V	.....	150
5.1	Kesimpulan.....	150
5.2	Saran .....	151
DAFTAR PUSTAKA	.....	153

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Impor Benzena di Indonesia .....	3
Tabel 1.2 Data Produksi Benzena di Indonesia .....	5
Tabel 1.3 Data Ekspor Benzena di Indonesia .....	6
Tabel 1.4 Data Konsumsi atau Pemakaian Benzena di Indonesia .....	8
Tabel 1.5 Data Pabrik Benzena di Indonesia .....	11
Tabel 1.6 Data Pabrik Benzena di Dunia .....	12
Tabel 1.7 Perbandingan Jenis Proses Pembuatan Benzena.....	15
Tabel 1.8 Turunan dari Benzena dan Kegunaannya .....	17
Tabel 1.9 Sifat Fisis Senyawa yang Terlibat.....	18
Tabel 2. 1 Sistem Kontrol yang Digunakan dalam Alat-Alat Proses Pabrik Benzena.....	28
Tabel 3. 1 Spesifikasi Tangki Penyimpanan .....	31
Tabel 3. 2 Spesifikasi Reaktor .....	33
Tabel 3. 3 Spesifikasi Furnace .....	35
Tabel 3. 4 Spesifikasi Separator.....	36
Tabel 3.5 Spesifikasi Flash Drum .....	37
Tabel 3.6 Spesifikasi Menara Distilasi.....	38
Tabel 3.7 Spesifikasi Vaporizer .....	39
Tabel 3.8 Spesifikasi Kondensor.....	40
Tabel 3.9 Spesifikasi Cooler .....	42
Tabel 3.10 Spesifikasi Reboiler .....	43
Tabel 3.11 Spesifikasi Heater .....	44
Tabel 3.12 Spesifikasi Akumulator.....	45
Tabel 3.13 Spesifikasi Expansion Valve.....	46
Tabel 3.14 Spesifikasi Pompa .....	48
Tabel 3.15 Lanjutan Tabel 3.14 Spesifikasi Pompa.....	50
Tabel 3.16 Lanjutan Tabel 3.15 Spesifikasi Pompa.....	52
Tabel 3.17 Kebutuhan Bahan Baku .....	54

Tabel 4.1 Rincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik .....	66
Tabel 4.2 Neraca Massa Total.....	71
Tabel 4.3 Neraca Massa Mixing Point (MP-01) .....	72
Tabel 4.4 Neraca Massa Mixing Point (MP-02) .....	72
Tabel 4.5 Neraca Massa Mixing Point (MP-03) .....	73
Tabel 4. 6 Neraca Massa Vaporizer (V-01) .....	73
Tabel 4.7 Neraca Massa Separator (SP-01) .....	74
Tabel 4.8 Neraca Massa Reaktor (R-01).....	74
Tabel 4.9 Neraca Massa Kondensor (CD-01) .....	75
Tabel 4.10 Neraca Massa Flash Drum (FD-02) .....	75
Tabel 4.11 Neraca Massa Menara Distilasi (MD-02) .....	76
Tabel 4. 12 Neraca Massa Menara Distilasi (MD-02) .....	76
Tabel 4. 13 Neraca Massa Kondensor (CD-02) .....	77
Tabel 4. 14 Neraca Massa Reboiler (RB-02) .....	77
Tabel 4. 15 Neraca Energi Mixing Point (MP-01).....	78
Tabel 4.16 Neraca Energi Mixing Point (MP-02).....	78
Tabel 4. 17 Neraca Energi Mixing Point (MP-03).....	78
Tabel 4. 18 Neraca Energi Vaporizer (V-01).....	79
Tabel 4. 19 Neraca Energi Reaktor (R-01) .....	79
Tabel 4.20 Neraca Energi Furnace (F-01).....	79
Tabel 4.21 Neraca Energi Kondensor (CD-01).....	80
Tabel 4.22 Neraca Energi Heater (H-01) .....	80
Tabel 4.23 Neraca Energi Menara Distilasi (MD-01).....	80
Tabel 4.24 Neraca Energi Cooler (C-01) .....	81
Tabel 4.25 Syarat Air Umpan Boiler .....	89
Tabel 4.26 Kebutuhan Air Pembangkit Steam.....	96
Tabel 4.27 Kebutuhan Air Pendingin.....	97
Tabel 4.28 Kebutuhan Air Domestik .....	97
Tabel 4.29 Kebutuhan Listrik Alat Utilitas.....	100
Tabel 4.30 Kebutuhan Listrik Peralatan Proses .....	102
Tabel 4.31 Kebutuhan Listrik .....	103
Tabel 4.32 Jabatan dan Keahlian .....	115

Tabel 4.33 Jadwal Kerja Karyawan Shift .....	118
Tabel 4.34 Daftar Gaji Karyawan .....	119
Tabel 4.35 Tabel index harga alat .....	135
Tabel 4.36 Physical Plant Cost.....	142
Tabel 4.37 Direct Plant Cost .....	143
Tabel 4.38 Fixed Capital Investment .....	143
Tabel 4.39 Direct Manufacturing Cost.....	143
Tabel 4.40 Indirect Manufacturing Cost .....	144
Tabel 4.41 Fixed Manufacturing Cost .....	144
Tabel 4.42 Manufacturing Cost.....	144
Tabel 4.43 Working Capital .....	145
Tabel 4.44 General Expenses .....	145
Tabel 4.45 Total Production Cost .....	145
Tabel 4.46 Fixed Cost .....	146
Tabel 4.47 Variable Cost.....	146
Tabel 4.48 Regulated Cost .....	146



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik Impor Benzena di Indonesia .....	4
Gambar 1.2 Grafik Produksi Benzena di Indonesia.....	5
Gambar 1.3 Grafik Ekspor Benzena di Indonesia.....	7
Gambar 4.1 Lokasi Pabrik yang didirikan .....	58
Gambar 4.2 Tata Letak Pabrik Benzena .....	67
Gambar 4.3 Tata Letak Alat/ Mesin Pabrik Benzena.....	70
Gambar 4.4 Diagram Alir Kualitatif .....	82
Gambar 4.5 Diagram Alir Kuantitatif .....	83
Gambar 4.6 Diagram Alir Pengolahan Air .....	96
Gambar 4.7 Struktur Organisasi Perusahaan.....	110
Gambar 4.8 Grafik Index Harga vs Tahun.....	136
Gambar 4.9 Grafik Hubungan Kapasitas Produksi terhadap BEP dan SDP.....	149

## ABSTRAK

Benzena merupakan salah satu produk petrokimia yang digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan senyawa kimia organik lain (intermediet). Dari kegunaan tersebut, benzena dapat memberikan peluang dalam perkembangan sektor industri, mengingat kebutuhan benzena di Indonesia terus meningkat untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, serta dapat membantu pemerintah dalam kegiatan perekonomian nasional. Oleh karena itu, dirancang pabrik benzena dari toluena dan hidrogen dengan kapasitas 165.000 ton/tahun. Pabrik ini direncanakan didirikan di Serang, Banten dengan area seluas 62.5820 m<sup>2</sup> dan membutuhkan 150 karyawan. Pabrik beroperasi secara kontinyu selama 24 jam/hari dan 330 hari/tahun. Pembuatan benzena dilakukan menggunakan proses hidrodealkilasi, dengan kemurnian produk benzena yang dihasilkan adalah 99,8%. Dalam pembuatan benzena membutuhkan bahan baku toluena sebesar 24.539,4978 kg/jam dan hidrogen sebesar 3198,7179 kg/jam. Bahan baku toluena dipasok dari PT. Styrene Mono Indonesia dan hidrogen dari PT. *Airliquide* Indonesia. Utilitas pendukung meliputi penyediaan *dowtherm* sebesar 61346,0446 kg/jam, air untuk keperluan domestik sebesar 5.438,8343 kg/jam, air untuk kebutuhan steam sebesar 10.898,1338 kg/jam, kebutuhan listrik sebesar 544,6617 kW, kebutuhan bahan bakar solar sebesar 772,8102 kg/jam, kebutuhan bahan bakar fuel gas sebesar 65,0129 kg/jam, dan kebutuhan udara tekan sebesar 35,5133 m<sup>3</sup>/jam. Hasil evaluasi ekonomi menunjukkan modal tetap sebesar Rp 1.176.159.677.286, modal kerja sebesar Rp 927.747.231.543. Dengan keuntungan sebelum pajak sebesar Rp 520.647.197.443/tahun, dan keuntungan setelah pajak sebesar Rp 364.453.038.210/tahun. Berdasarkan hasil studi Analisa kelayakan diperoleh *Break Even Point* (BEP) sebesar 45,0950%, *Shut Down Point* (SDP) sebesar 33,8647%, dan *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) sebesar 28,6195%. Sementara itu, *Return on Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 48,8898% sedangkan ROI setelah pajak sebesar 34,2229%, *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak adalah 1,7 tahun, POT setelah pajak adalah 2,3 tahun. Dari tinjauan ekonomi tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa pabrik benzena dari toluena dan hidrogen dengan kapasitas 165.000 ton/tahun layak untuk didirikan.

## **ABSTRACT**

Benzene is one of the petrochemical products that is used as a raw material in the manufacture of other organic chemical compounds (intermediates). From these uses, benzene can provide good opportunities in the development of the industrial sector, considering the need for benzene in Indonesia continues to increase for domestic and foreign needs, thus helping the government in national economic activities. Therefore, a benzene plant from toluene and hydrogen was designed with a capacity of 165,000 tons/year. This factory is planned to be established in Serang, Banten with an area of 62.5820 m<sup>2</sup> and requires 150 employees. The factory operates continuously for 24 hours/day and 330 days/year. The manufacture of benzene is carried out using a hydrodealkylation process, with the purity of the benzene product produced is 99.8%. In the manufacture of benzene, the raw materials of toluene are 24,539.4978 kg/hour and hydrogen of 3198.7179 kg/hour. The raw material for toluene is supplied from PT. Styrene Mono Indonesia and hydrogen from PT. Indonesian Airliquids. Supporting utilities include the provision of dowtherm of 61,346.0446 kg/hour, water for domestic use of 5,438,8343 kg/hour, water for steam needs of 10,898,1338 kg/hour, electricity needs of 544,6617 kW, diesel fuel needs of 772.8102 kg/hour, the need for fuel gas is 65.0129 kg/hour, and the compressed air requirement is 35.5133 m<sup>3</sup>/hour. The results of the economic evaluation showed fixed capital of Rp. 1,176,159,677,286, working capital of Rp. 927,747,231,543. With a profit before tax of IDR 520,647,197,443/year, and a profit after tax of IDR 364,453,038,210/year. Based on the results of the feasibility analysis study, the Break-Even Point (BEP) was 45.0950%, the Shut Down Point (SDP) was 33.8647%, and the Discounted Cash Flow Rate (DCFR) was 28.6195%. Meanwhile, Return on Investment (ROI) before tax is 48.8898% while ROI after tax is 34.2229%, Pay Out Time (POT) before tax is 1.7 years, POT after tax is 2.3 years. From this economic review, it can be concluded that a benzene plant from toluene and hydrogen with a capacity of 165,000 tons/year is feasible to build.



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Negara Indonesia sebagai negara berkembang yang selalu berupaya mengembangkan kemampuan dalam memajukan pembangunan di berbagai bidang untuk mampu bersaing serta mengurangi ketergantungan atas negara lain. Usaha yang dapat dilakukan adalah inovasi proses produksi maupun membangun suatu pabrik baru dalam bidang industri kimia. Kegiatan perindustrian yang berkembang pesat setiap tahunnya sangat berpengaruh pada kemajuan dan ketahanan ekonomi di Indonesia. Oleh karena itu, meningkatnya pula kebutuhan akan bahan baku industri kimia. Pemenuhan bahan baku untuk industri kimia di Indonesia kebanyakan masih bergantung atas negara lain yaitu dari impor luar negeri sehingga hal tersebut akan meningkatkan biaya produksi yang akan dikeluarkan oleh suatu pabrik industri kimia. Sektor industri kimia yang cukup signifikan terutama pada industri petrokimia. Bahan baku yang dibutuhkan pada sektor industri petrokimia salah satunya adalah senyawa benzena.

Senyawa benzena memiliki sifat mudah menguap, mudah terbakar, dan beracun dengan rumus molekul  $C_6H_6$  yang merupakan bagian dari industri *aromatic* (kemenperind, 2014). Benzena sebagai salah satu produk petrokimia yang berbentuk cincin tunggal berupa cairan jernih serta digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan senyawa kimia organik lain (intermediet) dari produk-produk komersial, antara lain: *styrene*, *phenol*, *cyclohexane*, *aniline*, *alkylbenzena*, *chlorobenzena* dan produk lain yang digunakan dalam produksi obat, insektisida,

maupun plastik. Selain itu, senyawa benzena juga banyak digunakan sebagai bahan pelarut dalam ekstraksi maupun distilasi (Mc. Ketta, 1977). Saat ini kebutuhan benzena di Indonesia terhitung cukup tinggi dan produksi dalam negeri belum mencukupi sehingga masih memerlukan impor benzena dari beberapa negara di dunia antara lain India, Jepang, Australia dan Amerika.

Pabrik benzena pertama yang didirikan di Indonesia pada tahun 1993 yang terletak di kota Medan yaitu PT. Trans Pasific Petrochemical (TPPI) dan kemudian diikuti perkembangan beberapa pabrik lainnya yang memproduksi benzena. Namun, untuk permintaan kebutuhan dan konsumsi dengan jumlah tertentu di atasnya belum terpenuhi seluruhnya. Maka, pendirian pabrik benzena di Indonesia sangat memungkinkan baik untuk memenuhi kebutuhan benzena dalam negeri sehingga impor dapat dikurangi. Selain itu, pendirian pabrik benzena akan meningkatkan pendapatan negara dengan memberikan keuntungan pada sektor ekonomi di lingkup industri serta menghemat devisa negara dan dapat membuka lapangan pekerjaan untuk mengurangi angka pengangguran yang ada di Indonesia. Ditinjau dari beberapa pertimbangan di atas, dapat disimpulkan bahwa pabrik benzena sangat diperlukan untuk didirikan di Indonesia.

## **1.2 Penentuan Kapasitas Rancangan Pabrik**

Pabrik Benzena dari toluene dan hidrogen direncanakan akan dibangun dengan kapasitas 165.000 ton/tahun untuk pembangunan pabrik pada tahun 2026. Dalam menentukan kapasitas ini dapat ditinjau dari beberapa pertimbangan sebagai berikut, antara lain:

### 1.2.1 Kebutuhan Produk di Indonesia

#### a. Supply

- Impor

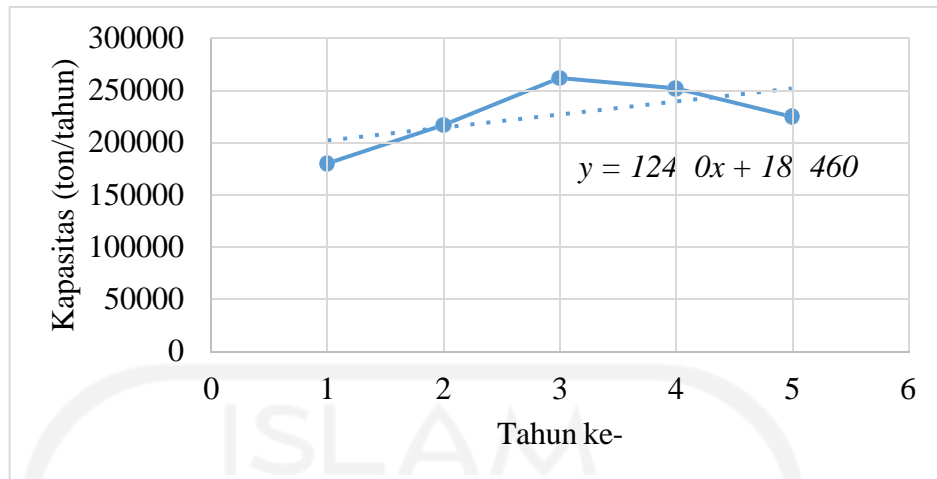
Pemenuhan kebutuhan benzena di Indonesia selama ini dipenuhi oleh kegiatan impor. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistika (BPS) Indonesia, perkembangan jumlah kebutuhan impor benzena Indonesia tahun 2015-2019 mengalami peningkatan namun cenderung fluktuatif dapat dilihat pada Tabel 1.1 sebagai berikut.

Tabel 1.1 Data Impor Benzena di Indonesia

Tahun	Tahun Ke-	Kapasitas (ton)
2015	1	179786
2016	2	216515
2017	3	261667
2018	4	251767
2019	5	224458

(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2020)

Dari data impor diatas dapat di proyeksikan untuk tahun 2026 menggunakan persamaan linear dari regresi linear dengan membuat grafik linear antara data tahun sumbu x dan data impor sumbu y, grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Grafik Impor Benzena di Indonesia

Perkiraan impor benzena di Indonesia pada tahun yang akan datang dapat dihitung menggunakan persamaan yang diperoleh dari Gambar 1.1 yaitu persamaan  $y = 12.460x + 189.460$  dimana nilai  $x$  sebagai tahun ke- dan  $y$  adalah jumlah impor benzena. Dengan menggunakan persamaan diatas dapat diketahui bahwa jumlah impor benzena di Indonesia pada tahun 2026 (tahun ke-11) sebesar:

$$y = 12.460x + 189.460$$

$$y = 12.460 (11) + 189.460$$

$$y = 338.980 \text{ ton/tahun}$$

- Produksi

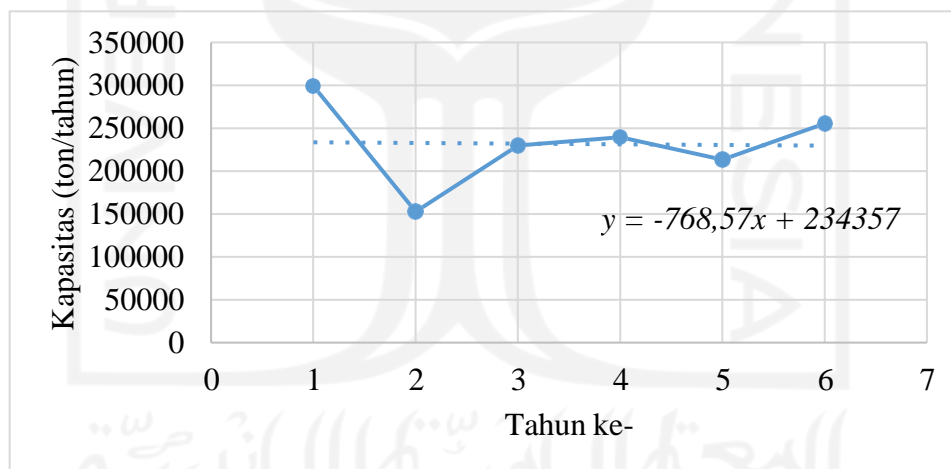
Produksi benzena dalam negeri menurut data statistik yang diperoleh dari Kementerian Perindustrian Indonesia dari tahun ke tahun cenderung cukup stabil. Perkembangan data produksi benzena di Indonesia pada tahun 2009-2014 dapat dilihat pada Tabel 1.2 berikut.

Tabel 1.2 Data Produksi Benzena di Indonesia

Tahun	Tahun Ke	Kapasitas (ton)
2009	1	299147
2010	2	152774
2011	3	229877
2012	4	239376
2013	5	213241
2014	6	255.587

(Sumber: Kemenperind, 2014)

Dari data produksi benzena diatas dapat dibuat grafik linear antara sumbu x yaitu tahun ke- dan data konsumsi pada sumbu y untuk mendapatkan persamaan linear. Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2 Grafik Produksi Benzena di Indonesia

Perkiraan produksi benzena di Indonesia pada tahun yang akan datang dapat dihitung menggunakan persamaan yang diperoleh dari Gambar 1.2 yaitu persamaan  $y = -768,57x + 234.357$  dimana nilai x sebagai tahun dan y adalah jumlah produksi benzena. Dengan menggunakan persamaan diatas dapat diketahui kebutuhan produksi benzena di Indonesia pada tahun 2026 (tahun ke-18) sebesar:

$$y = -768,57x + 234.357$$

$$y = -768,57 (18) + 234.357$$

$$y = 220,522,74 \text{ ton/tahun}$$

Berdasarkan data impor dan data produksi benzena di Indonesia pada tahun 2026 yang telah diketahui, maka dapat ditentukan besar nilai *supply* benzena di Indonesia, yaitu:

$$\text{Supply} = \text{Impor} + \text{Produksi}$$

$$\text{Supply} = 338.980 + 220,522,74$$

$$\text{Supply} = 559.502,7 \text{ ton/tahun}$$

#### **b. Demand**

- Ekspor

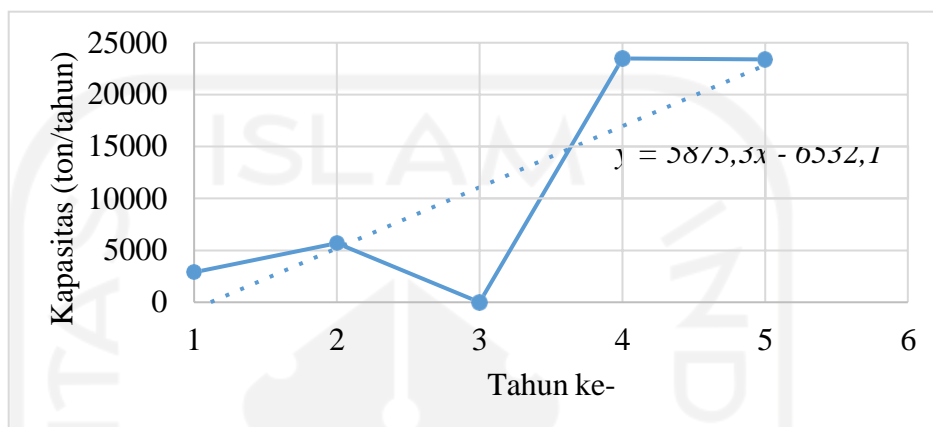
Berdasarkan data statistik yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia mengenai ekspor benzena di Indonesia dari tahun ke tahun cukup fluktuatif. Perkembangan data ekspor benzena di Indonesia pada tahun 2015-2019 dapat dilihat pada Tabel 1.3 berikut.

Tabel 1.3 Data Ekspor Benzena di Indonesia

<b>Tahun</b>	<b>Tahun Ke</b>	<b>Kapasitas (ton)</b>
2015	1	2894
2016	2	5709
2017	3	0,050
2018	4	23482
2019	5	23384

(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2020)

Dari data ekspor diatas dapat di proyeksikan untuk tahun 2026 menggunakan persamaan linear dari regresi linear dengan membuat grafik linear antara data tahun ke- sumbu x dan data ekspor sumbu y, grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.3.



Gambar 1.3 Grafik Ekspor Benzena di Indonesia

Perkiraan ekspor benzena di Indonesia pada tahun yang akan datang dapat dihitung menggunakan persamaan yang diperoleh dari Gambar 1.3 yaitu persamaan  $y = 5875,3x - 6.532,1$  dimana nilai  $x$  sebagai tahun ke- dan  $y$  adalah jumlah ekspor benzena. Dengan menggunakan persamaan diatas dapat diketahui bahwa jumlah ekspor benzena di Indonesia pada tahun 2026 (tahun ke-12) sebesar:

$$y = 5875,3x - 6.532,1$$

$$y = 5875,3 (12) - 6.532,1$$

$$y = 63.971,5 \text{ ton/tahun}$$

- Konsumsi

Konsumsi benzena dalam negeri dapat kita ketahui dari data jumlah kapasitas pabrik dari produk derivat atau turunan senyawa benzena yang dimana benzena sebagai bahan baku prosesnya. Data konsumsi atau pemakaian benzena di Indonesia pada masing-masing perusahaan dapat dilihat pada Tabel 1.4 berikut.

Tabel 1.4 Data Konsumsi atau Pemakaian Benzena di Indonesia

No	Perusahaan	Produk	Kapasitas (ton/tahun)
1	PT. Justus Kimiaraya	Maleic anhydride, asam fumarat	16000
2	PT. Styrimdo Mono Indonesia	Styrene Monomer	340000
3	PT. Aktif Indonesia	Linear Alkylbenzena Sulfonate	70000
4	PT. Rhodia Manyar	Linear Alkylbenzena Sulfonate	3600
5	PT. KAO Indonesia	Linear Alkylbenzena Sulfonate	4000
6	PT. Sinar Antjol	Linear Alkylbenzena Sulfonate	32400
7	PT. Metropolitan Phenol Pratama	Fenol	40000
8	PT. Lambang Tri Usaha	Fenol	45000
9	PT. Batu Penggal Chemical Industri	Fenol	35000
10	PT. Bumi Banjar Utama Sakti	Fenol	5250
11	PT. Inti Everspring Indonesia	Anilin	1700
12	PT. Clariant Indonesia	Anilin	21927
13	PT. Dystar Colour Indonesia	Anilin	3000



Tabel 1.4 Data Konsumsi atau Pemakaian Benzena di Indonesia (lanjutan)

14	PT. Multikimia Inti Pelangi	Anilin	500
15	PT. Indopherin Jaya	Resin Fenolic	10428
16	PT. Dynea Mugi Indonesia	Resin Fenolic	10000
17	PT. Intan Wijaya Internasional	Resin Fenolic	71600
18	PT. Susel Prima Permai	Resin Fenolic	14000
19	PT. Superin Utama Adhesive	Resin Fenolic	12000
20	PT. Binajaya Rodakarya	Resin Fenolic	12000
21	PT. Perawang Perkasa Industri	Resin Fenolic	21000
22	PT. Lakosta Indah	Resin Fenolic	40000
23	PT. Korindo Abadi	Resin Fenolic	40000
24	PT. Meranti Mustika	Resin Fenolic	22200
25	PT. Continental Solvindo	Resin Fenolic	14500
26	PT. Duta Pertiwi Nusantara	Resin Fenolic	18000
27	PT. Arjuna Utama Kimia	Resin Fenolic	43000
28	PT. Sabak Indah	Resin Fenolic	60000
29	PT. Indo Nan Pao Resin Chemical	Bisphenol-A	12000
30	PT. Phodia	Bisphenol-A	20000
<b>Total</b>			<b>1039105</b>

(Sumber: masing-masing perusahaan)

Data konsumsi atau pemakaian senyawa benzena di Indonesia dari tabel diatas dapat diasumsikan dengan menjumlahkan keseluruhan kapasitasnya maka besar konsumsi benzena di Indonesia yaitu sebesar 1.039.105 ton/tahun.

Oleh karena itu, berdasarkan data ekspor dan data konsumsi benzena di Indonesia pada tahun 2026 yang telah diperoleh, maka dapat ditentukan besar nilai *demand* benzena di Indonesia, yaitu:

$$Demand = Ekspor + Konsumsi$$

$$Demand = 63.971,5 + 1.039.105$$

$$Demand = 1.103.076,5 \text{ ton/tahun}$$

Kemudian, dari proyeksi impor, ekspor, konsumsi, dan produksi untuk tahun 2026. Maka, peluang pasar benzena dapat ditentukan kapasitas rancangan pabrik sebagai berikut:

$$Peluang = Demand - Supply$$

$$Peluang = (Ekspor + Konsumsi) - (Impor + Produksi)$$

$$Peluang = (1.103.076,5 \text{ ton/tahun}) - (559.502,7 \text{ ton/tahun})$$

$$Peluang = 543.573,8 \text{ ton/tahun}$$

Untuk kapasitas pabrik benzena yang akan didirikan diambil 30% dari peluang sebesar:

$$Kapasitas produksi = 30\% \times \text{Peluang}$$

$$Kapasitas Produksi = 30\% \times 543.573,8 \text{ ton/tahun}$$

$$Kapasitas Produksi = 163.072,128 \text{ ton/tahun}$$

Dari data hasil perhitungan penentuan kapasitas rancangan pabrik benzena tersebut akan dibangun dengan kapasitas sebesar 165.000 ton/tahun yang telah disesuaikan dengan Tabel 1.5 dan Tabel 1.6 kapasitas tersebut telah memenuhi kapasitas ekonomis baik di Indonesia maupun di Dunia.

### 1.2.2 Kapasitas Pabrik Komersial

Dalam memenuhi kapasitas rancangan maka diperlukan pula data kapasitas pabrik yang telah didirikan sebelumnya. Daftar pabrik penghasil produk senyawa benzena disajikan pada Tabel 1.5 untuk pabrik dalam negeri dan Tabel 1.6 untuk pabrik benzena di luar negeri adalah sebagai berikut.

Tabel 1.5 Data Pabrik Benzena di Indonesia

<b>Nama Perusahaan</b>	<b>Lokasi</b>	<b>Kapasitas (ton/tahun)</b>
PT Chandra Asri	Ciwandan, Cilegon	200000
Pertamina Unit IV	Cilacap, Jawa Tengah	120000
PT Humpuss Aromatik	Nanggroe Aceh Darussalam	260000
Styrindo Mono Indonesia (SMI)	Puloampel, Serang	110000
PT Trans Pasific Petrochemical Indotama (TPPI)	Medan, Sumatera Utara	360000
PT Tuban Petrochemical	Tuban, Jawa Timur	300000

(Sumber: masing-masing perusahaan)

Tabel 1.6 Data Pabrik Benzena di Dunia

<b>Pabrik</b>	<b>Kapasitas (ton/tahun)</b>
Dow Chemical, USA	752000
Exxon Corp	50000
USX Corp	23000
Solomon Inc.	17000
Shell Oil Co.	685000

(Kirk & Othmer, 1991)

Dari tabel tersebut diatas, maka diperoleh kapasitas pabrik benzena terkecil yang pernah didirikan adalah dari Pabrik Solomon Inc dengan kapasitas 17.000 ton/tahun, sedangkan pabrik terbesar yang pernah dibangun adalah Dow Chemical di USA dengan kapasitas 752.000 ton/tahun.

Berdasarkan pertimbangan hasil dari peluang dan data penghasil benzena di Indonesia maupun di dunia, maka kapasitas pabrik benzena yang akan didirikan pada tahun 2026 adalah 165.000 ton/tahun.

### **1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku**

Pembuatan produk benzena diperlukan bahan baku yaitu antara lain toluena dan hidrogen. Untuk toluena diperoleh dari PT. Styrindo Mono Indonesia yang berada di kawasan industri Pulo Ampel, Serang, Banten. Sedangkan hidrogen diperoleh dari PT. *Air Liquide* yang berlokasi di Merak, Banten. Sehingga, untuk ketersediaan bahan baku produk benzena sudah tersedia.

## 1.3 Tinjauan Pustaka

### 1.3.1 Jenis Proses Produksi Benzena

Proses sintesis pembuatan benzena dapat dilakukan dengan tiga jenis proses, antara lain Hidrodealkilasi (HDA), Disproporsionasi Toluena, dan *Catalytic Reforming Extraction* (CRE). Uraian tiap jenis prosesnya adalah sebagai berikut.

#### 1. *Catalytic Reforming Extraction* (CRE)

Proses reformasi katalitik awalnya diperkenalkan pada awal tahun 1950-an. Proses ini dikembangkan untuk mengubah *naphthalene* dan *paraffin* yang terdapat pada gasoline dengan meningkatkan angka oktan rendah menjadi angka oktan yang tinggi dan mengandung senyawa aromatis. Proses terjadi pada suhu dan tekanan tinggi diatas atmosfer. (McKetta, 1977).

Pada proses reformasi katalitik menggunakan katalais yang sering digunakan adalah molybdenum-alumina dan platinum-alumina. Kondisi operasi pada reaktor yaitu pada suhu 425-525°C dan tekanan 7-34,5 atm (Kirk-Othmer, 1978). Kemurnian produk yang dihasilkan sebesar 90% dan konversi reaksi 70%. (McKetta, 1977).

Empat reaksi utama reformasi katalitik adalah:

- Isomerisasi *paraffin*
  - *Hydrocracking*
  - Isomerisasi/ dehidrogenasi *cyclohexane*
  - Dehidrogenasi *paraffin* (Ullman, 2003)
2. Disproporsionasi Toluena

Proses ini dikembangkan dari toluena menjadi benzena dan *xylene*. Bahan baku yang biasa digunakan adalah toluena, *trimethylbenzena* dan gas hidrogen dengan katalis *zeolite* (Ullmann, 2003). Proses ini disebut *Tatoray Process* yang menggabungkan dua toluena menjadi benzena dan xilena. Proses ini berlangsung pada suhu 350-530°C dan tekanan 10-50 atm. Konversi reaksi 70% menghasilkan produk 37% benzena dengan kemurnian hingga 99,8% dan 55% xilena (Kirk and Othmer 1991).

Reaksi utama pada proses ini adalah:



### 3. Hidrodealkilasi (HDA)

Proses Hidrodealkilasi merupakan proses mengubah *higher* aromatik menjadi benzena. Proses ini memproduksi benzena menggunakan bahan baku hidrogen dan toluena dengan kemurnian tinggi sebesar 99,8%. Proses ini berlangsung pada suhu dan tekanan tinggi. Dengan terdapatnya hidrogen akan menghilangkan gugus alkil pada senyawa aromatik dan menghasilkan benzena dan gas *paraffin* ringan. Proses hidrodealkilasi menggunakan katalis *chromia-alumina* dengan kondisi operasi suhu 575-650°C, tekanan 25-60 atm dan konversi reaksi 85% (Mc. Ketta 1977).

Reaksi yang terjadi:



Perbandingan ketiga proses yang telah diuraikan diatas disajikan dalam Tabel 1.7. Dari uraian proses pembuatan sintesis benzena tersebut dan dengan

mempertimbangkan dari berbagai tinjauan, maka untuk pendirian pabrik benzena akan dirancang dengan proses *Hydrodealkilasi* (HDA). Proses ini diambil karena menghasilkan produk benzena dengan kemurnian dan konversi yang cukup tinggi dibandingkan kedua proses lainnya, kemudian proses ini juga sering digunakan dalam pembuatan senyawa aromatis lainnya.

Perbandingan ketiga proses tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.7 sebagai berikut.

Tabel 1.7 Perbandingan Jenis Proses Pembuatan Benzena

<b>Tinjauan</b>	<b>Macam Proses</b>		
	<i>Catalytic Reforming Extraction (CRE)</i>	<i>Hydrodealkilasi</i>	<b>Disproporsionasi</b>
Bahan Baku	Napthalena	- Toluena - Hidrogen	- Toluena - Trimetilbenzena - Hidrogen
Suhu	425-525°C	575-650°C	350-530°C
Tekanan	7-34,5 atm	25-60 atm	10-50 atm
Katalis	molybdenum-alumina/ platinum-alumina	<i>chromia-alumina</i>	Zeolite
Konversi	70%	85%	70%
Kemurnian produk	Hingga 90%	Hingga 99,8%	Hingga 99,8%

Tabel 1.7 Perbandingan Jenis Proses Pembuatan Benzena (lanjutan)

Hasil Samping	Hidrogen	Methane	Xylene
Jenis Reaktor	Fix Bed Reactor	Fix Bed Reactor	Fix Bed Multitube Reactor

Berdasarkan perbandingan macam-macam proses yang dipertimbangkan dari berbagai tinjauan, untuk pendirian pabrik benzene dari toluene dan hidrogen dipilih dengan proses Hidrodealkilasi dengan pertimbangan yaitu sebagai berikut:

1. Konversi yang tinggi sebesar 85%
2. Kemurnian produk yang tinggi hingga 99,8%
3. Adanya katalis untuk mempercepat reaksi
4. Reaktor yang digunakan lebih murah.

### 1.3.2 Kegunaan Produk Benzena

Benzena merupakan senyawa hidrokarbon aromatik cair yang digunakan sebagai pelarut bahan alami dan masih digunakan secara luas di banyak negara untuk produksi bensin komersial. Kemudian benzena juga digunakan sebagai intermediet atau bahan baku untuk pembuatan banyak senyawa kimia penting yang lain. Berikut kegunaan *derivate* (turunan) benzena pada Tabel 1.8.



Tabel 1.8 Turunan dari Benzena dan Kegunaannya

No.	Turunan Benzena	Kegunaan
1.	Etilbenzena	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bahan baku <i>styrene, polystyrene, ABS-SAN resin, resin ion exchanger,</i> dan <i>divinyl benzena.</i></li> <li>• Pembuatan tinta, pestisida, cat, dan bahan kimia tertentu.</li> </ul>
2.	Kumena	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bahan baku <i>phenol, acetone,</i> dan <i>solvent.</i></li> <li>• Produk menengah penghasil produk industri lain seperti : <i>nylon, polycarbonate, epoxy,</i> pestisida, dan lain-lain.</li> </ul>
3.	Sikloheksana	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bahan baku nilon 6, nilon 66, asam adipat, kaprolaktam, dan plastisizer.</li> <li>• Pelarut non polar pada industri kimia.</li> </ul>
4.	Anilina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bahan baku karet sintetis</li> <li>• Zat pewarna pada industri pakaian</li> <li>• Bidang medis yaitu pembuatan beberapa obat seperti paracetamol (acetaminophen) dan tylenol.</li> </ul>
5.	Klorobenzena	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bahan baku pestisida (DDT), phenol, dan insektisida lain.</li> <li>• Pelarut dalam kimia organik</li> <li>• Zat perantara dalam pembuatan nitroklorobenzena dan difeniloksida.</li> </ul>

Tabel 1.8 Turunan dari Benzena dan Kegunaannya (lanjutan)

6.	Maleic anhydride	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bahan baku pembuatan unsaturated polyester resin, alkyl resin, bahan kopolimer, agricultural chemical, dan lubricant additive.</li> </ul>
7.	Detergent alkylate	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bahan baku detergen</li> <li>Additive untuk minyak.</li> </ul>
8.	Nitrobenzena	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bahan baku aniline, herbisida, dan poliuretan.</li> </ul>

### 1.3.3 Sifat Fisis dan Kimia Senyawa yang Terlibat

Sifat fisis senyawa yang terlibat terdapat pada Tabel 1.9 berikut.

Tabel 1.9 Sifat Fisis Senyawa yang Terlibat

Karakteristik	Bahan Baku		Produk	Produk Samping
	Toluena	Hidrogen	Benzena	Metana
Wujud	Cair	Gas	Cair	Gas
Rumus Kimia	$C_7H_8$	$H_2$	$C_6H_6$	$CH_4$
Berat Molekul (BM)	92 gra /mol	2 gram/mol	78 gram/mol	16 gram/mol
Viskositas ( $\mu$ ) pada 25°C	0,5465 cP	0,0088 cP	0,6071 cP	0,0001 Cp
Densitas ( $\rho$ ) pada 25°C	0,8631 gram/mL	69,86 kg /L	0,8736 gram/mL	0,0007 kg/L

Tabel 1.9 Sifat Fisis Senyawa yang Terlibat (lanjutan)

Titik Didih pada 1 atm	110,625 °C	-252,9 °C	80,08 °C	-161,5 °C
Titik Lebur	-95 °C	-259,2 °C	5,53 °C	-182,4 °C
Kelarutan dalam Air pada 25 °C	0,050 gram/100 gram air	-	0,18 gram/100 mL	22 mg/LTEKAN
Flash Point	4,0 °C	-253 °C (gas)	-11 °C	-188 °C
Tekanan Kritis	-	1906,56 kPa	4898 kPa	46,04 bar
Temperatur Kritis	320,8 °C	-231,08 °C	289,01 °C	-82,42 °C

(sumber: MSDS; Kirk-Othmer, 1984; Ullman's, 2002; PubChem, 2017; Wiberg, 2001)

Sifat kimia senyawa yang terlibat dalam proses pembuatan benzena adalah sebagai berikut.

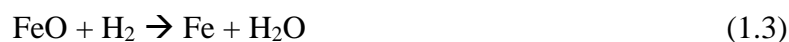
1. Bahan baku

a. Toluena

- Senyawa *aromatic*, pengoksidasi kelompok metil menghasilkan benzaldehida dan asam benzoat, dapat mengalami dekarboksilasi menjadi *phenol* atau mengalami hidrogenasi menjadi asam sikloheksankarboksilik, dan alkilasi dari toluena dengan propilen menghasilkan *methylcumene* isomer (Ullman's, 2002).
- Hidrogenasi termal dari toluene akan menghasilkan benzena, metana, dan dipenil, dengan oksigen (oksidasi) dalam fase cair dan katalis Br-Co-Mn menghasilkan asam *benzoate*, serta oksidasi parsial menghasilkan *stilbene* (Kirk and Othmer, 1991).

**b. Hidrogen**

- Gas hidrogen akan bereaksi dengan oksida logam pada temperatur tinggi menghasilkan logam dan air.



- Untuk dibawah kondisi tertentu. Hidrogen dapat bereaksi dengan nitrit oksida untuk menghasilkan nitrogen.



(Kirk and Othmer, 1991).

**2. Produk Utama**

**a. Benzena**

- Benzena banyak digunakan sebagai senyawa antara dan pembentukannya terjadi pada temperatur diatas 500°C (Ullman's, 2002).

- Oksidasi

Senyawa benzena dioksidasi dengan permanganat atau dikromat menjadi air dan karbondioksida.

- Reduksi

Senyawa benzena baik senyawa tunggal maupun dalam pelarut hidrokarbon pada kondisi temperatur suhu kamar dan tekanan biasa dapat direduksi menjadi *cyclobenzene* atau dengan hidrogen dan menggunakan katalis nikel atau kobalt.

- Halogenasi

Benzena direaksikan dengan  $\text{Br}_2$  dan  $\text{Cl}_2$  menggunakan katalis halide logam akan diperoleh *chlorobenzene* dan *bromobenzene*. *Chlorobenzene* direaksikan dengan kondisi operasi 30-50°C (katalis *molybdenum chloride*) yang dihasilkan melalui reaksi pada fase cair.

- Nitration

*Nitrobenzene* terbentuk dari nitration benzena. Proses nitration menggunakan asam nitrat dicampur dengan asam sulfat pekat dengan kondisi operasi temperatur 50-55°C dan menghasilkan *nitrobenzene* sekitar 95%.

- Sulfonation

Benzena yang bereaksi dengan asam sulfat fase uap pada temperatur ruangan menghasilkan asam benzena sulfonat. Proses sulfonation dapat dilakukan dengan asam sulfat saja namun reaksi yang dihasilkan akan berjalan lebih lambat.

- Alkylation

*Ethylbenzene* dan *cumene* merupakan hasil dari alkylation benzena dengan mereaksikan benzena dengan etilen dan propilen. Reaksi tersebut dapat berlangsung pada fase uap dan fase cair. Untuk katalis yang digunakan adalah  $\text{BF}_3$ , *aluminium chloride* ( $\text{AlCl}_3$ ) atau asam *poliphosphat*.

(Kirk and Othmer, 1991).

### 3. Produk Samping

#### a. Metana

- Reaksi pembakaran sempurna pada senyawa metana akan menghasilkan gas karbondioksida dan uap air. Reaksi pada proses ini:



- Reaksi halogenasi pada gas senyawa metana akan menghasilkan klorometana dan HCl. Reaksi pada proses ini:



(Fessenden, 1989).

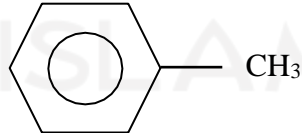
## BAB II

### PERANCANGAN PRODUK

#### 2.1 Spesifikasi Bahan Baku

##### Toluena

Struktur Molekul :



Fase : Cair

Warna : Jernih, *sediment free*

Bau : Khas aromatis

Kemurnian : 99,8% (% berat min)

Impuritis : Benzena 0,2 % (% berat maks)

Densitas : 0,8631 Kg/L

Kelarutan : *Moderate*

*(Kirk-Othmer, PubChem)*

##### Hidrogen

Fase : Gas

Warna : Tidak berwarna

Bau : Tidak berbau

Kemurnian : 99,99% (% mol)

Impuritis : Maksimum <1% (% mol)

Densitas : 69,86 kg /L

Kelarutan : Larut dalam berbagai senyawa

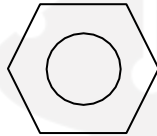
(Kirk-Othmer, PubChem)

## 2.2 Spesifikasi Produk

### 2.2.1 Spesifikasi Produk Utama

#### Benzena

Struktur Molekul :



Fase : Cair

Warna : Jernih (Tidak berwarna)

Bau : Khas aromatis

Kemurnian : min. 99,8% (% berat)

Impuritis : Toluena 0,2% (% berat maks)

Densitas : 0,8736 Kg/L

Kelarutan : Larut dalam alkohol, kloroform, diklorometan, dietil eter, aseton, dan *acetid acid*

(Kirk-Othmer, PubChem)

### 2.2.2 Spesifikasi Produk Samping

#### Metana

Fase : Gas

Warna : Tidak berwarna



Bau	: Tidak berbau
Kemurnian	: 99% (% mol)
Impuritis	: Maksimum <1% (% mol)
Densitas	: 0,0007 kg/L

(Kirk-Othmer, PubChem)

### 2.3 Spesifikasi Bahan Pembantu

#### *Chromia-Alumina*

Fase	: Padat
Bentuk	: Pellet silinder
Densitas	: 0,78 g/cm <sup>3</sup>
Viskositas	: 0,81 cP
Porositas	: 0,8
Panjang	: 3 mm (US Patent 378388)
Komposisi	: 80% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 20% Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>

(Faith Keyes, 1975)

### 2.4 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas adalah aktivitas pengendalian proses untuk mengukur ciri-ciri kualitas produk yaitu membandingkannya dengan spesifikasi atau persyaratan yang ada dan mengambil tindakan yang sesuai apabila terdapat perbedaan antara penampilan yang sebenarnya dengan standar yang telah ditetapkan (Montgomery, 1990).

#### **2.4.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku**

Pengendalian kualitas bahan baku dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kondisi kualitas bahan baku yang akan digunakan supaya sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan untuk proses. Pada pabrik benzena kali ini diharapkan produk benzena yang dihasilkan dapat memiliki mutu yang sesuai dengan standar dan jumlah produksi serta rencana waktu yang tepat sesuai jadwal yang diinginkan.

Pada proses pembentukan benzena dilakukan beberapa kontrol bahan baku berupa indikator *Temperature Controller* (TC) dan *Pressure Controller* (PC) yaitu pada tahap pembakaran bahan baku pada *furnace* (F-01) supaya diperoleh kondisi operasi sesuai standar proses yaitu pada temperatur pembakaran tetap  $600^{\circ}\text{C}$  dan tekanan tetap pada 25 atm.

#### **2.4.2 Pengendalian Kualitas Proses Produksi**

Pengendalian dan pengawasan terhadap proses produksi dilakukan dengan alat pengendalian yang berpusat di *control room*, dengan fitur otomatis untuk menjaga supaya semua proses dapat berjalan dengan baik dan kualitas produk dapat diseragamkan sesuai spesifikasi yang diinginkan. Pengendalian diterapkan pada setiap tahapan proses mulai dari bahan baku hingga menjadi produk. Semua kontrol mutu dilakukan melalui analisis bahan di laboratorium maupun penggunaan di alat kontrol.

Beberapa alat kontrol yang digunakan yaitu, kontrol terhadap kondisi operasi. Kemudian terdapat alat kontrol yang harus diatur pada kondisi tertentu, antara lain:

1. *Pressure Controller* (pengendalian tekanan dalam suatu alat)
2. *Pressure Indikator* (alat yang menunjukkan tekanan terakhir pada suatu alat)
3. *Level Controller* (pengendalian volume cairan tangki/ *vessel*)
4. *Level Indikator* (alat yang digunakan untuk menunjukkan ketinggian terakhir cairan)
5. *Flow Rate Controller* (pengendalian aliran baik itu aliran masuk maupun aliran keluar)
6. *Temperature Controller* (*set point*/ batasan nilai suhu yang dapat diatur)
7. *Temperature Indikator* (alat yang menunjukkan suhu terakhir pada suatu alat)
8. *Ratio Controller* (pengendalian rasio antara toluena dan benzena yang masuk ke menara distilasi).

Pengendalian untuk mengontrol kondisi operasi proses pembentukan benzena yang terjadi pada reaktor (R-01) yaitu dengan memasang indikator *Temperature Controller* (TC) dan *Pressure Controller* (PC) yang sama seperti pada *furnace* (F-01) supaya kondisi operasi sesuai yang ditentukan.

#### **2.4.3 Pengendalian Kualitas Produk**

Pengendalian kualitas produk diharapkan dapat mengontrol produk yang keluar sesuai dengan yang diinginkan yaitu dalam proses pembentukan benzena adalah dengan memasang indikator *Flow Rate Controller* (FC), *Ratio Controller* (RC), dan *Level Controller* (LC) pada menara distilasi (MD-01) agar diperoleh produk benzena sesuai yang diharapkan. Kemudian produk benzena tersebut dipindahkan ke tangki penyimpanan tetap (*storage tank*) dan *storage tank* ke mobil truk dan ke kapal untuk proses pendistribusian produk hingga sampai ke konsumen.

Tabel 2. 1 Sistem Kontrol yang Digunakan dalam Alat-Alat Proses Pabrik Benzena

<b>No.</b>	<b>Nama Alat</b>	<b>Kode Alat</b>	<b>Instrumen</b>
1.	Reaktor	R-01	<i>Temperature Control</i> <i>Pressure Control</i>
2.	Kondensor	CD-01 CD-02	<i>Temperature Control</i>
3.	<i>Expansion Valve</i>	EV-01 EV-02 EV-03	<i>Pressure Control</i>
4.	<i>Flash Drum</i>	FD-01	<i>Level Control</i>
5.	<i>Heater</i>	H-01	<i>Temperature Control</i>
6.	Menara Distilasi	MD-01	<i>Flow Rate Control</i> <i>Ratio Control</i> <i>Level Control</i>
7.	Reboiler	RB-01	<i>Level Control</i> <i>Temperature Control</i>
8.	<i>Accumulator</i>	ACC-01	<i>Flow Rate Control</i> <i>Level Control</i>
9.	<i>Cooler</i>	C-01	<i>Temperature Control</i>
10.	Tangki Penyimpanan	T-01 T-02 T-03	<i>Level Indikator</i>
11.	<i>Furnace</i>	F-01	<i>Temperature Control</i>
12.	Separator	SP-01	<i>Level Control</i>
13.	<i>Vaporizer</i>	V-01	<i>Temperature Control</i>
14.	Pompa	P-01	<i>Flow Rate Control</i> <i>Pressure Control</i>

## BAB III

### PERANCANGAN PROSES

Pabrik pembentukan benzena ini diproduksi dengan kapasitas 165.000 ton/tahun dari bahan baku toluena dan hidrogen yang akan beroperasi selama 24 jam perhari dalam 330 hari selama setahun. Secara garis besar proses pada pabrik ini terdiri dari penyiapan bahan baku, proses pembentukan produk, dan pemurnian produk.

#### 3.1 Uraian Proses

Benzena dibuat dengan proses hidrodealkilasi menggunakan bahan baku toluena, hidrogen, dan *Chromia alumina* sebagai katalis. Terdapat tiga tahapan yang dilakukan dalam proses pembuatan produk benzena yaitu meliputi persiapan bahan baku, proses hidrodealkilasi, dan pemurnian produk.

Persiapan bahan baku selalu dipertimbangkan dalam suatu pabrik, karena kondisi operasi yang diinginkan tidak begitu saja tercapai sehingga bahan baku perlu dikondisikan sedemikian rupa agar reaksi bisa berjalan dengan baik. Bahan baku berupa toluena cair dengan kemurnian 99,8% disimpan di dalam tangki penyimpanan (T-01) dengan kondisi operasi tekanan 1 atm dan suhu 30 °C dinaikkan tekanannya menjadi 25 atm menggunakan pompa (P-01) kemudian dialirkan menuju *vaporizer* (V-01) untuk diuapkan hingga menjadi gas. Toluena fase gas dan cair keluaran *vaporizer* (V-01) dipisahkan menggunakan separator (SP-01). Hasil atas separator (SP-01) dialirkan menuju *furnace* (F-01) sedangkan hasil bawah separator (SP-01) di *recycle* menuju *mixing point* (MP-02) untuk diuapkan kembali di *vaporizer* (V-01). Gas Hidrogen murni dari tangki

penyimpanan (T-02) dengan kondisi operasi tekanan 25 atm dan suhu 30 °C dialirkan menuju *furnace* (F-01) untuk dinaikkan suhunya menjadi 600°C.

Toluena dan hidrogen berfase gas dengan suhu 600°C dan tekanan 25 atm dialirkan menuju reaktor *fixed bed* (R-01) untuk dilakukan Proses Hidrodealkilasi. Produk benzena, sisa-sisa toluena dan hidrogen serta metana hasil reaksi yang keluar dari reaktor diturunkan tekanannya menjadi 2,3 menggunakan *expansion valve* (EV-01).

Hasil keluaran *expansion valve* (EV-01) diubah fasenya menjadi cair dengan menurunkan suhunya menjadi 58°C menggunakan alat kondensor (CD-01). Kemudian hasil keluaran kondensor (CD-01) berupa benzena dan sisa-sisa toluena berfase cair serta hidrogen dan metana berfase gas yang merupakan senyawa *non- condensable* Selanjutnya dialirkan menuju *flash drum* (FD-01) untuk memisahkan benzena dan sisa-sisa toluena hasil reaksi dengan metana dan hidrogen yang telah berubah fase menjadi gas. Hasil atas *flash drum* (FD-01) dialirkan menuju UPL. Sedangkan hasil bawah *flash drum* (FD-01) yaitu produk benzena dan sisa toluena kemudian dimurnikan menggunakan menara distilasi (MD-01) untuk memperoleh spesifikasi produk yang diinginkan. Hasil atas menara distilasi berupa produk benzena dengan kemurnian 99,8% diturunkan suhunya menjadi 30°C menggunakan alat *cooler* (C-01) sebelum dialirkan menuju tangki penyimpanan produk benzena (T-03). Sedangkan hasil bawah menara distilasi berupa toluena dengan kemurnian 99,8% di *recycle* menuju *mixing point* (MP-01) untuk digunakankembali sebagai bahan baku.

## 3.2 Spesifikasi Alat/ Mesin Produk

### 3.2.1 Tangki Penyimpanan

Tabel 3. 1 Spesifikasi Tangki Penyimpanan

<b>Nama</b>	<b>Tangki Penyimpanan C<sub>7</sub>H<sub>8</sub></b>	<b>Tangki Penyimpanan H<sub>2</sub></b>	<b>Tangki Penyimpanan C<sub>6</sub>H<sub>6</sub></b>
<b>Kode</b>	T-01	T-02	T-03
<b>Fungsi</b>	Menyimpan kebutuhan bahan baku Toluena dengan kemurnian 99,8% selama 14 hari penyimpanan.	Menyimpan kebutuhan bahan baku Hidrogen dengan kemurnian 100% selama 14 hari penyimpanan.	Menyimpan produk Benzana dengan kemurnian 99,8% selama 14 hari penyimpanan.
<b>Jenis</b>	Tangki silinder tegak (vertical) dengan dasar datar ( <i>flat bottomed</i> ) dan atap berbentuk <i>Torispherical</i> .	Tangki bulat ( <i>Spherical tank</i> )	Tangki silinder tegak (vertical) dengan dasar datar ( <i>flat bottomed</i> ) dan atap berbentuk <i>Torispherical</i> .
<b>Kapasitas (Kg)</b>	8245271,2821	9710467,5716	14981515,3846
<b>Volume Tangki (m<sup>3</sup>)</b>	11527,1179	1907,4083	4854,318
<b>Bahan Konstruksi</b>	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>

Tabel 3.1 Spesifikasi Tangki Penyimpanan (lanjutan)

Fase		Cair	Gas	Cair
<b>Jumlah</b>		1 Buah	1 Buah	1 Buah
<b>Kondisi Operasi</b>	<b>T</b> (°C)	30	30	30
	<b>P</b> (at m)	1	25	1
<b>Course Plate</b>		7	-	6
<b>Tebal Shell (in)</b>		Course 1: 0,2500 Course 2: 0,2500 Course 3: 0,1875 Course 4: 0,1875 Course 5: 0,1875 Course 6: 0,1875 Course 7: 0,1875	0,3125	Course 1: 0,1875 Course 2: 0,1875 Course 3: 0,1875 Course 4: 0,1875 Course 5: 0,1875 Course 6: 0,1875
<b>Tebal Atap (in)</b>		0,1875	-	0,1875
<b>Tinggi Dinding (m)</b>		12,8016	-	10,9728
<b>Tinggi Atap (m)</b>		6,5191	-	4,7230
<b>Diameter Tangki (m)</b>		36,5760	15,3894	27,4320
<b>Tinggi Total Tangki (m)</b>		19,3207	-	15,6958
<b>Harga (\$)</b>		\$ 1.011.754	\$ 2.103.700	\$ 576.680



### 3.2.2 Reaktor

Tabel 3. 2 Spesifikasi Reaktor

<b>Nama</b>		<b>Reaktor - 01</b>
<b>Kode</b>		R-01
<b>Fungsi</b>		Untuk mereaksikan bahan baku Toluena dan Hidrogen dengan bantuan katalis <i>Chromia Alumina</i> untuk menghasilkan produk Benzene.
<b>Jenis</b>		<i>Fixed Bed</i>
<b>Tipe Atap</b>		<i>Elliptical dished head / Ellipsoidal</i>
<b>Bahan Konstruksi</b>		<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
<b>Jumlah</b>		1 Buah
<b>Fase</b>		Gas
<b>Kondisi</b>		Adiabatis, non-isotermal
<b>Kondisi Operasi</b>	<b>Tin (°C)</b>	600
	<b>Tout (°C)</b>	630
	<b>P (atm)</b>	25
<b>Katalis</b>	<b>Jenis</b>	<i>Chromia Alumina</i>
	<b>Diameter (m)</b>	0,0031
	<b>Panjang (m)</b>	0,0030
	<b>Densitas (kg/m<sup>3</sup>)</b>	780
	<b>Bentuk</b>	Pellet
	<b>Bahan Isolasi</b>	<i>Kaolin Insulating Firebrick</i>
	<b>Tebal Isolasi (m)</b>	0,1415
<b>Tebal Dinding (in)</b>		1,0000
<b>Tebal Atap (in)</b>		1,2500
<b>Volume Tangki (m<sup>3</sup>)</b>		0,0018

<b>Diameter Tangki (m)</b>	1,016
<b>Tinggi Total Tangki (m)</b>	6,5184
<b>Harga (\$)</b>	\$ 174.213



### 3.2.3 Furnace

Tabel 3. 3 Spesifikasi Furnace

<b>Nama</b>		<b><i>Furnace - 01</i></b>
<b>Kode</b>		F-01
<b>Fungsi</b>		Memanaskan campuran gas dari suhu 284°C sampai suhu 600 °C melalui pembakaran bahan bakar sebagai sumber panas.
<b>Jenis</b>		<i>Fire Box Furnace</i>
<b>Bahan Konstruksi</b>		<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
<b>Kondisi Operasi</b>	<b>T (°C)</b>	600
	<b>P (atm)</b>	25
<b>Beban Panas (Btu/jam)</b>		3070997
<b>Jumlah</b>		1 Buah
<b>SCH</b>		30
<b>ID (in)</b>		15,2500
<b>OD (in)</b>		16,0000
<b>Dimensi Furnace</b>	<b>Panjang (m)</b>	3,0400
	<b>Lebar (m)</b>	4,2672
	<b>Tinggi (m)</b>	3,3528
<b>Dimensi Stack</b>	<b>ID (in)</b>	2
	<b>Tinggi (m)</b>	10,3412
<b>Isolator</b>	<b>Bahan Isolasi</b>	<i>Kaolin Insulating Firebrick</i>
	<b>Tebal Isolasi (in)</b>	0,1330
<b>Harga (\$)</b>		\$ 350.616

### 3.2.4 Separator

Tabel 3. 4 Spesifikasi Separator

<b>Nama</b>		<b>Separator - 01</b>
<b>Kode</b>		SP-01
<b>Fungsi</b>		Memisahkan campuran toluena dan benzena fasa uap dan cair hasil keluaran <i>Vaporizer</i> (V-01).
<b>Jenis</b>		Silinder Vertikal
<b>Bahan Konstruksi</b>		<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
<b>Jumlah</b>		1 Buah
<b>Kondisi Operasi</b>	<b>T (°C)</b>	284
	<b>P (atm)</b>	25
<b>Tebal Dinding (in)</b>		1,1250
<b>Tebal Atap (m)</b>		1,0000
<b>Jenis Atap</b>		<i>Elliptical dished head / Ellipsoidal</i>
<b>Diameter Tangki (m)</b>		1,1066
<b>Tinggi Total Tangki (m)</b>		2,7282
<b>Volume Tangki (m<sup>3</sup>)</b>		1,3766
<b>Harga (\$)</b>		\$ 114.414

### 3.2.5 Flash Drum

Tabel 3.5 Spesifikasi Flash Drum

<b>Nama</b>		<b><i>Flash Drum - 01</i></b>
<b>Kode</b>		FD-01
<b>Fungsi</b>		Memisahkan Benzena dan Toluena fase cair dengan Metana dan Hidrogen fase gas dengan terjadinya penurunan tekanan.
<b>Jenis</b>		<i>Vertical Flash Drum</i>
<b>Bahan Konstruksi</b>		<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
<b>Jumlah</b>		1 Buah
<b>Kondisi Operasi</b>	<b>T (°C)</b>	58
	<b>P (atm)</b>	2,3000
<b>Tebal Dinding (in)</b>		0,3125
<b>Tebal Atap (in)</b>		0,3125
<b>Jenis Atap</b>		<i>Torispherical Dished Head</i>
<b>Diameter Tangki (m)</b>		1,9812
<b>Tinggi Total Tangki (m)</b>		6,6657
<b>Volume Tangki (m<sup>3</sup>)</b>		17,1093
<b>Harga (\$)</b>		\$ 159.170

### 3.2.6 Menara Distilasi

Tabel 3.6 Spesifikasi Menara Distilasi

<b>Nama</b>		<b>Menara Distilasi - 01</b>	
<b>Kode</b>		MD-01	
<b>Fungsi</b>		Memisahkan komponen Benzena sebagai hasil atas (Distilat) dan Toluena sebagai hasil bawah ( <i>Bottom</i> ).	
<b>Jenis</b>		<i>Plate tower (sieve tray)</i>	
<b>Bahan Konstruksi</b>		<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>	
<b>Jumlah</b>		1 Buah	
<b>Kondisi Operasi</b>	<b>Umpan Menara</b>	T (°C)	114
		P (atm)	2,3000
	<b>Puncak Menara</b>	T (°C)	95
		P (atm)	2,2000
	<b>Dasar Menara</b>	T (°C)	130
		P (atm)	2,5000
<b>Letak Umpan Masuk</b>		Stage 24	
<b>Jumlah Stage</b>		36 Buah	
<b>Tipe Tray</b>		<i>Sieve Tray</i>	
<b>IDs (in)</b>		99,5950	
<b>ODs (in)</b>		102,0000	
<b>Tebal Dinding (in)</b>		0,3800	
<b>Tebal Atap (in)</b>		0,5000	
<b>Jenis Atap</b>		<i>Torispherical Dished Head</i>	

Tabel 3.6 Spesifikasi Menara Distilasi (lanjutan)

<b>Diameter Tangki (m)</b>	2,5297
<b>Tinggi Total Tangki (m)</b>	13,0000
<b>Harga (\$)</b>	\$ 218.689

### 3.2.7 Vaporizer

Tabel 3.7 Spesifikasi Vaporizer

<b>Nama</b>	<b><i>Vaporizer - 01</i></b>	
<b>Kode</b>	V-01	
<b>Fungsi</b>	Menguapkan bahan baku Toluena dari <i>Mixing Point</i> (MP-02).	
<b>Jenis</b>	<i>Shell and Tube Heat Excanger</i>	
<b>Bahan Konstruksi</b>	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>	
<b>Beban Panas (Btu/jam)</b>	20304900,6284	
<b>Luas Transfer Panas (ft<sup>2</sup>)</b>	784,7400	
<b>Jumlah</b>	1 Buah	
<b>Kondisi Operasi</b>	<b>T (°C)</b>	284
	<b>P (atm)</b>	25
<b>Shell side</b>	<b>Aliran Fluida</b>	<i>Cold Fluid (Light Organics)</i>
	<b>IDs (in)</b>	17,2500
	<b>Baffle Spacing (in)</b>	12,9375
	<b>Passes</b>	1

Tabel 3.7 Spesifikasi Vaporizer (lanjutan)

<i>Tube side</i>	<b>Airan Fluida</b>	<i>Hot Fluid (Steam)</i>
	<b>IDt (in)</b>	0,9020
	<b>ODt (in)</b>	1,0000
	<b>Nt</b>	131 Buah
	<b>BWG</b>	18
	<b>Passes</b>	1
<b>Panjang Pipa (m)</b>		7,3152
<b>Uc (Btu/jam.ft<sup>2</sup>.°F)</b>		932,2400
<b>Ud (Btu/jam.ft<sup>2</sup>.°F)</b>		239,7095
<b>Rd (jam.ft<sup>2</sup>.°F/Btu)</b>		0,0042
<b>Rd min (jam.ft<sup>2</sup>.°F/Btu)</b>		0,0010
<b>Harga (\$)</b>		\$ 66.712

### 3.2.8 Kondensor

Tabel 3.8 Spesifikasi Kondensor

<b>Nama</b>	<b><i>Condensor - 01</i></b>	<b><i>Condensor - 02</i></b>
<b>Kode</b>	CD-01	CD-02
<b>Fungsi</b>	Mengembungkan hasil keluaran <i>Expansion Valve</i> (EV- 01).	Mengembungkan hasil atas keluaran Menara Distilasi (MD-01).
<b>Jenis</b>	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
<b>Bahan Konstruksi</b>	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
<b>Beban Panas (Btu/jam)</b>	33595,4115	6983459,6950
<b>Luas Transfer Panas (ft<sup>2</sup>)</b>	4741,6801	364,5113



Tabel 3.8 Spesifikasi Kondensor (lanjutan)

<b>Jumlah</b>		1 Buah	1 Buah
<b>Kondisi Operasi</b>	<b>T (°C)</b>	58	89
	<b>P (atm)</b>	2,3	2,2
<i>Shell side</i>	<b>Aliran Fluida</b>	<i>Hot Fluid (Gases)</i>	<i>Hot Fluid (Light Organics)</i>
	<b>IDs (in)</b>	37,0000	13,2500
	<b>Baffle Spacing (in)</b>	22,2000	9,9375
	<b>Passes</b>	1	1
<i>Tube side</i>	<b>Airan Fluida</b>	<i>Cold Fluid (Dowtherm A)</i>	<i>Cold Fluid (Water)</i>
	<b>IDt (in)</b>	0,6520	0,9020
	<b>ODt (in)</b>	0,7500	1,0000
	<b>Nt</b>	1200 Buah	66 Buah
	<b>BWG</b>	18	18
	<b>Passes</b>	2	2
<b>Panjang Pipa (m)</b>		7,3152	7,3152
<b>Uc (Btu/jam.ft<sup>2</sup>.°F)</b>		482,3012	1287,2600
<b>Ud (Btu/jam.ft<sup>2</sup>.°F)</b>		48,2254	146,2012
<b>Rd (jam.ft<sup>2</sup>.°F/Btu)</b>		0,0187	0,0061
<b>Rd min (jam.ft<sup>2</sup>.°F/Btu)</b>		0,0010	0,0010
<b>Harga (\$)</b>		\$ 78.004	\$ 41.709

### 3.2.9 Cooler

Tabel 3.9 Spesifikasi Cooler

<b>Nama</b>		<b>Cooler - 01</b>
<b>Kode</b>		C-01
<b>Fungsi</b>		Menurunkan temperatur hasil keluaran Kondensor (CD-02).
<b>Jenis</b>		<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
<b>Bahan Konstruksi</b>		<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
<b>Beban Panas (kJ/jam)</b>		2879113,2826
<b>Luas Transfer Panas (ft<sup>2</sup>)</b>		574,2388
<b>Jumlah</b>		1 Buah
<b>Kondisi Operasi</b>	<b>T (°C)</b>	30
	<b>P (atm)</b>	1
<b>Shell side</b>	<b>Aliran Fluida</b>	<i>Hot Fluid (Light Organics)</i>
	<b>IDs (in)</b>	19,2500
	<b>Baffle Spacing (in)</b>	9,6250
	<b>Passes</b>	1
<b>Tube side</b>	<b>Airan Fluida</b>	<i>Cold Fluid (Water)</i>
	<b>IDt (in)</b>	0,6520
	<b>ODt (in)</b>	0,7500
	<b>Nt</b>	163 Buah
	<b>BWG</b>	18
	<b>Passes</b>	1
<b>Panjang Pipa (m)</b>		5,4864
<b>Uc (Btu/jam.ft<sup>2</sup>.°F)</b>		263,3223
<b>Ud (Btu/jam.ft<sup>2</sup>.°F)</b>		154,1813
<b>Rd (jam.ft<sup>2</sup>.°F/Btu)</b>		0,0027

Tabel 3.9 Spesifikasi Cooler (lanjutan)

<b>Rd min (jam.ft<sup>2</sup>.°F/Btu)</b>	0,0010
<b>Harga (\$)</b>	\$ 38.829

### 3.2.10 Reboiler

Tabel 3.10 Spesifikasi Reboiler

<b>Nama</b>		<b><i>Reboiler - 01</i></b>
<b>Kode</b>		RB-01
<b>Fungsi</b>		Menguapkan hasil bawah keluaran Menara Distilasi (MD-01).
<b>Jenis</b>		<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
<b>Bahan Konstruksi</b>		<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
<b>Beban Panas (Btu/jam)</b>		464453,2122
<b>Luas Transfer Panas (ft<sup>2</sup>)</b>		13,3620
<b>Jumlah</b>		1 Buah
<b>Kondisi Operasi</b>	<b>T (°C)</b>	147
	<b>P (atm)</b>	2,5
<b>Jumlah Hairpins</b>		2 Buah
<b>Panjang Hairpins (m)</b>		3,6576
<b><i>Inner Pipe</i></b>	<b>Aliran Fluida</b>	<i>Hot Fluid (Steam)</i>
	<b>IPS (in)</b>	4,0000
	<b>ID (in)</b>	4,0260
	<b>OD (in)</b>	4,5000
<b><i>Outer Pipe/ Annulus</i></b>	<b>Aliran Fluida</b>	<i>Cold Fluid (Light Organics)</i>
	<b>IPS (in)</b>	6,0000
	<b>ID (in)</b>	6,0650
	<b>OD (in)</b>	6,6250

Tabel 3.10 Spesifikasi Reboiler

Uc (Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F)	421,0560
Ud (Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F)	114,2862
Rd (jam.ft <sup>2</sup> .°F/Btu)	0,002
Rd min (jam.ft <sup>2</sup> .°F/Btu)	0,001-0,002
Harga (\$)	\$ 2.189

### 3.2.11 Heater

Tabel 3.11 Spesifikasi Heater

<b>Nama</b>		<b><i>Heater - 01</i></b>
<b>Kode</b>		H-01
<b>Fungsi</b>		Menaikkan temperatur hasil bawah keluaran <i>Flash Drum</i> (FD-01).
<b>Jenis</b>		<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
<b>Bahan Konstruksi</b>		<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
<b>Beban Panas (Btu/jam)</b>		9853676,2230
<b>Luas Transfer Panas (ft<sup>2</sup>)</b>		93,1483
<b>Jumlah</b>		1 Buah
<b>Kondisi Operasi</b>	<b>T (°C)</b>	114
	<b>P (atm)</b>	2,3
<b>Jumlah Hairpins</b>		9 Buah
<b>Panjang Hairpins (m)</b>		4,5720
<b>Inner Pipe</b>	<b>Aliran Fluida</b>	<i>Hot Fluid (Steam)</i>
	<b>IPS (in)</b>	4,0000
	<b>ID (in)</b>	4,0260
	<b>OD (in)</b>	4,5000

Tabel 3.11 Spesifikasi Heater (lanjutan)

<b>Outer Pipe/ Annulus</b>	<b>Airan Fluida</b>	<i>Cold Fluid (Light Organics)</i>
	<b>IPS (in)</b>	6,0000
	<b>ID (in)</b>	6,0650
	<b>OD (in)</b>	6,6250
<b>Uc (Btu/jam.ft<sup>2</sup>.°F)</b>		454,7790
<b>Ud (Btu/jam.ft<sup>2</sup>.°F)</b>		238,1593
<b>Rd (jam.ft<sup>2</sup>.°F/Btu)</b>		0,0020
<b>Rd min (jam.ft<sup>2</sup>.°F/Btu)</b>		0,001-0,002
<b>Harga (\$)</b>		\$ 5.415

### 3.2.12 Akumulator

Tabel 3.12 Spesifikasi Akumulator

<b>Nama</b>	<b><i>Accumulator - 01</i></b>	
<b>Kode</b>	ACC-01	
<b>Fungsi</b>	Menampung hasil keluaran kondensator (CD-02) pada Menara Distilasi (MD-01).	
<b>Jenis</b>	Tangki Silinder Horizontal	
<b>Bahan Konstruksi</b>	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>	
<b>Jumlah</b>	1 Buah	
<b>Kondisi Operasi</b>	<b>T (°C)</b>	108
	<b>P (atm)</b>	1
<b>Diameter Tangki (m)</b>		0,4119
<b>Panjang Tangki (m)</b>		2,6875
<b>Tebal Dinding (in)</b>		0,1875
<b>Tebal Atap (in)</b>		0,1875
<b>Jenis Atap</b>		<i>Flanged and Dished Head</i>

Tabel 3.12 Spesifikasi Akumulator (lanjutan)

<b>Tinggi Atap (m)</b>	0,1081
<b>Harga (\$)</b>	\$ 36.870

### 3.2.13 Expansion Valve

Tabel 3.13 Spesifikasi Expansion Valve

<b>Nama</b>	<i>Expansion Valve - 1</i>	<i>Expansion Valve - 2</i>	<i>Expansion Valve - 3</i>	
<b>Kode</b>	EV-01	EV-02	EV-03	
<b>Fungsi</b>	Menurunkan tekanan keluaran Reaktor (R-01) untuk diumpankan ke Kondensor (CD-01).	Menurunkan tekanan keluaran Kondensor (CD-02) untuk diumpankan ke Cooler (C-01).	Menurunkan tekanan keluaran hasil atas <i>Flash Drum</i> (FD-01) untuk dialirkan menuju UPL.	
<b>Jenis</b>	<i>Globe Valve Open</i>	<i>Globe Valve Open</i>	<i>Globe Valve</i>	
<b>Bahan Konstruksi</b>	<i>Commercial Stainless Steel AISI tipe 316</i>	<i>Commercial Stainless Steel AISI tipe 316</i>	<i>Commercial Stainless Steel AISI tipe 316</i>	
<b>Kondisi Operasi</b>	<b>T (°C)</b>	600	89	58
	<b>P in (atm)</b>	25	2,2	2,3
	<b>P out (atm)</b>	2,3	1	1

Tabel 3.13 Spesifikasi Expansion Valve (lanjutan)

<b>Ukuran Pipa</b>	<b>ID (in)</b>	6,0650	2,4690	1,0490
	<b>OD (in)</b>	6,6250	2,8800	1,3200
	<b>SCH</b>	40	40	40
	<b>IPS (in)</b>	6,0000	2,5000	1,0000
	<b>Luas Area (in<sup>2</sup>)</b>	28,9000	4,7900	0,8640
<b>Panjang Ekuivalen (m)</b>	54,8613	21,3350	9,1436	
<b>Jumlah</b>	1 Buah	1 Buah	1 Buah	
<b>Harga (\$)</b>	\$ 22.122	\$ 11.867	\$ 8.065	

### 3.2.14 Pompa

Tabel 3.14 Spesifikasi Pompa

Nama		Pompa - 1	Pompa - 2	Pompa - 3	Pompa - 4
Kode		P-01	P-02	P-03	P-04
Fungsi		Mengalirkan fluida cair dari Tangki Penyimpanan (T-01) menuju <i>Mixing Point</i> (MP-01) dan menaikkan tekanan bahan baku Toluena dengan impuritasnya.	Mengalirkan fluida cair dari <i>Mixing Point</i> (MP-01) menuju <i>Mixing Point</i> (MP-02).	Mengalirkan fluida cair keluaran <i>Mixing Point</i> (MP-02) menuju <i>Vaporizer</i> (V-01).	Mengalirkan fluida cair hasil bawah keluaran Separator (SP-01) menuju <i>Mixing Point</i> (MP-01).
Jenis		<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
Impeller		<i>Radial Flow Impellers</i>	<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Mixed Flow Impellers</i>
Kapasitas (gal/min)		150,7254	181,3130	242,5893	72,7371
Bahan Konstruksi		<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
Kondisi Operasi	T (°C)	30	49	104	284
	P in (atm)	1	25	25	25
	P out (atm)	25	25	25	25



Tabel 3.14 Spesifikasi Pompa (lanjutan)

<b>Ukuran Pipa</b>	<b>ID (in)</b>	6,0650	6,0650	6,0650	3,0680
	<b>OD (in)</b>	6,6250	6,6250	6,6250	3,5000
	<b>SCH</b>	40	40	40	40
	<b>IPS (in)</b>	6,0000	6,0000	6,0000	3,0000
<b>Jenis Aliran</b>		Turbulen	Turbulen	Turbulen	Turbulen
<b>Efisiensi Pompa</b>		47%	50%	52%	38%
<b>Daya Pompa (Hp)</b>		67,2352	1,3348	1,6220	0,4586
<b>Daya Motor (Hp)</b>		75	2	3	0,7500
<b>Panjang Pipa Total (m)</b>		77,5424	77,5424	77,5424	41,7588
<b>Jumlah</b>		2 Buah	2 Buah	2 Buah	2 Buah
<b>Harga (\$)</b>		\$ 11.176	\$ 11.176	\$ 11.176	\$ 7.528

Tabel 3.15 Lanjutan Tabel 3.14 Spesifikasi Pompa

<b>Nama</b>		<b>Pompa – 5</b>	<b>Pompa – 6</b>	<b>Pompa – 7</b>	<b>Pompa - 8</b>
<b>Kode</b>		P-05	P-06	P-07	P-08
<b>Fungsi</b>		Mengalirkan fluida cair hasil keluaran Kondensor (CD-01) menuju <i>Flash Drum</i> (FD-01)	Mengalirkan fluida cair hasil bawah keluaran <i>Flash Drum</i> (FD-01) untuk diumpankan menuju <i>Heater</i> (H-01).	Mengalirkan fluida cair keluaran <i>Heater</i> (H-01) untuk diumpankan menuju Menara Distilasi (MD-01).	Mengalirkan fluida cair hasil bawah keluaran Kondensor (CD-02) untuk diumpankan kembali menuju Menara Distilasi (MD-01)
<b>Jenis</b>		<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
<b>Impeller</b>		<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Mixed Flow Impellers</i>
<b>Kapasitas (gal/min)</b>		230,9156	158,6149	171,1620	180,4760
<b>Bahan Konstruksi</b>		<i>Commersial Steel</i>	<i>Commersial Steel</i>	<i>Commersial Steel</i>	<i>Commersial Steel</i>
<b>Kondisi Operasi</b>	<b>T (°C)</b>	246	58	114	89
	<b>P in (atm)</b>	25	2,3	2,3	2,2
	<b>P out (atm)</b>	25	2,3	2,3	2,2

Tabel 3.15 Lanjutan Tabel 3.14 Spesifikasi Pompa (lanjutan)

<b>Ukuran Pipa</b>	<b>ID (in)</b>	6,0650	7,9810	6,0650	6,0650
	<b>OD (in)</b>	6,6250	8,6250	6,6250	6,6250
	<b>SCH</b>	40	40	40	40
	<b>IPS (in)</b>	6,0000	8,0000	6,0000	6,0000
<b>Jenis Aliran</b>		Turbulen	Laminer	Turbulen	Turbulen
<b>Efisiensi Pompa</b>		58%	43%	42%	48%
<b>Daya Pompa (Hp)</b>		1,0341	1,5352	1,5523	1,4705
<b>Daya Motor (Hp)</b>		2	2	2	2
<b>Panjang Pipa Total (m)</b>		77,5424	103,4504	77,5424	77,5424
<b>Jumlah</b>		2 Buah	2 Buah	2 Buah	2 Buah
<b>Harga (\$)</b>		\$ 11.176	\$ 13.250	\$ 11.176	\$ 11.176

Tabel 3.16 Lanjutan Tabel 3.15 Spesifikasi Pompa

<b>Nama</b>		<b>Pompa - 9</b>	<b>Pompa - 10</b>	<b>Pompa - 11</b>
<b>Kode</b>		P-09	P-10	P-11
<b>Fungsi</b>		Mengalirkan fluida cair hasil bawah keluaran Menara Distilasi (MD-01) menuju <i>Reboiler</i> (RB-01).	Mengalirkan fluida cair keluaran <i>Cooler</i> (C-01) menuju Tangki Penyimpanan Benzena (T-04).	Mengalirkan fluida cair keluaran <i>Reboiler</i> (RB-01) menuju <i>Mixing Point</i> (MP-01).
<b>Jenis</b>		<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
<b>Impeller</b>		<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Radial Flow Impellers</i>
<b>Kapasitas (gal/min)</b>		30,3727	126,6455	31,1674
<b>Bahan Konstruksi</b>		<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
<b>Kondisi Operasi</b>	<b>T (°C)</b>	130	30	147
	<b>P in (atm)</b>	2,3	1	2,5
	<b>P out (atm)</b>	2,3	1	25

Tabel 3.16 Lanjutan Tabel 3.15 Spesifikasi Pompa (lanjutan)

<b>Ukuran Pipa</b>	<b>ID (in)</b>	2,0670	4,0260	2,0670
	<b>OD (in)</b>	2,3800	4,500	2,3800
	<b>SCH</b>	40	40	40
	<b>IPS (in)</b>	2,0000	4,0000	2,0000
<b>Jenis Aliran</b>		Turbulen	Turbulen	Turbulen
<b>Efisiensi Pompa</b>		21%	41%	21%
<b>Daya Pompa (Hp)</b>		0,6330	1,5093	29,4115
<b>Daya Motor (Hp)</b>		1,5	2	30
<b>Panjang Pipa Total (m)</b>		28,5306	45,8432	28,5306
<b>Jumlah</b>		2 Buah	2 Buah	2 Buah
<b>Harga (\$)</b>		\$ 5.645	\$ 8.641	\$ 5.646

### 3.3 Perancangan Produksi

#### 3.3.1 Kapasitas Perancangan

Pemilihan kapasitas perancangan didasarkan pada kebutuhan benzena di Indonesia, tersedianya bahan baku serta ketentuan kapasitas minimal.

#### 3.3.2 Analisis Kebutuhan Bahan Baku

Analisis kebutuhan bahan baku merupakan salah satu hal penting yang harus diperhatikan dalam penentuan kapasitas produksi suatu pabrik, dimana kontinuitas ketersediaan bahan baku tersebut akan digunakan dalam pembuatan produk benzena. Kebutuhan bahan baku toluena diperoleh dari PT. Styrindo Mono Indonesia yang berlokasi di Serang, Banten sedangkan untuk bahan baku hidrogen murni didapat dari PT. *Airliquide Indonesia* yang berlokasi di Merak, Banten.

Tabel 3.17 Kebutuhan Bahan Baku

Komponen	Kebutuhan (ton/tahun)	Ketersediaan Bahan Baku (ton/tahun)
Toluena 99,8%	ton/tahun	2.646.000 ton/tahun
Hidrogen murni	ton/tahun	233.000 ton/tahun

Dari tabel diatas, dapat disimpulkan bahwa kebutuhan bahan baku pabrik benzena dapat terpenuhi, sehingga ketersediaan bahan baku aman untuk proses produksi.

#### 3.3.3 Analisis Kebutuhan Alat Proses

Analisis kebutuhan peralatan proses meliputi kemampuan peralatan untuk proses, umur peralatan, dan perawatannya. Dengan adanya analisis kebutuhan

peralatan proses maka akan dapat diketahui anggaran yang diperlukan untuk peralatan proses, baik pembelian maupun perawatannya.

### 3.3.4 Perencanaan Bahan Baku dan Alat Proses

Terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menyusun perencanaan proses produksi, pada umumnya ditentukan oleh beberapa faktor seperti:

a. Material (bahan baku)

Penggunaan material yang memenuhi standar kualitas dan kuantitas, maka target produksi yang diinginkan akan tercapai.

b. Manusia (tenaga kerja)

Perlu dilakukannya pelatihan atau *training* untuk karyawan yang bertujuan untuk meningkatkan keterampilan karyawan, sehingga tidak terjadi hal-hal yang dapat merugikan pabrik.

c. Mesin (peralatan)

Kemampuan mesin atau peralatan dipengaruhi oleh dua hal, yaitu jam kerja mesin efektif dan kemampuan mesin. Jam kerja mesin efektif merupakan kemampuan suatu alat untuk beroperasi menghasilkan kapasitas yang ditentukan dalam periode waktu tertentu. Sedangkan kemampuan mesin merupakan kemampuan suatu alat dalam proses produksi.

d. Kemampuan Pasar

Kemampuan pasar akan berpengaruh terhadap penjualan produk sehingga diperlukan perencanaan yang baik dalam merancang produksi yang akan dilakukan. Apabila kemampuan pasar lebih besar dari kemampuan pabrik, maka rencana produksi dapat disusun secara maksimal. Kemudian, apabila kemampuan pasar

lebih kecil dari kemampuan pabrik, maka diperlukan alternatif untuk menyusun rencana produksi. Alternatif yang dapat dilakukan misalnya:

- a) Rencana produksi sesuai dengan kemampuan pasar yang mempertimbangkan untung dan rugi.
- b) Rencana produksi tetap, dengan mempertimbangkan kelebihan produksi dapat disimpan dan dipasarkan tahun berikutnya.
- c) Mencari daerah pemasaran lain.





## **BAB IV**

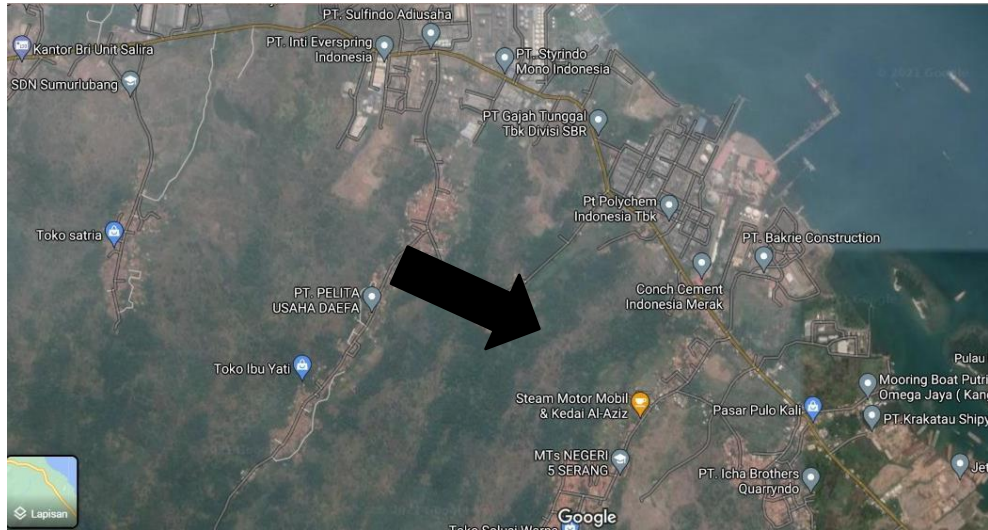
### **PERANCANGAN PABRIK**

Dalam pendirian pabrik dibutuhkan perhitungan biaya yang terperinci. Untuk membuat perhitungan yang terperinci, diperlukan informasi yang dapat diandalkan tentang data biaya bangunan dan tempat. Ada beberapa syarat penting yang digunakan sebagai perkiraan perincian biaya antara lain adalah sebagai berikut.

#### **4.1 Lokasi Pabrik**

Salah satu faktor untuk menentukan keberlangsungan dan kemajuan pabrik dalam industri adalah pemilihan lokasi pabrik. Kesetabilan pabrik sekarang maupun dimasa yang akan datang sangat dipengaruhi oleh lokasi yang dipilih untuk pendirian pabrik tersebut. Hal ini disebabkan oleh faktor distribusi dan produksi, lokasi yang tepat dapat memperlancar faktor-faktor tersebut. Perhitungan biaya pendistribusian dan produksi yang minimal serta pertimbangan budaya dan sosiologi masyarakat sekitar merupakan aspek-aspek yang harus dipertimbangkan untuk menentukan lokasi pabrik yang tepat. (Timmerhaus, 2004)

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan tersebut, pendirian pabrik benzena dari toluena dan hidrogen melalui proses hidrolealkilasi dengan kapasitas 165.000 ton/tahun direncanakan berada di Kawasan Industri Serang, Banten yang ditunjukkan pada Gambar 4.1 sebagai berikut.



Gambar 4.1 Lokasi Pabrik yang didirikan

(Sumber: *maps.google.com*)

Adapun faktor-faktor yang menjadi dasar pertimbangan dalam menentukan lokasi pabrik umumnya ada 2 yaitu sebagai berikut.

#### 4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor primer merupakan faktor yang mempengaruhi tujuan utama dari sebuah pabrik yang meliputi produksi dan distribusi atau faktor utama yang mempengaruhi langsung tujuan penting dalam membangun sebuah pabrik. Faktor-faktor primer antara lain sebagai berikut.

##### 4.1.1.1 Penyediaan Bahan Baku

Sumber bahan baku memegang peranan penting dalam rencana pendirian pabrik, dimana proses produksi pabrik sangat tergantung pada ketersediaan bahan baku sehingga lokasi pabrik yang dipilih untuk membangun pabrik sebaiknya dekat dengan lokasi penyedia bahan baku untuk menghemat biaya transportasi. Semua perusahaan yang melaksanakan proses produksi harus mempunyai persediaan

bahan baku untuk kelangsungan proses produksi dalam perusahaan tersebut (Ahyani, 1992). Bahan baku utama yang digunakan pada pabrik pembuatan benzena ini adalah toluena dari PT. Styrimdo Mono Indonesia, Serang, Banten dengan kapasitas produksi toluena sebesar 2.646.000 ton/tahun dan gas hidrogen diperoleh dari PT. *Airliquide* Indonesia yang terletak di Merak, Banten dengan kapasitas produksi 233.000 ton/tahun.

#### **4.1.1.2 Pemasaran Produk**

Pemasaran merupakan salah satu hal yang mempengaruhi studi kelayakan proses. Pemasaran yang tepat akan menghasilkan keuntungan dan kelangsungan proyek. Produk benzena merupakan bahan intermediet yaitu bahan untuk membuat produk seperti *cumene*, *ethylbenzene*, *alkylbenzene*, *styrene*, *cyclohexane*, *nitrobenzene*, detergen alkilat dan sebagainya.

Daerah Serang dan sekitarnya merupakan daerah pemasaran yang tepat karena banyaknya industri kimia yang menggunakan bahan baku benzena diantaranya yaitu industri anilin yang diproduksi oleh PT. Inti *Everspring* Indonesia, industri etilbenzena yang di produksi oleh PT. Styrimdo Mono Indonesia dan Industri stirena yang diproduksi oleh PT. Polychemindo. Selain itu, Serang juga merupakan salah satu daerah industri dengan sarana transportasi yang baik. Daerah ini dekat dengan pelabuhan sehingga pemasaran produk dapat dilakukan baik melalui jalur laut atau jalur darat.

#### **4.1.1.3 Utilitas**

Keperluan utilitas suatu pabrik antara lain yaitu air, listrik, dan bahan bakar. Daerah lokasi pendirian pabrik yaitu Serang, Banten merupakan daerah yang dekat dengan sumber pasokan air seperti sungai dan laut sehingga mudah untuk memperoleh penyediaan air. Pada pabrik benzena ini, kebutuhan air yang digunakan berasal dari DAS (Daerah Aliran Sungai) Cidanau. Sedangkan untuk kebutuhan listrik dan bahan bakar dapat ditemui dengan mudah pada daerah ini yaitu dekat dengan PLTU Suralaya dan Pertamina sehingga mudah untuk memperoleh pasokan bahan bakar dan listrik.

#### **4.1.1.4 Transportasi**

Ketersediaan sarana transportasi baik melalui jalur laut maupun jalur darat dapat mempermudah dalam pengangkutan bahan baku dan pemasaran produk yang memadai. Daerah Serang merupakan kawasan industri dimana transportasi dan komunikasi pada daerah tersebut cukup memadai. Mengingat pendirian pabrik harus ditempatkan dekat dengan pasar, bahan baku, atau dekat persimpangan antara pasar dan bahan baku. Untuk transportasi darat tersedia jalan raya dan jalan tol Jakarta-Merak yang menghubungkan ke daerah-daerah yang berpotensi untuk menunjang jalannya proses produksi dan pemasaran.

#### **4.1.1.5 Tenaga Kerja**

Tenaga kerja yang dibutuhkan di pabrik ini adalah tenaga kerja yang berpendidikan kejuruan atau menengah, dan tenaga kerja yang berpendidikan sarjana sesuai dengan kebutuhan pabrik. Daerah Serang mempunyai status sebagai

Kota Industri (Non Migas) dan perdagangan menjadi yang paling tepat bagi kota ini. Paling tidak itu tergambar pada jumlah tenaga kerja yang bekerja di lapangan usaha itu. Hingga tahun 2001 tercatat 29% pekerja yang mencari pekerjaan di sektor industri. Keberadaan industri menjadi sumber utama kehidupan masyarakat Serang. Sekitar 101.000 penduduk usia produktif, 29% diantaranya bekerja di bidang industri. Kawasan Industri Serang terletak didaerah Jawa Barat dan Jabodetabek yang syarat dengan lembaga pendidikan formal maupun non formal dimana banyak dihasilkan tenaga kerja ahli maupun non ahli.

#### **4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik**

Selain faktor primer di atas terdapat faktor lain yaitu faktor sekunder. Faktor sekunder ini tidak secara langsung berperan dalam proses industri, adapun faktor-faktor sekunder tersebut antara lain sebagai berikut.

##### **4.1.2.1 Kebijakan Pemerintah**

Pemerintah telah menetapkan Serang sebagai kawasan industri yang terbuka bagi investor. Hal ini sesuai dengan kebijakan pengembangan industri. Sebagai fasilitator, pemerintah juga telah memberikan berbagai kemudahan terkait hal-hal mengenai pengembangan industri termasuk dalam hal perizinan, pajak, dan hal lain yang berkaitan dengan teknis pendirian pabrik.

##### **4.1.2.2 Keadaan Iklim dan Tanah**

Serang berada di ujung barat laut Pulau Jawa, di tepi Selat Sunda. Serang memiliki berada di hamparan dataran rendah yang memiliki ketinggian  $\leq 50$  meter dan jenis tanah yang mendominasi permukaan tanah dikota ini adalah jenis tanah

asosiasi regosol kelabu, regosol kelabu coklat, litosol, dan latosol kemerah-merahan.

Serang mempunyai iklim tropis dengan suhu rata-rata 21 °C-33 °C. Tingkat kelembaban nisbi di kota ini adalah  $\pm 80\%$  per tahun. Curah hujan yang tinggi biasanya terjadi sejak bulan November hingga bulan April dengan bulan Januari sebagai bulan terbasah, sedangkan curah hujan yang rendah biasanya berlangsung sejak bulan Mei hingga bulan Oktober dengan bulan Agustus sebagai bulan kering (Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Serang).

Keadaan iklim yang dipertimbangkan yaitu kelembaban udara, sinar matahari, angin dan lain-lain. Dengan mempertimbangkan keadaan iklim tersebut, maka daerah Serang, Banten dianggap sesuai.

#### **4.1.2.3 Sarana Pendukung Lainnya**

Sarana pendukung lainnya seperti jalan maupun transportasi lainnya harus tersedia, selain itu fasilitas sosial seperti sarana kesehatan, pendidikan, ibadah, perumahan, bank, dan hiburan agar dapat menunjang keberlangsungan hidup sehari-hari tenaga kerja yang bekerja di pabrik benzena ini. Sarana pendukung yang telah disebutkan tersebut telah difasilitasi di Serang, Banten yang merupakan daerah kawasan industri.

## **4.2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)**

Tata letak pabrik atau dapat disebut *plant layout* adalah penempatan dari seluruh bagian yang ada di dalam sebuah pabrik. Perencanaan dilakukan untuk menentukan tempat peletakan keseluruhan bagian perusahaan yaitu terdiri dari area

proses, area utilitas, kantor, area perluasan dan yang lainnya, sehingga diperoleh suatu hubungan yang efisien dan efektif antara operator, peralatan, dan gerakan material dari bahan baku menjadi produk. Dengan mempertimbangkan beberapa faktor berikut (Peters dan Timmerhaus, 1991):

1. Pengoptimalan waktu tempuh untuk transportasi bahan baku, pendistribusian produk, transportasi peralatan, maupun mobilitas karyawan dalam area pabrik.
2. Pemanfaatan area pabrik agar efisien dan efektif, sehingga tidak ada area pabrik yang tidak terpakai. Pemanfaatan ini juga berpengaruh pada biaya lahan yang mana dapat menghemat pajak dan biaya investasi bila diatur dengan baik.
3. Urutan proses produksi.
4. Pengembangan lokasi baru atau perluasan lokasi yang belum dikembangkan pada masa yang akan datang.
5. Distribusi ekonomis pada pengadaan air, steam proses, tenaga listrik dan bahan baku.
6. Pemeliharaan dan perbaikan.
7. Keamanan terutama dari kemungkinan kebakaran dan keselamatan kerja.
8. Bangunan yang meliputi luas bangunan, kondisi bangunan dan konstruksinya yang memenuhi syarat.
9. Fleksibilitas dalam perencanaan tata letak pabrik dengan mempertimbangkan kemungkinan perubahan dari proses/mesin, sehingga perubahan-perubahan yang dilakukan tidak memerlukan biaya yang tinggi.

10. Service area, seperti fasilitas olahraga, kantin, tempat parkir, tempat ibadah dan sebagainya diatur sedemikian rupa, sehingga tidak terlalu jauh dari tempat kerja.

Pengaturan tata letak pabrik yang baik akan menimbulkan beberapa keuntungan seperti (Peters dan Timmerhaus, 1991):

1. Mengurangi jarak transportasi bahan baku dan produksi, sehingga mengurangi material *handling*.
2. Memberikan ruang gerak yang lebih leluasa sehingga mempermudah perbaikan mesin dan peralatan yang rusak atau *di-blow down*.
3. Mengurangi ongkos produksi.
4. Meningkatkan keselamatan kerja.
5. Mengurangi kerja seminimum mungkin.
6. Meningkatkan pengawasan operasi dan proses agar lebih baik.

Total luas tanah pabrik ini diperkirakan sebesar 62.5820 m<sup>2</sup> dengan tata letak pabrik yang dibagi menjadi beberapa daerah utama, seperti:

1. Area Proses

Area proses merupakan tempat berlangsungnya proses produksi benzena. Daerah ini terletak pada lokasi yang memudahkan untuk menyediakan bahan baku, pengiriman produk, dan untuk mempermudah apabila akan dilakukan pengawasan dan perbaikan alat-alat yang mengalami gangguan atau kerusakan.

2. Area Penyimpanan

Area penyimpanan merupakan tempat penyimpanan bahan baku dan penyimpanan produk yang dihasilkan. Penyimpanan bahan baku dan produk dilakukan di daerah yang mudah di jangkau oleh peralatan pengangkutan.



### 3. Area Pemeliharaan dan Perawatan Pabrik

Area ini merupakan area untuk melakukan kegiatan perawatan dan perbaikan peralatan apabila sedang dibutuhkan oleh pabrik.

### 4. Area Utilitas/Sarana Penunjang

Area ini merupakan lokasi dari alat-alat penunjang produksi. Berupa tempat penyediaan air, tenaga listrik, pemanas dan sarana pengolahan limbah.

### 5. Area Administrasi dan Perkantoran

Area ini merupakan pusat kegiatan administrasi pabrik untuk urusan dengan pihak-pihak luar maupun dalam.

### 6. Area Laboratorium

Area ini merupakan tempat untuk melakukan kegiatan *quality control* terhadap produk maupun bahan baku, serta dapat digunakan juga sebagai tempat penelitian dan pengembangan (R & D).

### 7. Fasilitas umum

Fasilitas umum terdiri dari kantin, klinik pengobatan, lapangan parkir serta tempat ibadah. Fasilitas umum ini diletakkan sedemikian rupa sehingga dapat dimanfaatkan dengan baik oleh seluruh karyawan.

### 8. Area Perluasan

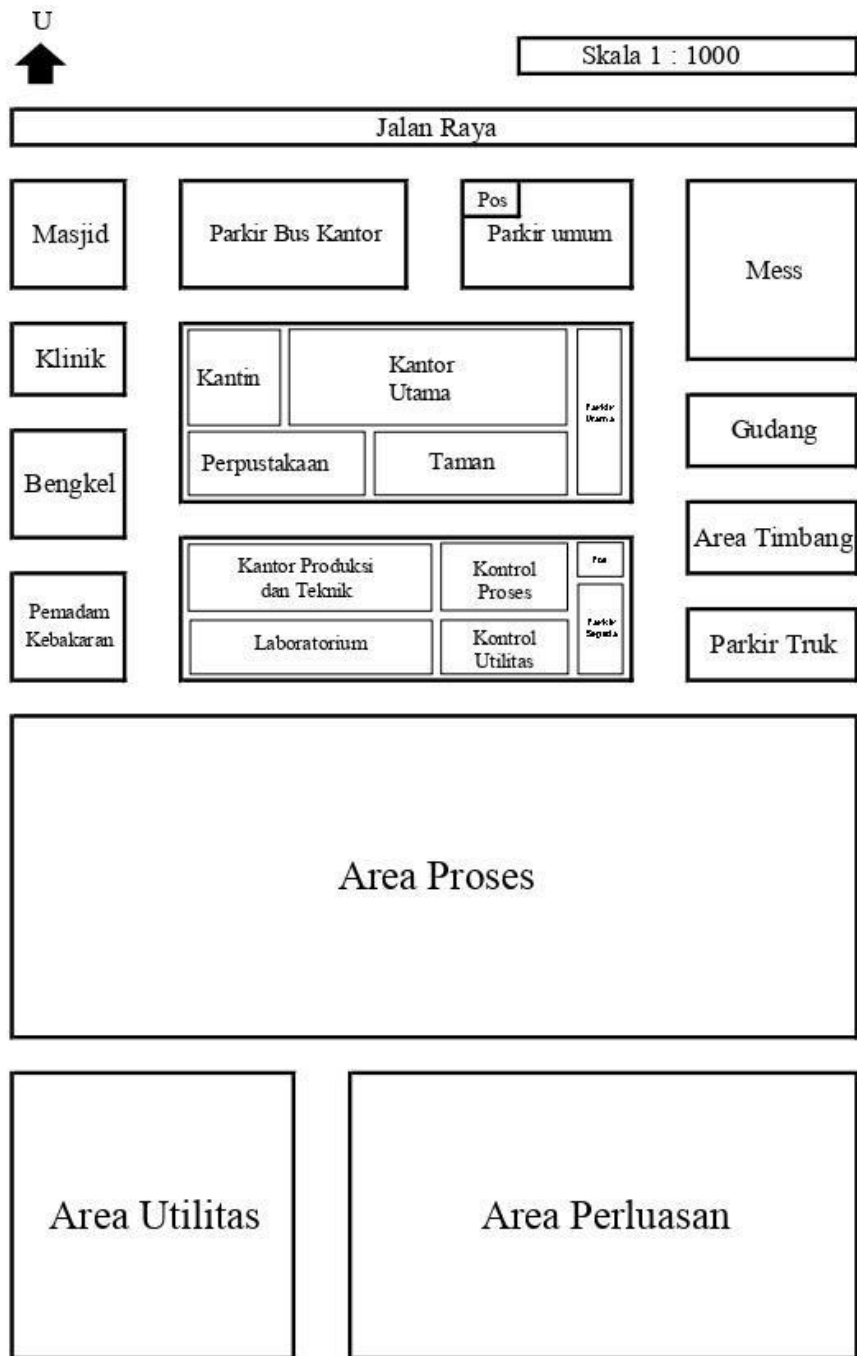
Area ini dimaksudkan untuk persiapan perluasan pabrik dimasa yang akan datang. Perluasan pabrik dilakukan karena adanya peningkatan kapasitas produksi atau meningkatnya produk di pasaran.

Adapun perincian luas tanah dan bangunan dapat dilihat pada Tabel 4.1. dibawah ini.

Tabel 4.1 Rincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik

No	Lokasi	Panjang	Lebar	Luas
		m	m	m <sup>2</sup>
1	Pos Keamanan	2	2	8
2	Parkir Utama	10	35	350
3	Kantor Utama	25	15	375
4	Kantin	15	15	225
5	Masjid	15	20	300
6	Klinik	15	25	375
7	Area Mess	15	30	450
8	Parkir Umum	18	18	324
9	Perpustakaan	15	15	225
10	Bengkel	15	20	300
11	Gudang Peralatan	15	20	300
12	Parkir Truk	15	25	375
13	Area Timbang Truk	15	20	300
14	Kantor Teknik dan Produksi	25	15	375
15	Laboratorium	25	15	375
16	Kontrol Area Proses	20	15	300
17	Kontrol Utilitas	20	15	300
18	Unit Pemadam Kebakaran	15	20	300
19	Area Utilitas	35	100	3500
20	Area Proses	200	150	30000
21	Parkir Bus Kantor	40	20	800
22	Taman	25	15	375
23	Area Perluasan	200	100	20000
24	Jalan	470	5	2350
<b>Total Luas Tanah</b>				<b>62582</b>
<b>Total Luas Bangunan</b>				<b>39057</b>

Berikut merupakan gambar tata letak pabrik benzena dengan skala 1:1000 yang akan dibangun:



Gambar 4.2 Tata Letak Pabrik Benzena

### 4.3 Tata Letak Alat Proses/ Mesin (*Machines Layout*)

Tata letak mesin/alat proses atau *machines layout* merupakan pengaturan yang maksimum dari komponen-komponen fasilitas pabrik. Dalam perancangan tata letak peralatan proses ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, antara lain:

1. Aliran Bahan Baku dan Produk

Pengaliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan dibidang ekonomi yang besar serta menunjang kelancaran dan keamanan proses produksi. Perlu diperhatikan elevasi pipa diatas tanah, perlu dipasang pada ketinggian 3 m atau lebih. Sedangkan untuk pemipaan pada permukaan tanah diatur sedemikian rupa, sehingga tidak mengganggu lalu lintas pekerja.

2. Aliran Udara

Aliran udara dan arah hembusan angin di dalam dan di sekitar area proses perlu diperhatikan. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadi stagnasi udara pada suatu tempat berupa penumpukan atau akumulasi bahan kimia berbahaya yang dapat membahayakan keselamatan pekerja.

3. Penerangan

Penerangan seluruh pabrik harus memadai dan pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau beresiko tinggi harus diberi penerangan tambahan.

4. Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan

Dalam perancangan layout peralatan, perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah agar apabila terjadi gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki, selain itu keamanan pekerja selama menjalankan tugasnya perlu diprioritaskan.

## 5. Pertimbangan Ekonomi

Dalam menempatkan alat-alat proses pada pabrik diusahakan agar dapat menekan biaya operasi dan menjamin kelancaran serta keamanan produksi pabrik sehingga dapat menguntungkan dari segi ekonomi.

## 6. Jarak Antar Alat Proses

Untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan operasi tinggi sebaiknya dipisahkan dengan alat proses lainnya, sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut maka kerusakan dapat diminimalkan.

## 7. Keamanan

Letak alat-alat proses harus sebaik mungkin, agar jika terjadi kebakaran tidak ada yang terperangkap di dalamnya serta mudah dijangkau oleh kendaraan atau alat pemadam kebakaran.

## 8. Perluasan dan Pengembangan Pabrik

Setiap pabrik yang didirikan diharapkan dapat berkembang dengan penambahan unit sehingga diperlukan susunan pabrik yang memungkinkan adanya perluasan (Vilbrant, 1959).

Ada tiga macam penyusunan tata letak alat proses, yaitu:

### 1. Tata Letak Produk atau Garis (*Products Lay Out/ Line Lay Out*)

Yaitu susunan mesin atau peralatan berdasarkan urutan proses produksi. Biasanya digunakan pada pabrik yang memproduksi suatu jenis produk dalam jumlah besar dan mempunyai tipe proses kontinyu.

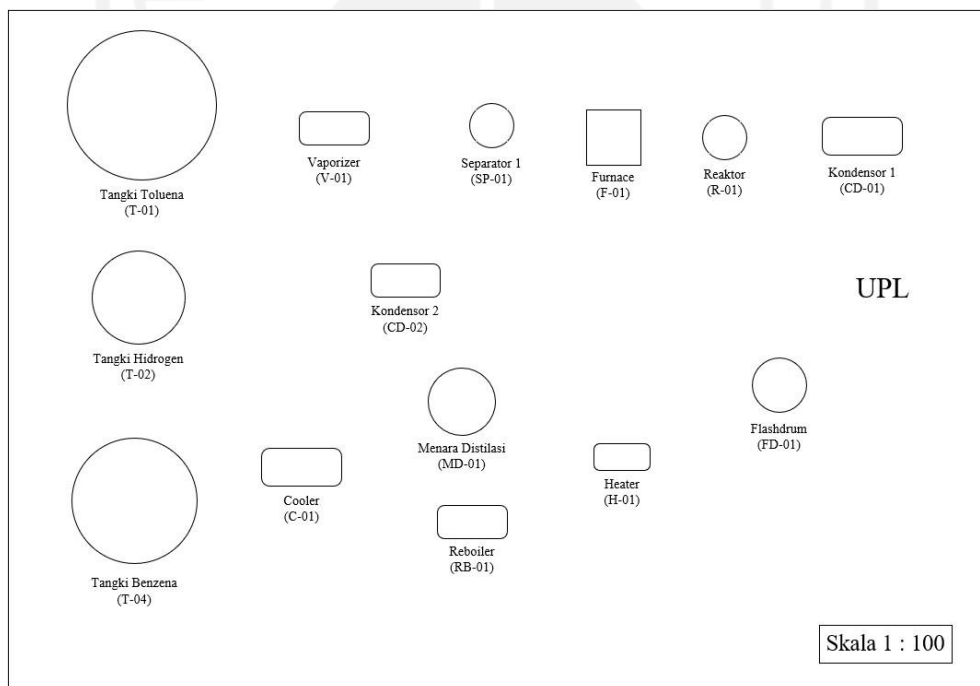
### 2. Tata Letak Proses atau Fungsional (*Process/Fungsional Lay Out*)

Yaitu penyusunan mesin atau peralatan berdasarkan fungsi yang sama pada ruang tertentu. Biasanya digunakan pada pabrik yang memproduksi lebih dari satu jenis produk.

### 3. Tata Letak Kelompok (*Group Lay Out*)

Yaitu kombinasi dari *Line Lay Out* dan *Process Lay Out*. Biasanya dipakai oleh perusahaan besar yang memproduksi lebih dari satu jenis produk.

Pabrik benzena yang akan didirikan ini dalam penyusunan tata letak alat prosesnya menggunakan tata letak produk atau garis (*Product Lay Out/Line Lay Out*). Tata letak alat proses/ mesin (*machines layout*) ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Tata Letak Alat/ Mesin Pabrik Benzena

#### 4.4 Alat Proses dan Material

Hasil perhitungan neraca massa pada perancangan pabrik benzena dengan kapasitas produksi 165.000 ton/tahun ditunjukkan pada Tabel 4.2 sampai Tabel 4.14 dan perhitungan neraca panas ditunjukkan pada Tabel 4.15 sampai Tabel 4.24.

##### 4.4.1 Neraca Massa

##### 4.4.1.1 Neraca Massa Total

Tabel 4.2 Neraca Massa Total

Komponen	Masuk (Kg/Jam)		Keluar (Kg/Jam)	
	Arus 1	Arus 7	Arus 12	Arus 18
C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	24532,1596	0	0,0000	8,6554
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	7,3382	0	0,0000	20799,0049
CH <sub>4</sub>	0,0000	0	4264,9573	0,0000
H <sub>2</sub>	0,0000	3198,717949	2665,5983	0,0000
<b>Total</b>	<b>27738,2158</b>		<b>27738,2158</b>	

#### 4.4.1.2 Neraca Massa Alat

##### 1. Neraca Massa di *Mixing Point* (MP-01)

Tabel 4.3 Neraca Massa *Mixing Point* (MP-01)

Komponen	Masuk (Kg/Jam)		Keluar (Kg/Jam)
	Arus 1	Arus 21	Arus 2
C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	24532,1596	4319,0219	28851,1815
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	7,3382	41,6814	49,0196
CH <sub>4</sub>	0,0000	0,0000	0,0000
H <sub>2</sub>	0,0000	0,0000	0,0000
Total	28900,2011		28900,2011

##### 2. Neraca Massa di *Mixing Point* (MP-02)

Tabel 4.4 Neraca Massa *Mixing Point* (MP-02)

Komponen	Masuk (Kg/Jam)		Keluar (Kg/Jam)
	Arus 2	Arus 4	Arus 3
C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	28851,1815	7212,7954	36063,9769
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	49,0196	12,2549	61,2745
CH <sub>4</sub>	0,0000	0,0000	0,0000
H <sub>2</sub>	0,0000	0,0000	0,0000
Total	36125,2514		36125,2514



3. Neraca Massa di *Mixing Point* (MP-03)

Tabel 4.5 Neraca Massa Mixing Point (MP-03)

Komponen	Masuk (Kg/Jam)		Keluar (Kg/Jam)
	Arus 6	Arus 7	Arus 8
C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	28851,1815	0	28851,1815
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	49,0196	0	49,0196
CH <sub>4</sub>	0,0000	0	0,0000
H <sub>2</sub>	0,0000	3198,717949	3198,7179
Total	32098,9191		32098,9191

4. Neraca Massa di *Vaporizer* (V-01)

Tabel 4. 6 Neraca Massa Vaporizer (V-01)

Komponen	Masuk (Kg/Jam)	Keluar (Kg/Jam)
	Arus 3	Arus 5
C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	36063,9769	36063,9769
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	61,2745	61,2745
CH <sub>4</sub>	0,0000	0,0000
H <sub>2</sub>	0,0000	0,0000
Total	36125,2514	36125,2514

5. Neraca Massa di Separator (SP-01)

Tabel 4.7 Neraca Massa Separator (SP-01)

Komponen	Masuk (Kg/Jam)	Keluar (Kg/Jam)	
	Arus 5	Arus 4	Arus 6
C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	36063,9769	7212,7954	28851,1815
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	61,2745	12,2549	49,0196
CH <sub>4</sub>	0,0000	0,0000	0,0000
H <sub>2</sub>	0,0000	0,0000	0,0000
Total	36125,2514	36125,2514	

6. Neraca Massa Reaktor (R-01)

Tabel 4.8 Neraca Massa Reaktor (R-01)

Komponen	Masuk (Kg/Jam)	Keluar (Kg/Jam)
	Arus 9	Arus 10
C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	28851,1815	4327,6772
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	49,0196	20840,6863
CH <sub>4</sub>	0,0000	4264,9573
H <sub>2</sub>	3198,7179	2665,5983
Total	32098,9191	32098,9191

7. Neraca Massa Kondensor (CD-01)

Tabel 4.9 Neraca Massa Kondensor (CD-01)

Komponen	Masuk (Kg/Jam)	Keluar (Kg/Jam)
	Arus 10	Arus 11
C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	4327,6772	4327,6772
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	20840,6863	20840,6863
CH <sub>4</sub>	4267,6229	4267,6229
H <sub>2</sub>	2665,5983	2665,5983
Total	32098,9191	32098,9191

8. Neraca Massa di *Flash Drum* (FD-02)

Tabel 4.10 Neraca Massa Flash Drum (FD-02)

Komponen	Masuk (Kg/Jam)	Keluar (Kg/Jam)	
	Arus 11	Arus 12	Arus 13
C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	4327,6772	0,0000	4327,6772
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	20840,6863	0,0000	20840,6863
CH <sub>4</sub>	4264,9573	4264,9573	0,0000
H <sub>2</sub>	2665,5983	2665,5983	0,0000
Total	32098,9191	32098,9191	

9. Neraca Massa di *Heater* (H-01)

Tabel 4.11 Neraca Massa Menara Distilasi (MD-02)

Komponen	Masuk (Kg/Jam)	Keluar (Kg/Jam)
	Arus 13	Arus 14
C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	4327,6772	4327,6772
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	20840,6863	20840,6863
CH <sub>4</sub>	0,0000	0,0000
H <sub>2</sub>	0,0000	0,0000
Total	25168,3635	25168,3635

10. Neraca Massa di Menara Distilasi (MD-02)

Tabel 4. 12 Neraca Massa Menara Distilasi (MD-02)

Komponen	Masuk (Kg/Jam)	Keluar (Kg/Jam)	
	Arus 14	Arus 17	Arus 21
C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	4327,6772	8,6554	4319,0219
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	20840,6863	20799,0049	41,6814
CH <sub>4</sub>	0,0000	0,0000	0,0000
H <sub>2</sub>	0,0000	0,0000	0,0000
Total	25168,3635	25168,3635	

11. Neraca Massa Kondensor (CD-02)

Tabel 4. 13 Neraca Massa Kondensor (CD-02)

<b>Komponen</b>	<b>Masuk (Kg/Jam)</b>	<b>Keluar (Kg/Jam)</b>	
	<b>Arus 15</b>	<b>Arus 16</b>	<b>Arus 17</b>
C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	19,7971	11,1417	8,6554
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	47572,7673	26773,7624	20799,0049
CH <sub>4</sub>	0,0000	0,0000	0,0000
H <sub>2</sub>	0,0000	0,0000	0,0000
<b>Total</b>	<b>47592,5643</b>	<b>47592,5643</b>	

12. Neraca Massa Reboiler (RB-02)

Tabel 4. 14 Neraca Massa Reboiler (RB-02)

<b>Komponen</b>	<b>Masuk (Kg/Jam)</b>	<b>Keluar (Kg/Jam)</b>	
	<b>Arus 19</b>	<b>Arus 20</b>	<b>Arus 21</b>
C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	59818,5469	55499,5251	4319,0219
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	577,2879	535,6065	41,6814
CH <sub>4</sub>	0,0000	0,0000	0,0000
H <sub>2</sub>	0,0000	0,0000	0,0000
<b>Total</b>	<b>60395,8349</b>	<b>60395,8349</b>	

#### 4.4.2 Neraca Energi

##### 1. Neraca Energi di *Mixing Point* (MP-01)

Tabel 4. 15 Neraca Energi Mixing Point (MP-01)

<b>Komponen</b>	<b>Masuk (kJ/Jam)</b>	<b>Keluar (kJ/Jam)</b>
	$\Delta H_{in}$	$\Delta H_{out}$
<i>Q<sub>in1</sub></i>	210696,6210	0,0000
<i>Q<sub>in2</sub></i>	979211,1876	0,0000
<i>Q<sub>out</sub></i>	0,0000	1189907,8086
Total	1189907,8086	1189907,8086

##### 2. Neraca Energi di *Mixing Point* (MP-02)

Tabel 4.16 Neraca Energi Mixing Point (MP-02)

<b>Komponen</b>	<b>Masuk (kJ/Jam)</b>	<b>Keluar (kJ/Jam)</b>
	$\Delta H_{in}$	$\Delta H_{out}$
<i>Q<sub>in1</sub></i>	1189907,8086	0,0000
<i>Q<sub>in2</sub></i>	3911431,6509	0,0000
<i>Q<sub>out</sub></i>	0,0000	5101339,4595
Total	5101339,4595	5101339,4595

##### 3. Neraca Energi di *Mixing Point* (MP-03)

Tabel 4. 17 Neraca Energi Mixing Point (MP-03)

<b>Komponen</b>	<b>Masuk (kJ/Jam)</b>	<b>Keluar (kJ/Jam)</b>
	$\Delta H_{in}$	$\Delta H_{out}$
<i>Q<sub>in1</sub></i>	15645726,6034	0,0000
<i>Q<sub>in2</sub></i>	-691312144,1259	0,0000
<i>Q<sub>out</sub></i>	0,0000	-675666417,5226
Total	-675666417,5225	-675666417,5225

4. Neraca Energi di *Vaporizer* (V-01)

Tabel 4. 18 Neraca Energi Vaporizer (V-01)

Komponen	Masuk (kJ/Jam)	Keluar (kJ/Jam)
	$\Delta H_{in}$	$\Delta H_{out}$
$Q_{in}$	5101339,4595	0,0000
$Q_{out}$	0,0000	26517380,5781
$Q_{steam}$	21416041,1186	0,0000
Total	26517380,5781	26517380,5781

5. Neraca Energi di Reaktor (R-01)

Tabel 4. 19 Neraca Energi Reaktor (R-01)

Komponen	Masuk (kJ/Jam)	Keluar (kJ/Jam)
	$\Delta H_{in}$	$\Delta H_{out}$
$Q_{in}$	58732966,8861	0,0000
$Q_{out}$	0,0000	58705374,9038
$Q_{Reaksi}$	-27591,9823	0,0000
Total	58705374,9038	58705374,9038

6. Neraca Energi di *Furnace* (F-01)

Tabel 4.20 Neraca Energi Furnace (F-01)

Komponen	Masuk (kJ/Jam)	Keluar (kJ/Jam)
	$\Delta H_{in}$	$\Delta H_{out}$
$Q_{in}$	24125393,6452	0,0000
$Q_{out}$	0,0000	27364477,4860
$Q_{Pemanas}$	3239083,8408	0,0000
Total	27364477,4860	27364477,4860

7. Neraca Energi di Kondensor (CD-01)

Tabel 4.21 Neraca Energi Kondensor (CD-01)

Komponen	Masuk (kJ/Jam)	Keluar (kJ/Jam)
	$\Delta H_{in}$	$\Delta H_{out}$
$Q_{in}$	5873944,8766	0,0000
$Q_{out}$	0,0000	25086166,7536
$Q_{Pendingin}$	0,0000	-19212221,8770
Total	5873944,8766	5873944,8766

8. Neraca Energi di Heater (H-01)

Tabel 4.22 Neraca Energi Heater (H-01)

Komponen	Masuk (kJ/Jam)	Keluar (kJ/Jam)
	$\Delta H_{in}$	$\Delta H_{out}$
$Q_{in}$	-6228184,0059	0,0000
$Q_{out}$	0,0000	4167994,7636
$Q_{steam}$	10396178,7695	0,0000
Total	4167994,7636	4167994,7636

9. Neraca Energi Menara Distilasi (MD-01)

Tabel 4.23 Neraca Energi Menara Distilasi (MD-01)

Komponen	Masuk (kJ/Jam)	Keluar (kJ/Jam)
	$\Delta H_{in}$	$\Delta H_{out}$
$Q_{in}$	4167994,7636	0,0000
$Q_{Distillate}$	0,0000	3222482,2709
$Q_{Kondensor}$	0,0000	-7363010,7268
$Q_{Bottom}$	0,0000	8798219,4636
$Q_{Reboiler}$	489696,2441	0,0000
Total	4657691,0077	4657691,0077



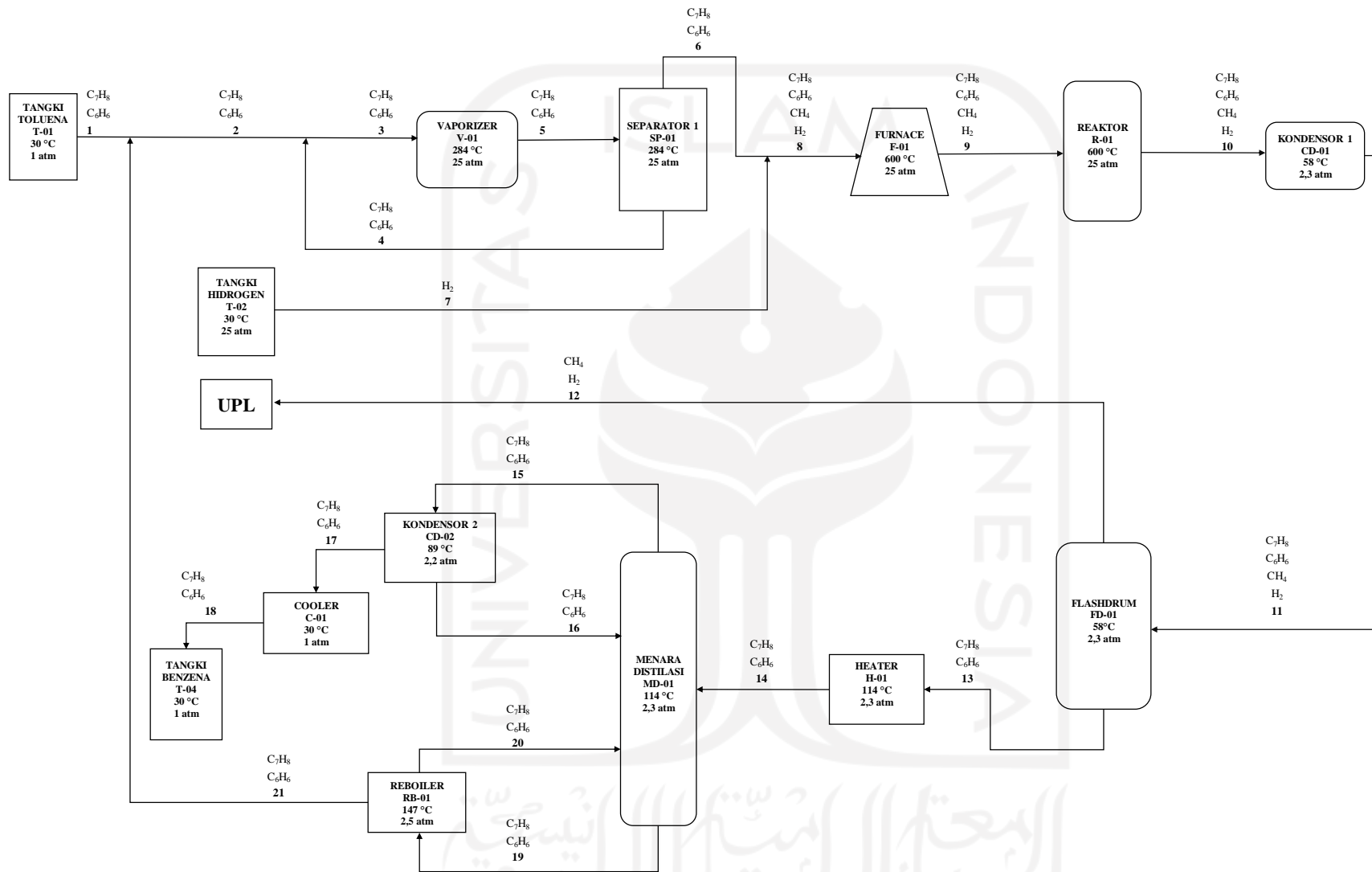
## 10. Neraca Energi Cooler (C-01)

Tabel 4.24 Neraca Energi Cooler (C-01)

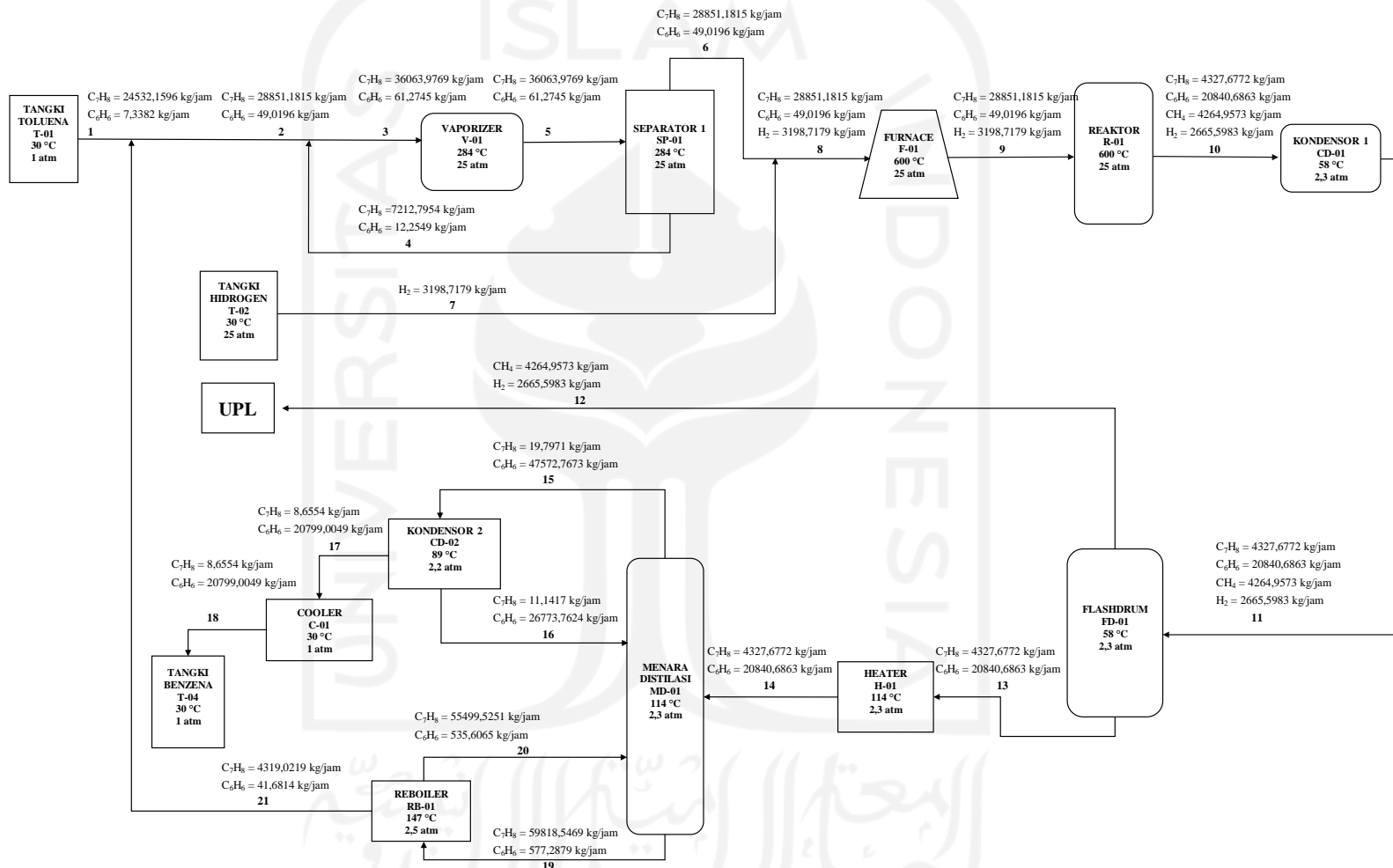
Komponen	Masuk (kJ/Jam)	Keluar (kJ/Jam)
	$\Delta H_{in}$	$\Delta H_{out}$
$Q_{in}$	3222482,2709	0,0000
$Q_{out}$	0,0000	184856,9516
$Q_{Pendingin}$	0,0000	3037625,3192
Total	3222482,2709	3222482,2709

### 4.4.3 Diagram Alir Proses

Diagram alir kualitatif dan kuantitatif dari Pabrik Benzena dengan Kapasitas Produksi 165.000 ton/tahun ditunjukkan pada Gambar 4.4. dan Gambar 4.5.



Gambar 4.4 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 4.5 Diagram Alir Kuantitatif

#### 4.5 Perawatan (Maintenance)

Perawatan memiliki fungsi untuk menjaga fasilitas, sarana dan semua peralatan pabrik yaitu dengan cara pemeliharaan serta perbaikan alat agar produksi dapat berjalan dengan lancar sehingga akan tercapai target produksi dan spesifikasi produkyang diharapkan.

Perawatan di dalam pabrik terbagi menjadi dua, berdasarkan perbedaan waktu perawatan. Yang pertama perawatan preventif dilakukan setiap hari untuk menjaga dari kerusakan alat dan kebersihan lingkungan alat. Yang kedua yaitu perawatan periodik dilakukan secara terjadwal sesuai dengan buku petunjuk yang ada.

Penjadwalan tersebut dibuat sedemikian rupa sehingga alat-alat mendapatkan perawatan khusus secara bergantian. Perawatan alat-alat proses dilakukan dengan prosedur yang tepat. Hal ini dapat dilihat dari penjadwalan yang dilakukan pada setiap alat. Perawatan mesin setiap alat meliputi:

1. *Over head* 1 x 1 tahun

Merupakan perbaikan dan pengecekan serta leveling alat secara keseluruhan meliputi pembongkaran alat, pergantian bagian-bagian alat yang sudah rusak, dan kondisi alat dikembalikan seperti kondisi semula.

2. *Repairing*

Merupakan kegiatan *maintenance* yang bersifat memperbaiki bagian alat yang rusak. Hal ini biasanya dilakukan setelah pemeriksaan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi *maintenance*:

a. Umur alat

Semakin tua umur alat semakin banyak juga perawatan yang harus diberikan sehingga dapat menyebabkan bertambahnya biaya perawatan.

b. Bahan baku

Penggunaan bahan baku yang kurang baik atau berkualitas akan menyebabkan kerusakan alat sehingga alat akan lebih sering dibersihkan.

c. Tenaga manusia

Pemanfaatan tenaga kerja terdidik, terlatih, dan berpengalaman akan menghasilkan pekerjaan yang baik pula.

#### **4.6 Utilitas (Pelayanan Teknik)**

Untuk menjalankan suatu proses produksi dalam suatu pabrik diperlukan adanya sarana penunjang. Utilitas merupakan sarana penunjang untuk menjamin kelancaran proses produksi suatu pabrik agar berjalan sesuai dengan yang diharapkan.

Salah satu faktor yang menunjang kelancaran suatu proses produksi didalam pabrik yaitu penyediaan utilitas. Penyediaan utilitas meliputi:

a. Unit Pengolahan Air (*Water Treatment System*)

Unit ini berfungsi menyediakan air domestik, air *service*, air umpan *boiler*, dan air pendingin

b. Unit Pembangkit *Steam* (*Steam Generation System*)

Unit ini berfungsi menyediakan panas yang digunakan untuk pemanas pada *heater*, *vaporizer*, dan *reboiler*.

c. Unit Penyedia *Dowtherm A*

Unit ini berfungsi untuk menyediakan pendingin pada alat kondensor (CD-01).

d. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)

Unit ini berfungsi menyediakan tenaga penggerak untuk peralatan proses dan penerangan. Listrik diperoleh dari PLN dan *Generator Set* sebagai cadangan apabila PLN mengalami gangguan.

e. Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit ini berfungsi menyediakan bahan bakar untuk *boiler, furnace*, dan generator.

f. Unit Pengadaan Udara Tekan (*Power Air System*)

Unit ini berfungsi menyediakan udara tekan untuk menjalankan sistem instrumentasi. Udara tekan diperlukan untuk alat kontrol *pneumatic*.

#### **4.6.1 Unit Penyedia dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)**

##### **4.6.1.1 Unit Penyedia Air**

Unit penyedia dan pengolahan air ini dikenal dengan unit *Water Treatment System*. Unit ini bertugas menyediakan dan mengolah air bersih yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan air dalam pabrik. Untuk memenuhi kebutuhan air pada suatu pabrik, air yang digunakan pada umumnya menggunakan air sumur, air sungai, air danau, dan air laut. Adapun unsur-unsur yang membentuk suatu sistem penyediaan air meliputi:

1. Sumber Pengadaan Air

Sumber pengadaan air untuk industri dapat diperoleh dari berbagai sumber, seperti sungai, danau, waduk, sumber air tanah (sumur) ataupun air laut.

## 2. Sarana Penampungan

Untuk menunjang kebutuhan air, maka diperlukan adanya sarana penampungan air. Biasanya letak penampungan air diletakkan didekat sumber penyediannya.

## 3. Sarana Penyaluran

Untuk menyalurkan air menuju sarana pengolahan, maka diperlukan adanya sarana penyaluran.

## 4. Sarana Pengolahan

Karena air yang didapat dari sumbernya belum dapat digunakan secara langsung, maka diperlukan sarana pengolahan agar mutu air sesuai dengan ketentuan.

## 5. Sarana-sarana Distribusi

Untuk membagikan air yang sudah diolah ke berbagai unit, maka diperlukan adanya sarana distribusi.

Air yang akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan operasional pada prarancangan pabrik benzena yaitu air yang berasal dari DAS (Daerah Aliran Sungai) Cidanau dan masih mengandung pasir, mineral-mineral, ion-ion, dan kotoran yang harus diolah terlebih dahulu sebelum digunakan.

Pengolahan air ini bertujuan untuk menjaga alat - alat proses agar tidak cepat rusak serta menjaga adanya kontaminan yang akan menyebabkan reaksi antara reaktan-reaktan yang terdapat dalam proses. Pemilihan air sungai memiliki pertimbangan sebagai berikut.

1. Air sungai relatif lebih mudah pengolahannya, sederhana, dan biayanya lebih murah.

2. Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya tinggi sehingga persediaan air dapat tercukupi.
3. Jumlah persediaan air sungai lebih banyak dibandingkan dengan air sumur.
4. Letak sungai berada didekat lokasi pabrik.

Air yang diperlukan di lingkungan pabrik digunakan untuk:

1. Air pendingin

Sumber air yang sudah diolah agar kualitasnya sesuai dengan syarat air pendingin. Ada beberapa syarat kandungan zat yang tidak diperbolehkan ada dalam air pendingin, seperti:

- 1) Besi, karena dapat menyebabkan korosi
  - 2) Silika, karena dapat menyebabkan kerak
  - 3) Oksigen terlarut, karena dapat menyebabkan korosi
  - 4) Minyak, karena dapat menyebabkan gangguan pada *film corrosion inhibitor*, penurunan *heat exchanger coefficient* dan menimbulkan endapan karena minyak dapat menjadi makanan bagi mikroba
2. Air Umpan Boiler (*Boiler Feed Water*)

Uap atau *steam* dalam pabrik digunakan sebagai media pemanas. Air umpan *boiler* disediakan dengan *excess* 20%. *Excess* merupakan pengganti *steam* yang hilang karena kebocoran transmisi 10% serta faktor keamanan sebesar 20%. Air yang digunakan untuk *boiler* harus memenuhi persyaratan agar air tidak merusak *boiler*. Berikut adalah persyaratan air umpan *boiler* menurut Perry's edisi 6, halaman 976 ditunjukkan dalam Tabel 4.27.



Tabel 4.25 Syarat Air Umpan Boiler

Parameter	Total (rpm)
Total padatan ( <i>total dissolved solid</i> )	3.500
Alkanitas	700
Padatan terlarut	300
Silika	60 - 100
Besi	0,1
Tembaga	0,5
Oksigen	0,007
Kesadahan	0
Kekeruhan	175
Minyak	7
Residu fosfat	140

Berikut adalah prasyarat air umpan boiler.

- 1) Tidak membuih (berbusa)

Busa disebabkan adanya *solid matter*, *suspended matter*, dan kebasaan yang tinggi. Berikut adalah kesulitan yang dihadapi dengan adanya busa:

- a) Kesulitan dalam pembacaan tinggi *liquid* dalam boiler
- b) Menyebabkan percikan air yang kuat dan dapat mengakibatkan penempelan padatan yang menyebabkan terjadinya korosi apabila terjadi pemanasan lanjut.

Untuk mengatasi hal-hal berikut maka diperlukan pengontrolan terhadap kandungan lumpur, kerak, dan alkanitas air umpan *boiler*.

## 2) Tidak membentuk kerak dalam boiler

Dengan terbentuknya kerak di dinding boiler dapat menyebabkan isolasi terhadap panas sehingga mempengaruhi terhambatnya proses perpindahan panas dan dapat menimbulkan kebocoran apabila kerak yang terbentuk pecah.

## 3) Tidak menyebabkan korosi pada pipa

Penyebab pipa dapat mengalami korosi yaitu pH rendah, minyak, lemak, bikarbonat, dan bahan organik serta gas-gas  $H_2S$ ,  $SO_2$ ,  $NH_3$ ,  $CO_2$ ,  $O_2$  yang terlarut dalam air. Lapisan pelindung anti korosi pada permukaan baja dapat terjadi karena adanya reaksi elektro kimia antara besi dan air.

## 3. Air Sanitasi

Air sanitasi adalah air yang akan digunakan untuk keperluan sanitasi. Air ini antara lain untuk keperluan perumahan, perkantoran, laboratorium, masjid dan lainnya. Air sanitasi harus memenuhi kualitas tertentu, yaitu:

### 1) Syarat fisika, meliputi:

- Suhu: Di bawah suhu udara
- Warna: Jernih
- Rasa: Tidak berasa
- Bau: Tidak berbau

### 2) Syarat kimia, meliputi:

- pH netral (6,5 – 7,5)
- Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air

- Tidak mengandung logam berat yang berbahaya seperti air raksa (Hg) dan timbal (Pb)

3) Syarat bakteriologis, meliputi:

- Tidak mengandung bakteri-bakteri, terutama bakteri patogen
- Tidak mengandung mikroba penghasil toksin (Nafiatud,2008)

#### **4.6.1.2 Unit Pengolahan Air**

Air yang berasal dari DAS (Daerah Aliran Sungai) Cidanau akan diolah di unit pengolahan air dengan tahapan pengolahan sebagai berikut:

##### *1. Screening*

Air dari DAS (Daerah Aliran Sungai) Cidanau akan dilakukan penyaringan terlebih dahulu agar kandungan padatan seperti sampah, daun, plastik dan lainnya yang terbawa oleh air dapat terpisah.

##### *2. Sedimentasi*

Air yang telah melalui proses penyaringan kemudian air dihilangkan kembali kotoran dan lumpur yang terbawa dari air sungai dengan proses pengendapan.

##### *3. Flokulator*

Setelah proses pengendapan, air diendapkan kembali kotorannya yang berupa dispersi koloid (suatu zat terlarut atau fase terdispersi sebagai partikel yang sangat halus pada substansi lain atau medium pendispersi) dalam air dengan

menginjeksikan koagulan untuk menggumpalkan kotoran tersebut. dimana koagulan yang digunakan adalah  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  atau tawas.

#### 4. Clarifier

Kemudian air keluaran flokulator yaitu air baku dimasukkan ke dalam bak pengendap yaitu *clarifier* untuk menghilangkan flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi. Dimana air bersih akan keluar dari pinggir *clarifier* secara *overflow*, sedangkan *sludge* (flok) yang terbentuk akan mengendap secara gravitasi dan akan di *blowdown* secara berkala dalam waktu yang telah ditentukan. Air baku yang sebelum masuk *clarifier* memiliki nilai *turbidity* tinggi dan diharapkan akan menjadi turun setelah keluar dari *clarifier*.

#### 5. Penyaringan

Air keluaran dari *clarifier* kemudian dialirkan menuju *sand filter* yang berperan untuk memisahkan partikel-partikel padat yang masih lolos atau terbawa oleh air dari *clarifier*. Air yang keluar dari *sand filter* kemudian akan dialirkan ke dalam tangki penampungan (*filter water reservoir*).

#### 6. Penampung Sementara

Air bersih yang sudah ditampung di tangki penampungan, kemudian didistribusikan menuju tangki klorinasi, tangki air *service*, bak air pendingin, dan tangki *cation dan anion exchanger*.

#### 7. Proses Klorinasi

Air dari bak penampung dicampur dengan klorin dalam bentuk kaporit yang bertujuan untuk menghilangkan jamur, bakteri, dan mikroorganisme. Air yang

dihasilkan kemudian ditampung di tangki air bersih yang nantinya akan didistribusikan untuk kebutuhan air domestik.

#### 8. Tangki Air *Service*

Air dari tangki air *service* ditampung pada tangki air bertekanan dimana berfungsi untuk menyimpan air bertekanan sementara yang dilengkapi dengan membran untuk memisahkan air dan udara. Tangki air bertekanan pada prinsipnya berguna untuk menstabilkan tekanan air pada kran. Air bertekanan ini dapat digunakan untuk kebutuhan air *service*.

#### 9. Bak Air Pendingin

Air dari bak penampung sementara ditampung pada bak air pendingin untuk selanjutnya diproses dalam *cooling tower* yang nantinya akan digunakan sebagai air pendingin.

#### 10. *Cooling Tower*

Air dari bak air pendingin dialirkan menuju *cooling tower* untuk mendinginkan air dari proses melalui kontak langsung dengan udara yang mengakibatkan sebagian kecil air menguap dan air dapat digunakan kembali ke proses menjadi air pendingin. Air pembuangan dari *cooling tower/ blowdown* dikeluarkan dari *cooling tower* untuk menjaga konsentrasi partikel yang ada didalamnya.

#### 11. *Mixed Bed*

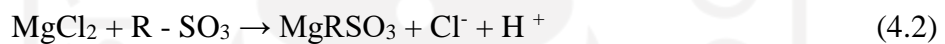
Air dari bak penampung sementara dialirkan menuju *mix bed* atau tangki *cation-anion exchanger* yang bertujuan untuk menghilangkan ion-ion yang

terkandung pada *filtered water*. Sehingga air tersebut dapat digunakan sebagai air umpan *boiler*. Tahapan dalam pengolahan air umpan *boiler* adalah sebagai berikut:

a. *Cation Exchanger*

Di dalam *cation exchanger* berisi resin pengganti kation dimana pengganti kation-kation yang terkandung didalam air akan diganti dengan ion H<sup>+</sup> sehingga air yang keluar dari *cation exchanger* akan mengandung anion dan ion H<sup>+</sup>.

Reaksi yang terjadi:



Setelah dalam jangka waktu tertentu, kation resin akan jenuh sehingga diperlukan regenerasi kembali dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Reaksi yang terjadi:



b. *Anion Exchanger*

Proses ini memiliki fungsi untuk mengikat ion-ion negatif (anion) yang terlarut di dalam air, dengan resin yang bersifat basa, maka anion-anion seperti CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> dan SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> akan membantu garam resin tersebut.

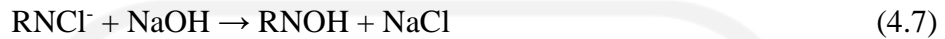
Reaksi yang terjadi:





Dalam waktu tertentu, anion resin ini akan jenuh, sehingga perlu diregenerasikan kembali dengan larutan NaOH.

Reaksi yang terjadi:



## 12. Deareasi

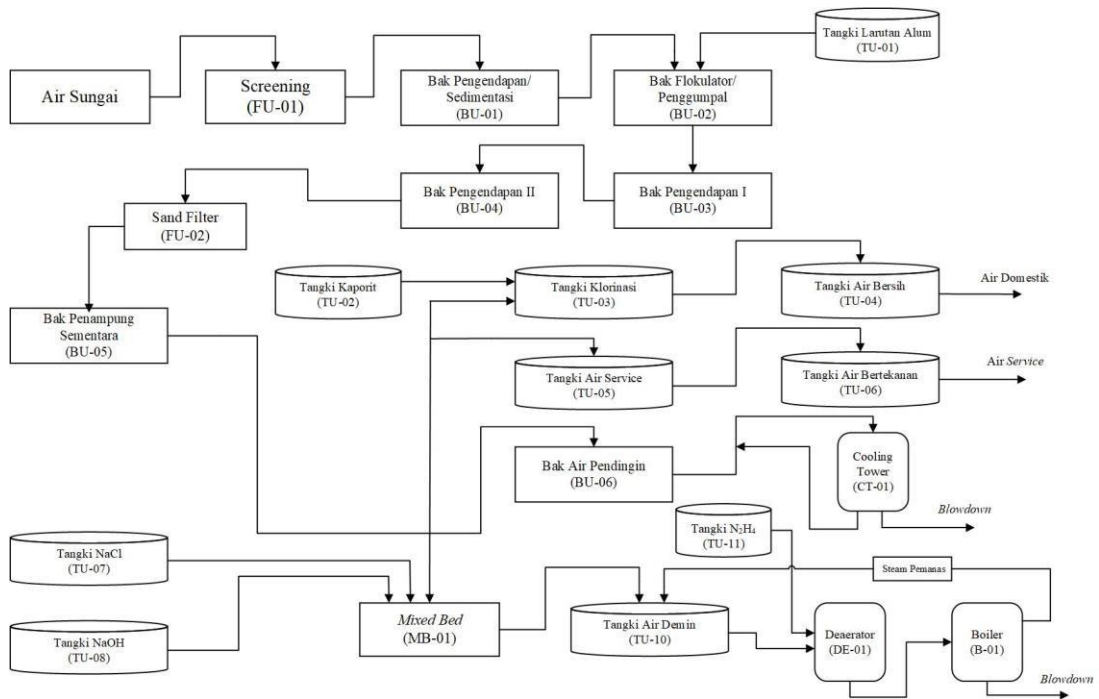
Proses pembebasan air umpan boiler dari oksigen ( $\text{O}_2$ ) dan gas-gas terlarut ( $\text{CO}_2$ ). Air yang sudah mengalami proses demineralisasi (*polish water*) akan dipompakan ke dalam *deaerator* dan diinjeksikan larutan hidrazin ( $\text{N}_2\text{H}_4$ ) untuk mengikat oksigen yang masih terkandung dalam air. Dengan hilangnya kandungan air di dalam air umpan *boiler* maka dapat mencegah timbulnya kerak (*scale*) pada bagian *tube boiler*.

Reaksi yang terjadi:



Air yang keluar dari *deaerator* akan dialirkan menggunakan pompa sebagai air umpan boiler (*boiler feed water*).

Untuk proses pengolahan air dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Diagram Alir Pengolahan Air

## 4.6.2 Kebutuhan Air

### 1. Kebutuhan Air Pembangkit *Steam*

*Steam* jenuh yang dihasilkan boiler merupakan steam yang memiliki suhu 300 °C dengan tekanan 1 atm. Adapun peralatan-peralatan yang membutuhkan steam dapat dilihat pada Tabel 4.28

Tabel 4.26 Kebutuhan Air Pembangkit *Steam*

Alat	Kode Alat	Kebutuhan Steam (Kg/jam)
<i>Vaporizer</i>	V-01	7914,2941
<i>Heater</i>	H-01	991,5899
<i>Reboiler</i>	RB-01	178,3937
Total		9081,7781



Perancangan dibuat *overdesign* 20%, sehingga jumlah kebutuhan *steam* adalah 10898,1338 kg/jam. Sedangkan untuk nilai *blowdown* pada *reboiler* adalah 15% dari kebutuhan *steam*. Sehingga diperoleh *blowdown* sebesar 1634,7201 kg/jam.

### 13. Kebutuhan Air Pendingin

Tabel 4.27 Kebutuhan Air Pendingin

Alat	Kode Alat	Kebutuhan Air (Kg/jam)
<i>Condensor</i>	CD-02	76571,3730
<i>Cooler</i>	C-01	9310,4650
Total		85881,8377

Perancangan dibuat *overdesign* sebesar 20%, sehingga kebutuhan air pendingin menjadi 103058,2052 kg/jam.

### 14. Kebutuhan Air Sanitasi

Total kebutuhan air untuk 1 orang menurut standar WHO adalah 100 – 120 liter/hari. Akan tetapi, untuk suatu pabrik atau kantor setiap 1 orang hanya membutuhkan 100 liter/hari (Sularso, 2001). Jumlah karyawan yang bekerja di pabrik benzena sebanyak 150 orang. Kebutuhan air domestik yaitu:

Tabel 4.28 Kebutuhan Air Domestik

No.	Keterangan	Kebutuhan Air (Kg/jam)
1.	Karyawan	4398,7711
2.	<i>Mess</i>	1040,0632
	Total	5438,8343

## 15. Kebutuhan Air Service Water

Perkiraan kebutuhan air untuk pemakaian layanan umum seperti bengkel, laboratorium, masjid, kantin, pemadam kebakaran, dan lain-lain sebesar 500 kg/jam.

### 4.6.3 Unit Penyedia *Dowtherm A*

Untuk mendinginkan kondensor (CD-01) dan reaktor (R-01) menggunakan pendingin jenis *Dowtherm A*. Alasan dipilihnya pendingin jenis *Dowtherm A* yaitu jenis pendingin ini mampu bekerja pada suhu tinggi. Apabila menggunakan air pendingin biasa untuk menurunkan suhu kondensor (CD-01) maka proses pendinginan akan menjadi tidak efektif. Hal ini disebabkan air pendingin pada saat proses pendinginan dimungkinkan ikut menjadi panas dan menguap sebagian terlebih dahulu sebelum proses pendinginan berakhir. Oleh karena itu, pemilihan jenis pendingin yang digunakan memiliki sifat fisik dan kimia yang lebih ringan sehingga dapat bertahan pada suhu tinggi.

*Dowtherm A* adalah cairan yang dapat digunakan dalam fase cair atau fase uap. Kisaran aplikasi normal adalah 60°F sampai 750°F (15 – 400) °C dan kisaran tekanan adalah 1 atm – 152,2 psig (10,6 bar). Fluida ini stabil tidak mudah terurai pada suhu tinggi, dan dapat digunakan secara efektif baik dalam fase cair atau fase uap. Viskositasnya rendah sepanjang rentang operasi pada perpindahan panas yang efisien sehingga tidak ada masalah dalam pemompaan. Fluida ini *non-corrosive* untuk logam biasa dan paduan.

(msdssearch.dow.com)

Pendingin *Dowtherm A* terdiri dari senyawa dipenil eter dan bipenil eter. *Dowtherm A* dapat digunakan dalam fase cair atau fase uap. Jumlah *dowtherm A* yang dibutuhkan untuk mendinginkan kondensor (CD-01) sebesar 35445,0400 kg/jam. Maka, total kebutuhan *dowtherm A* setelah *overdesign* 20% sebagai faktor keamanan alat adalah 42534,0480 kg/jam.

#### 4.6.4 Unit Pembangkit Steam (*Steam Generation System*)

Untuk memenuhi kebutuhan *steam* pada proses produksi dibutuhkan unit pembangkit *steam* dengan spesifikasi:

- Kapasitas: 10898,1338 kg/jam
- Jenis: *Packaged Boiler*
- Jumlah: 1

*Boiler* dilengkapi dengan sebuah unit *economizer safety valve* sistem dan pengaman-pengaman yang bekerja secara otomatis.

Air yang berasal dari unit pengolahan air yang akan digunakan sebagai umpan boiler terlebih dahulu diatur kadar silika, O<sub>2</sub>, Ca dan Mg yang masih terkandung dalam air umpan. Serta pengaturan pH sekitar 10 – 11 dikarenakan apabila pH yang terlalu tinggi nilai korosifitasnya akan tinggi.

Air sebelum masuk ke dalam *boiler*, terlebih dahulu dimasukkan ke dalam *economizer*, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran minyak residu yang keluar dari *boiler*. Di dalam alat ini air dinaikkan temperaturnya hingga 300 °C, kemudian diumpankan ke *boiler*. Api yang keluar dari alat pembakaran (*burner*) memiliki tugas untuk memanaskan lorong api dan

pipa-pipa api. Gas sisa pembakaran akan masuk ke *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap, sehingga air yang berada di dalam *boiler* menyerap panas dari dinding-dinding dan pipa api maka air akan menjadi mendidih. Uap air yang terkumpul kemudian dialirkan ke *steam header* untuk didistribusikan ke area-area proses.

#### 4.6.5 Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)

Unit pembangkit listrik berfungsi untuk menyediakan kebutuhan listrik pabrik yang meliputi peralatan proses, peralatan utilitas, dan kebutuhan perkantoran. Adapun rincian dari kebutuhan listrik adalah sebagai berikut.

##### 1. Kebutuhan Listrik Proses

- Alat Utilitas

Sama halnya dengan peralatan proses, peralatan utilitas juga terdapat sejumlah daya yang dibutuhkan. Kebutuhan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.31 sebagai berikut.

Tabel 4.29 Kebutuhan Listrik Alat Utilitas

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Bak Penggumpal (Koagulasi dan Flokulasi)	BU-01	2,0000	1491,4000
Blower Cooling Tower	BL-01	15,0000	11185,5000
Kompresor Udara	CP-01	5,0000	3728,5000
Pompa Utilitas-01	PU-01	6,8774	5128,4793
Pompa Utilitas-02	PU-02	7,9016	5892,2362
Pompa Utilitas-03	PU-03	6,9379	5173,5599

Pompa Utilitas-04	PU-04	0,0006	0,4272
Pompa Utilitas-05	PU-05	10,8590	8097,5935
Pompa Utilitas-06	PU-06	6,4729	4826,8173
Pompa Utilitas-07	PU-07	2,1060	1570,4189
Pompa Utilitas-08	PU-08	2,0444	1524,5022
Pompa Utilitas-09	PU-09	3,6894	2751,1683
Pompa Utilitas-10	PU-10	0,0000	0,0013
Pompa Utilitas-11	PU-11	1,4602	1088,8990
Pompa Utilitas-12	PU-12	1,4602	1088,8990
Pompa Utilitas-13	PU-13	0,0157	11,7246
Pompa Utilitas-14	PU-14	0,0160	11,8964
Pompa Utilitas-15	PU-15	6,6050	4925,3126
Pompa Utilitas-16	PU-16	6,6050	4925,3126
Pompa Utilitas-17	PU-17	0,1584	118,1295
Pompa Utilitas-18	PU-18	0,4235	315,8336
Pompa Utilitas-19	PU-19	0,2150	160,2962
Pompa Utilitas-20	PU-20	0,2156	160,7468
Pompa Utilitas-21	PU-21	0,2150	160,2962
Total		86,2786	64337,9503

الجامعة الإسلامية  
الاستاذ الدكتور

- Alat Proses

Beberapa peralatan proses menggunakan tenaga listrik sebagai penggerak motor. Daya yang dibutuhkan masing-masing alat dapat dilihat pada Tabel 4.32 sebagai berikut.

Tabel 4.30 Kebutuhan Listrik Peralatan Proses

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Pompa-01	P-01	67,1547	50077,2387
Pompa-02	P-02	1,3348	995,3556
Pompa-03	P-03	1,6220	1209,5035
Pompa-04	P-04	0,4586	341,9499
Pompa-05	P-05	1,0341	771,1098
Pompa-06	P-06	1,5352	1144,8141
Pompa-07	P-07	1,5523	1157,5630
Pompa-08	P-08	1,4705	1096,5297
Pompa-09	P-9	0,6330	472,0101
Pompa-10	P-10	1,5093	1125,5029
Pompa-11	P-11	29,4115	21932,1244
Total		107,7158	80323,7016

## 2. Kebutuhan Listrik Lainnya

- Kebutuhan listrik untuk AC dan penerangan masing-masing sebesar 50 kW dan 200 kW.
- Kebutuhan listrik untuk laboratorium dan bengkel diperkirakan sebesar 100 kW dan listrik untuk instrumentasi sebesar 50 kW.

Kebutuhan penunjang alat listrik secara lebih lengkap dapat dilihat pada Tabel 4.33 sebagai berikut.

Tabel 4.31 Kebutuhan Listrik

No.	Keperluan	Daya (kW)
1.	Peralatan Utilitas	64,3379
2.	Peralatan Proses	80,3237
3.	Penerangan	200
4.	AC	50
5.	Laboratorium dan Bengkel	100
6.	Instrumentasi	50
	Total	544,6617

Kebutuhan listrik diperoleh dari dua sumber yaitu Perusahaan Listrik Nasional (PLN) dan generator. Generator berfungsi untuk tenaga cadangan ketika PLN terjadi gangguan dan untuk menggerakkan alat-alat seperti boiler, pengaduk dan sejumlah pompa. Generator beroperasi menggunakan solar dan udara yang di tekan untuk menghasilkan panas. Panas yang dihasilkan akan digunakan untuk memutar poros engkol sehingga generator dapat menghasilkan listrik, kemudian listrik tersebut didistribusikan menggunakan panel. Energi listrik dari generator digunakan sebagai sumber utama untuk menggerakkan alat proses. Berikut adalah spesifikasi generator yang digunakan:

- Kapasitas: 1600 kW
- Jenis: AC Generator

- Tegangan: 220/360
- Jumlah: 1

#### 4.6.6 Unit Penyedia Udara Tekan

Unit penyedia udara tekan diperlukan untuk pemakaian *alat pneumatic control*. Udara tekan dipilih memiliki tekanan 6,35 bar dan suhu 30°C. Adapun jumlah alat kontrol sebanyak 25 buah dengan total kebutuhan udara tekan keseluruhan sebesar 35,5133 m<sup>3</sup> /jam. Kebutuhan udara tekan diperoleh dari kompresor yang dilengkapi dengan *dryer* yang berisi silika gel.

Spesifikasi kompresor yang dibutuhkan:

Kode	: KO
Fungsi	: mengompres udara menjadi udara bertekanan
Jenis	: <i>Single Stage Reciprocating Compressor</i>
Jumlah	1
Kapasitas	: 35,5133 m <sup>3</sup> /jam
Tekanan <i>discharge</i>	: 6 atm
Suhu udara	: 30°C
Efisiensi	: 85%
Daya kompresor	: 5 Hp



#### **4.6.7 Unit Penyedia Bahan Bakar**

Unit penyedia bahan bakar berfungsi untuk menyediakan bahan bakar yang diperlukan untuk proses pembakaran pada boiler. Bahan bakar yang digunakan untuk boiler dan generator yaitu solar. Solar memiliki heating value sebesar 35.677 – 36.235 kJ/liter. Adapun jumlah kebutuhan solar sebanyak 772,8102 kg/jam dengan efisiensi pembakaran 80%. Sedangkan untuk bahan bakar fuel gas sebesar 65,0129 kg/jam.

#### **4.7 Organisasi Perusahaan**

Tujuan dari sebuah perusahaan secara umum adalah untuk mendapatkan laba atau keuntungan dan dapat menyejahterakan masyarakat. Untuk mencapai hasil yang maksimal maka harus mempunyai struktur organisasi dan manajemen yang baik untuk menerangkan hubungan kerja antar bagian yang satu dengan yang lainnya serta mengatur hak dan kewajiban masing-masing bagian.

##### **4.7.1 Bentuk Organisasi Perusahaan**

Bentuk perusahaan menurut badan hukum dibedakan menjadi empat, yaitu:

1. Perusahaan perseorangan, modal hanya dimiliki oleh satu orang yang bertanggung jawab penuh terhadap keberhasilan perusahaan.
2. Persekutuan firma, modal dapat dikumpulkan dari dua orang atau lebih, tanggung jawab perusahaan didasari dengan perjanjian yang pendiriannya berdasarkan dengan akte notaris.
3. Persekutuan komanditer (*Commanditaire Venootshaps*) yang biasa disingkat dengan CV terdiri dari dua orang atau lebih yang masing-masing memiliki peran sebagai sekutu aktif (orang yang menjalankan

perusahaan) dan sekutu pasif (orang yang hanya memasukkan modal dan bertanggungjawab sebatas dengan modal yang dimasukan saja).

4. Perseroan terbatas (PT), modal diperoleh dari penjualan saham untuk mendirikan perusahaan, pemegang saham bertanggung jawab sebesar modal yang dimiliki.

Dengan pertimbangan beberapa hal di atas, maka pada pra rancangan pabrik benzena ini direncanakan bentuk perusahaannya sebagai berikut:

Bentuk perusahaan : Perseroan Terbatas (PT)

Lapangan usaha : Industri benzena

Lokasi perusahaan : Serang, Banten

Penjualan saham merupakan modal bagi bentuk perusahaan ini, dimana satu atau beberapa saham diambil oleh masing- masing sekutu. Saham sendiri merupakan surat berharga milik PT atau perusahaan, dimana pihak yang memiliki saham berarti termasuk salah satu pemilik perusahaan dan harus memberikan modal pada perusahaan tersebut. Pada setiap saham telah disebutkan jumlah setoran yang harus dipenuhi oleh pemegang saham dan pada bentuk perusahaan perseroan terbatas tanggung jawab pemegang saham hanya sebatas menyeter jumlah modal yang telah disebutkan pada saham secara penuh. Terdapat beberapa alasan dalam pemilihan bentuk perusahaan ini, diantaranya yaitu: (Widjaja, 2003)

1. Pengurus perusahaan adalah direksi dan staf dengan pengawasan dewan komisaris. Sedangkan pemegang saham merupakan pemilik perusahaan. Sehingga pengurus dan pemilik perusahaan terpisah satu sama lain.

2. Perolehan modal didapat dari penjualan saham perusahaan, sehingga lebih mudah dalam mendapatkan modal.
3. Berhentinya staf, direksi, dan pemegang saham tidak mempengaruhi keberlangsungan perusahaan.
4. Pemimpin perusahaan memegang kendali dari kelancaran proses produksi, sehingga pemegang saham memiliki tanggung jawab yang terbatas.
5. Hak kepemilikan perusahaan mudah dipindahkan, yaitu dengan penjualan saham.

Adapun ciri-ciri dari bentuk perusahaan perseroan terbatas adalah:

1. Pemegang saham adalah pemilik perusahaan.
2. Tercantum besarnya jumlah modal pada akta pendirian perusahaan yang berupa saham-saham.
3. Pemegang saham membentuk satu direksi yang akan memimpin perusahaan.
4. Pendirian perusahaan berdasarkan akta yang termuat dalam Undang-Undang Hukum Dagang.

#### **4.7.2 Struktur Organisasi**

Struktur organisasi perusahaan yang dipilih pada prarancangan pabrik benzena ini adalah system *line and staff*. Dimana garis kekuasaan lebih sederhana dan praktis. Demikian pula kebalikan dalam pembagian tugas kerja, seperti yang terdapat dalam sistem organisasi fungsional. Sehingga, dengan sistem ini, karyawan hanya akan bertanggungjawab kepada atasan saja. Kemudian dibentuk juga staff

ahli yang terdiri atas orang-orang yang ahli dalam bidangnya guna mencapai kelancaran produksi. Staff ahli bertugas memberi bantuan pemikiran dan nasehat kepada tingkat pengawas demi tercapainya tujuan perusahaan.

Kelompok orang yang menjalankan organisasi *line and staff* ini terbagi menjadi dua, yaitu:

- a. Sebagai garis atau *line* merupakan orang yang melaksanakan tugas pokok organisasi untuk mencapai tujuan
- b. Sebagai *staff* merupakan orang yang melakukan tugas sesuai dengan keahliannya, berfungsi memberikan saran-saran kepada unit operasional

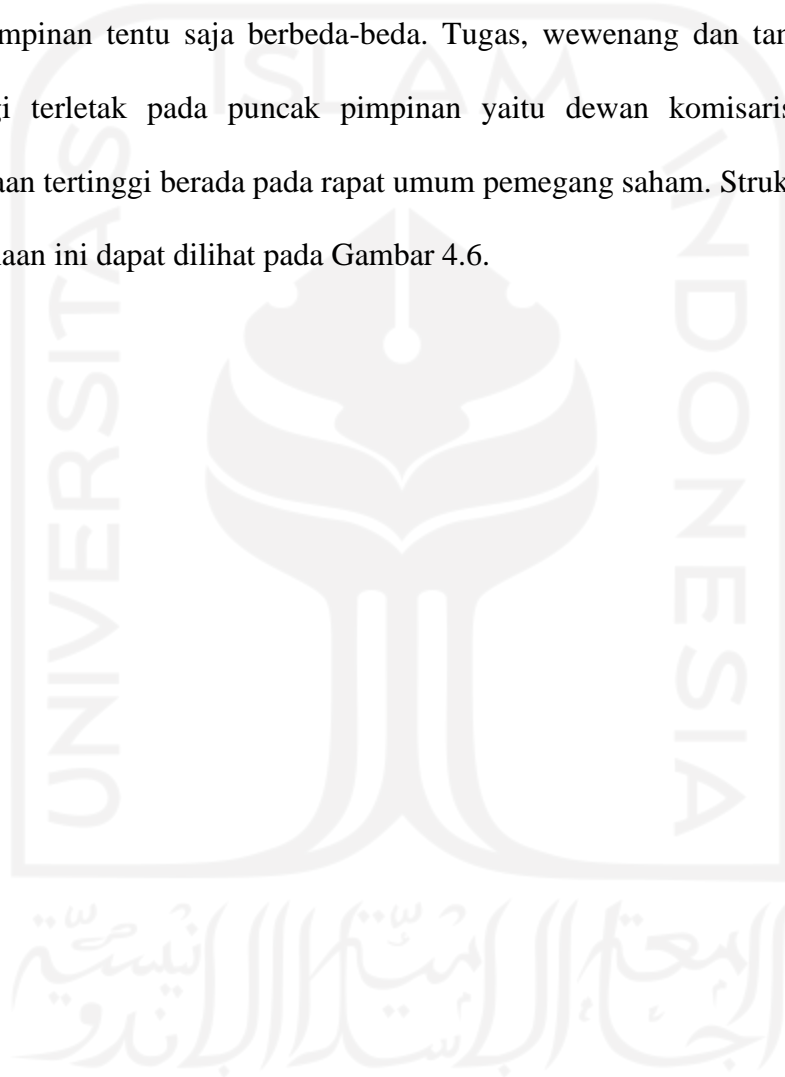
Dalam melaksanakan tugas sehari-harinya, para pemegang saham diwakilkan oleh dewan komisaris. Sedangkan untuk menjalankan perusahaan diwakilkan oleh manajer perusahaan beserta jajarannya. Pada sistem ini, semakin ke atas jabatan yang diduduki semakin tinggi tugas, wewenang dan tanggung jawab yang dimiliki juga semakin besar. Tugas, wewenang, dan tanggung jawab tertinggi terletak pada rapat umum pemegang saham. Pertimbangan lain digunakan sistem ini adalah lebih mudah dalam pelaksanaan pengawasan dan pertanggungjawaban serta kemungkinan konsentrasi dan loyalitas tinggi terhadap pekerjaan.

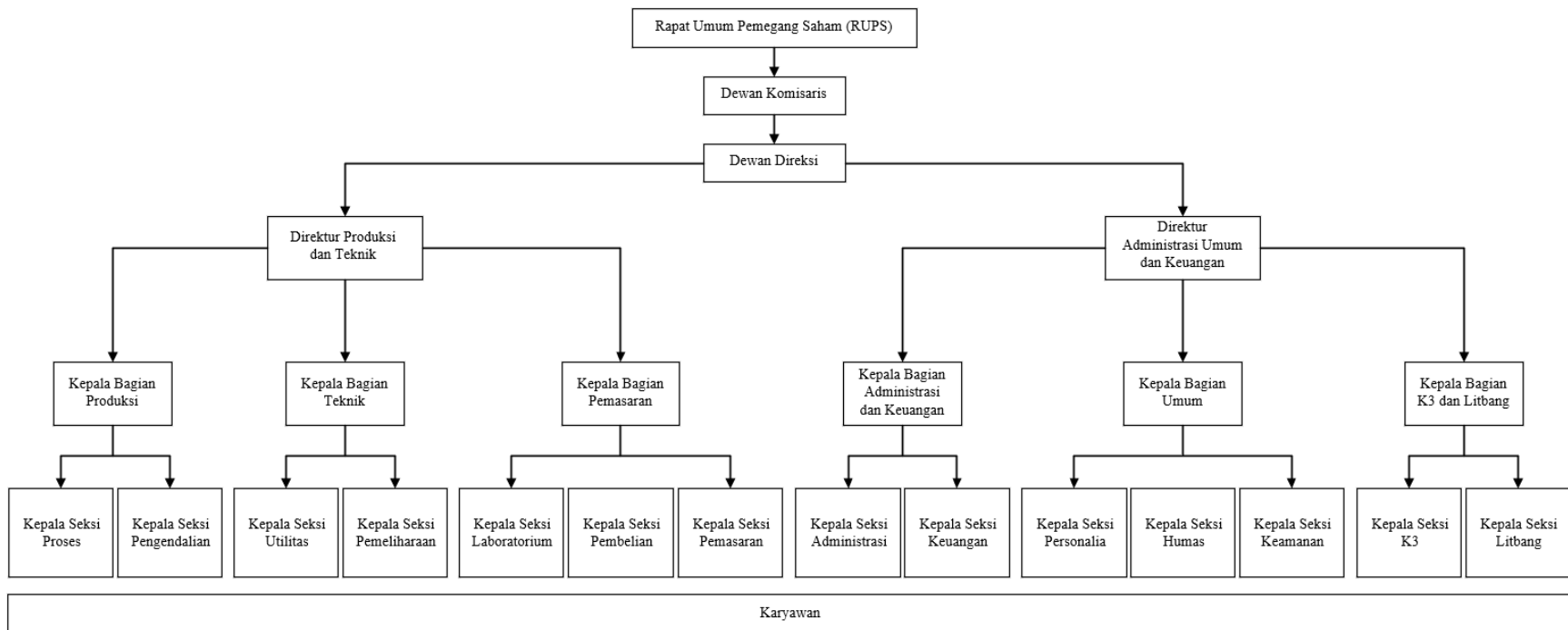
Struktur organisasi dari suatu perusahaan dapat bermacam-macam sesuai dengan bentuk dan kebutuhan dari masing-masing perusahaan. Jenjang dan jabatan kepemimpinan dalam perusahaan ini adalah sebagai berikut.

1. Pemegang saham
2. Dewan komisaris
3. Dewan Direksi

4. Direktur
5. Kepala Bagian
6. Kepala Seksi
7. Karyawan

Tugas, wewenang dan tanggung jawab dari masing-masing jenjang kepemimpinan tentu saja berbeda-beda. Tugas, wewenang dan tanggung jawab tertinggi terletak pada puncak pimpinan yaitu dewan komisaris. Sedangkan kekuasaan tertinggi berada pada rapat umum pemegang saham. Struktur organisasi perusahaan ini dapat dilihat pada Gambar 4.6.





Gambar 4.7 Struktur Organisasi Perusahaan

### **4.7.3 Tugas dan Wewenang**

#### **4.7.3.1 Pemegang Saham**

Pemegang saham (pemilik perusahaan) adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan tersebut. Kekuasaan tertinggi pada perusahaan yang mempunyai bentuk perseroan terbatas adalah Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). RUPS dilakukan minimal satu kali dalam setahun untuk mengontrol dan mengevaluasi kelancaran proses produksi. Bila ada sesuatu hal, RUPS dapat dilakukan secara mendadak sesuai dengan jumlah forum dan RUPS dihadiri oleh pemilik saham dan Dewan Komisaris.

Pada rapat umum tersebut para pemegang saham:

- 1) Meminta pertanggungjawaban Dewan Komisaris,
- 2) Dengan musyawarah mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris dan Direktur serta mengesahkan anggota pemegang saham apabila mengundurkan diri,
- 3) Menetapkan besar laba tahunan yang diperoleh untuk dibagikan, disimpan, atau ditanamkan kembali
- 4) Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan.

#### **4.7.3.2 Dewan Komisaris**

Dewan komisaris merupakan pelaksana dari para pemilik saham, sehingga dewan komisaris akan bertanggung jawab terhadap pemilik saham.

Tugas-tugas Dewan Komisaris meliputi:

- a. Melaksanakan pembinaan dan pengawasan terhadap seluruh kegiatan dan pelaksanaan tugas direksi.
- b. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijaksanaan umum, target laba perusahaan, alokasi sumber-sumber dana, dan pengarahan pemasaran.
- c. Membantu direksi dalam hal-hal penting.

#### **4.7.3.3 Dewan Direksi**

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya dalam hal kelancaran perusahaan sesuai dengan apa yang telah ditargetkan dalam RUPS. Direktur Utama bertanggung jawab pada Dewan Komisaris atas segala tindakan dan kebijaksanaan yang telah diambil sebagai pimpinan perusahaan. Direktur Utama membawahi Direktur Produksi dan Teknik, serta Direktur Administrasi Umum dan Keuangan.

Adapun tugas-tugas Direktur Utama adalah:

- 1) Memimpin dan membina perusahaan secara efektif dan efisien,
- 2) Menyusun dan melaksanakan kebijaksanaan umum pabrik sesuai dengan kebijaksanaan RUPS,
- 3) Mengadakan kerjasama dan mewakili perusahaan dalam hubungan maupun perjanjian-perjanjian dengan pihak luar demi kepentingan perusahaan,
- 4) Merencanakan dan mengawasi pelaksanaan tugas setiap personalia yang bekerja pada perusahaan.



Dalam melaksanakan tugasnya, Direktur Utama dibantu oleh Direktur Produksi dan Teknik, serta Direktur Administrasi Umum dan Keuangan.

#### 1. Tugas Direktur Produksi dan Teknik

Bertanggung jawab langsung kepada Direktur Utama dalam bidang produksi, operasi, teknik, utilitas, pengembangan, pemeliharaan peralatan, pengadaan, dan laboratorium. Mengkoordinir, mengatur serta mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.

Direktur Produksi dan Teknik dibantu oleh dua Kepala Bagian, yaitu:

- a. Kepala Bagian Produksi dibantu oleh Seksi Proses, dan Seksi Pengendalian.
- b. Kepala Bagian Teknik dibantu oleh Seksi Pemeliharaan dan Seksi Utilitas.
- c. Kepala Bagian Pemasaran dibantu oleh Seksi Laboratorium, Seksi Pembelian, dan Seksi Pemasaran.

#### 2. Direktur Administrasi Umum dan Keuangan

Direktur Administrasi Umum dan Keuangan bertanggung jawab langsung kepada Direktur Utama. Tugasnya memimpin segala pelaksanaan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan bidang administrasi, personalia, keuangan, humas, keamanan, dan keselamatan kerja.

Direktur Keuangan dan Umum dibantu oleh empat Kepala Bagian yaitu:

- a. Kepala Bagian Umum

Kepala Bagian Umum bertanggung jawab langsung kepada Direktur Keuangan dan Umum. Tugasnya adalah mengkoordinasi segala pelaksanaan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan bidang personalia, humas dan keamanan. Dalam menjalankan tugasnya, Kepala Bagian Umum dibantu oleh tiga Seksi, yaitu Seksi Personalia, Seksi Humas dan Seksi Keamanan.

b. Kepala Bagian K3 dan Litbang

Kepala Bagian K3 dan Litbang bertanggung jawab langsung kepada Direktur Keuangan dan Umum. Tugasnya adalah mengkoordinasi segala pelaksanaan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan bidang K3, dan Litbang. Dalam menjalankan tugasnya, Kepala Bagian K3 dan Litbang dibantu oleh dua Seksi, yaitu Seksi K3 dan Seksi Litbang.

#### **4.7.3.4 Staff Ahli**

Staff Ahli bertugas memberi masukan, baik berupa saran, nasihat, dan pandangan terhadap segala aspek operasional perusahaan. Staff ahli terdiri dari tenaga ahli yang bertugas membantu direksi dalam menjalankan tugasnya baik yang berhubungan dengan teknik maupun administrasi. Staff ahli bertanggung jawab kepada direktur utama sesuai dengan bidang keahliannya masing-masing. Tugas dan wewenang:

1. Memberikan nasihat dan saran dalam perencanaan pengembangan perusahaan.
2. Memperbaiki proses dari pabrik atau perencanaan alat dan pengembangan produksi.
3. Mempertinggi efisiensi kerja.

#### 4.7.4 Jumlah Karyawan dan Tingkat Pendidikan

Dari data karyawan *shift* dan *non-shift* jumlah karyawan pada pabrik benzena adalah 150 orang. SDM yang digunakan pada pabrik benzena perlu diperhatikan, adapun perinciannya dapat dilihat pada Tabel 4.34 sebagai berikut.

Tabel 4.32 Jabatan dan Keahlian

<b>Jabatan</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Pendidikan</b>
Direktur Utama	1	S-2
Direktur Produksi dan Teknik	1	S-2
Direktur Administrasi Umum dan Keuangan	1	S-2
Kepala Bagian Produksi	1	S-1
Kepala Bagian Teknik	1	S-1
Kepala Bagian Pemasaran	1	S-1
Kepala Bagian Administrasi dan Keuangan	1	S-1
Kepala Bagian Umum	1	S-1
Kepala Bagian K3 dan Litbang	1	S-1
Kepala Seksi Proses	1	S-1
Kepala Seksi Pengendalian	1	S-1
Kepala Seksi Utilitas	1	S-1
Kepala Seksi Pemeliharaan	1	S-1
Kepala Seksi Laboratorium	1	S-1
Kepala Seksi Pembelian	1	S-1
Kepala Seksi Pemasaran	1	S-1
Kepala Seksi Administrasi	1	S-1
Kepala Seksi Keuangan	1	S-1
Kepala Seksi Personalia	1	S-1
Kepala Seksi Humas	1	S-1

Tabel 4.34 Jabatan dan Keahlian (lanjutan)

Kepala Seksi Keamanan	1	S-1
Kepala Seksi K3	1	S-1
Kepala Seksi Litbang	1	S-1
Karyawan Proses	10	S-1
Karyawan Pengendalian	5	S-1
Karyawan Laboratorium	4	S-1
Karyawan Pemeliharaan	6	S-1
Karyawan Utilitas	6	S-1
Karyawan Pemasaran	4	S-1
Karyawan Pembelian	3	S-1
Karyawan Administrasi	3	S-1
Karyawan Personalia	3	S-1
Karyawan Humas dan Keamanan	3	S-1
Karyawan K3	6	S-1
Karyawan Litbang	3	S-1
Operator	57	D-3
Sopir	4	SMA/SMK
Petugas Perpustakaan	1	S-1
Cleaning Service	6	SMA/SMK
Dokter	1	S-1
Perawat	2	D-3/ S-1

#### 4.7.5 Pembagian Jam Kerja

Pabrik benzena dari toluene dan hidrogen ini akan beroperasi 330 hari selama satu tahun dalam 24 jam per hari. Sisa hari yang bukan merupakan hari libur digunakan untuk perbaikan, perawatan, dan *turn around*. Pembagian jam kerja karyawan digolongkan menjadi dua golongan, yaitu:

1. Pegawai *non shift* yang bekerja selama 8 jam dalam sehari dengan total kerja 40 jam per minggu. Sedangkan hari sabtu, minggu, dan hari besar libur. Pegawai *non shift* termasuk karyawan tidak langsung menangani operasi pabrik yaitu direktur, kepala departemen, kepala divisi, karyawan kantor atau administrasi, dan divisi-divisi dibawah tanggung non teknik atau yang bekerja di pabrik dengan jenis pekerjaan tidak kontinyu. Berikut adalah ketentuan jam kerja pegawai *non shift*.

Senin – Kamis : 08.00 – 17.00 (istirahat 12.00 – 13.00)

Juma't : 08.00 – 17.00 (istirahat 11.30 – 13.00)

2. Pegawai *shift* bekerja 24 jam per hari yang terbagi dalam 3 *shift*. Karyawan *shift* adalah karyawan yang langsung menangani proses operasi pabrik yaitu kepala *shift*, operator, karyawan-karyawan *shift*, gudang serta keamanan dan keselamatan kerja. Berikut adalah ketentuan jam kerja pegawai *shift* sebagai berikut.

Shift I (Pagi) : 08.00 – 16.00

Shift II (Sore) : 16.00 – 24.00

Shift III (Malam) : 24.00 – 08.00

Jadwal kerja terbagi menjadi empat minggu dan empat kelompok. Setiap kelompok kerja mendapatkan libur satu kali dari tiga kali shift. Berikut adalah jadwal kerja karyawan shift.

Tabel 4.33 Jadwal Kerja Karyawan Shift

Regu	Hari											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	III	III	III	-	I	I	I	II	II	II	-	-
B	-	I	I	I	II	II	II	-	-	III	III	III
C	I	II	II	II	-	-	III	III	III	-	I	I
D	II	-	-	III	III	III	-	I	I	I	II	II

### 3. Kerja Lembur (*overtime*)

Kerja lembur dapat dilakukan apabila ada keperluan yang mendesak dan atas persetujuan kepala bagian.

## 4.7.6 Sistem Gaji dan Fasilitas Karyawan

### 4.7.6.1 Sistem Gaji Karyawan

Sistem pembagian gaji pada perusahaan terbagi menjadi 3 jenis yaitu:

- a. Gaji bulanan, gaji yang diberikan kepada pegawai tetap dengan jumlah sesuai peraturan perusahaan.
- b. Gaji harian, gaji yang diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian.
- c. Gaji lembur, gaji yang diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja pokok.

Tabel 4.34 Daftar Gaji Karyawan

Jabatan	Jumlah	Gaji (Rp)	Gaji (Rp)
		(/orang/bulan)	(/bulan)
Direktur Utama	1	35.000.000	35.000.000
Direktur Produksi dan Teknik	1	30.000.000	30.000.000
Direktur Administrasi Umum dan Keuangan	1	30.000.000	30.000.000
Kepala Bagian Produksi	1	20.000.000	20.000.000
Kepala Bagian Teknik	1	20.000.000	20.000.000
Kepala Bagian Pemasaran	1	20.000.000	20.000.000
Kepala Bagian Administrasi dan Keuangan	1	20.000.000	20.000.000
Kepala Bagian Umum	1	20.000.000	20.000.000
Kepala Bagian K3 dan Litbang	1	20.000.000	20.000.000
Kepala Seksi Proses	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Pengendalian	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Utilitas	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Pemeliharaan	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Laboratorium	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Pembelian	1	15.000.000	15.000.000

Tabel 4.36 Daftar Gaji Karyawan (lanjutan)

Kepala Seksi Pemasaran	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Administrasi	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Keuangan	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Personalia	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Humas	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Keamanan	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi K3	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Litbang	1	15.000.000	15.000.000
Karyawan Proses	10	10.000.000	100.000.000
Karyawan Pengendalian	5	9.000.000	45.000.000
Karyawan Laboratorium	4	9.000.000	36.000.000
Karyawan Pemeliharaan	6	9.000.000	54.000.000
Karyawan Utilitas	6	9.000.000	54.000.000
Karyawan Pemasaran	4	7.000.000	28.000.000
Karyawan Pembelian	3	7.000.000	21.000.000
Karyawan Administrasi	3	7.000.000	21.000.000
Karyawan Personalia	3	8.000.000	24.000.000
Karyawan Humas dan Keamanan	3	7.000.000	21.000.000
Karyawan K3	6	8.000.000	48.000.000



Tabel 4.36 Daftar Gaji Karyawan (lanjutan)

Karyawan Litbang	3	8.000.000	24.000.000
Operator	57	6.000.000	342.000.000
Sopir	4	4.700.000	18.800.000
Petugas Perpustakaan	1	4.500.000	4.500.000
Cleaning Service	6	4.400.000	26.400.000
Dokter	1	9.000.000	9.000.000
Perawat	2	5.000.000	10.000.000
Total	150	1.311.700.000	15.740.400.000

#### 4.7.6.2 Kesejahteraan Karyawan

Setiap karyawan di perusahaan memiliki hak dan kewajiban yang diatur oleh undang-undang ketenagakerjaan. Terdapat dua jenis karyawan berdasarkan jenis kontrak kerjanya, yaitu:

- Karyawan Pra-Kontrak merupakan karyawan baru yang akan mengalami masa percobaan kerja selama 6 bulan. Setelah 6 bulan, kinerja karyawan akan dievaluasi untuk kemudian diambil keputusan mengenai pengangkatan menjadi karyawan tetap.
- Karyawan Tetap merupakan karyawan yang telah memiliki kontrak kerja secara tertulis dengan perusahaan.

Baik karyawan pra-kontrak maupun karyawan tetap memiliki hak serta kewajiban yang sama. Hak karyawan meliputi masalah gaji, tunjangan, serta cuti karyawan.

## 1. Hak Karyawan

### a) Gaji Pokok

Gaji pokok karyawan diatur berdasarkan jabatan, keahlian dan kecakapan karyawan, masa kerja, serta prestasi kerja. Kenaikan gaji pokok dilakukan per tahun sesuai dengan pertumbuhan ekonomi serta prestasi dari karyawan.

### b) Tunjangan dan Fasilitas bagi Karyawan

Selain gaji pokok, setiap karyawan juga mendapatkan tunjangan yang diatur oleh perusahaan. Beberapa jenis tunjangan dan fasilitas yang diberikan oleh perusahaan antara lain adalah:

a. Tunjangan Makan: makan siang disediakan oleh perusahaan dan setiap karyawan berhak makan siang yang disediakan. Namun karyawan juga dapat makan siang di luar wilayah perusahaan dan akan diberikan uang makan yang besarnya disesuaikan dengan jabatan karyawan.

b. Tunjangan Kesehatan: setiap karyawan akan memiliki asuransi yang diatur oleh perusahaan, sesuai dengan Undang-

Undang Republik Indonesia Nomor 40 Tahun 2004 tentang Sistem Jaminan Sosial Nasional Pasal 18. Jenis program jaminan sosial meliputi:

1. Jaminan kesehatan
2. Jaminan kecelakaan kerja
3. Jaminan hari tua
4. Jaminan pensiun dan kematian

Sehingga karyawan mengalami kecelakaan ataupun sakit dan harus dirawat, maka perusahaan akan mengganti seluruh biaya perawatan.

c. Tunjangan Hari Raya: setiap karyawan akan mendapatkan tunjangan hari raya sebesar 1 bulan gaji setiap tahunnya.

d. Tunjangan Keluarga: Karyawan yang telah memiliki keluarga akan mendapatkan tunjangan bagi istri dan anaknya (maksimal 2 anak) yang ketentuannya telah diatur oleh perusahaannya.

e. Tunjangan Hari Tua: karyawan yang telah berumur 60 tahun akan memasuki usia pensiun dan akan diberikan uang pensiun sebesar 10% dari gaji total selama karyawan tersebut bekerja.

c) Penyediaan Fasilitas Bagi Karyawan

- Penyediaan sarana transportasi / bus karyawan.
- Penyediaan fasilitas tempat ibadah yang dilengkapi dengan sarana air dan listrik.

- Beasiswa kepada anak-anak karyawan yang berprestasi.

- Memberikan tanda penghargaan dalam bentuk tanda mata kepada pekerja yang mencapai masa kerja berturut-turut 10 tahun.

- Penyediaan fasilitas perumahan yang dilengkapi dengan sarana air dan listrik.

d) Cuti dan Hari Libur Nasional

Setiap karyawan tetap akan mendapatkan cuti kerja sebanyak 15 hari per tahunnya dan hal ini tidak berlaku akumulatif. Selain itu pada hari libur nasional, karyawan non-shift akan libur, namun karyawan shift yang memiliki jadwal kerja pada hari tersebut tidak libur namun jam kerjanya akan dihitung sebagai jam kerja lembur.

#### b. Kewajiban Karyawan

Hak yang diterima oleh karyawan perlu diimbangi juga dengan kewajiban yang harus diberikan oleh setiap karyawan. Beberapa kewajiban karyawan antara lain:

- Wajib turut serta menyukseskan visi dan misi perusahaan
- Wajib mentaati kontrak kerja yang telah disepakati sebelumnya antara perusahaan dan karyawan
- Wajib menjaga kerahasiaan proses produksi pabrik.

#### **4.7.7 Keselamatan Kerja**

Keselamatan kerja bagi karyawan sangat penting. Hal ini diatur oleh pemerintah dalam undang-undang. Oleh karena itu diperlukan adanya staf ahli kesehatan dan keselamatan kerja (K3) yang berfungsi untuk memberikan pelatihan kepada seluruh karyawan, terutama karyawan yang berada di area produksi untuk memperhatikan keselamatan kerja. Pelatihan juga dapat berupa uji coba sirine bahaya kebakaran, dll.

Perusahaan juga menyediakan beberapa jenis alat pelindung diri (APD) bagi setiap karyawan, dan setiap karyawan wajib memakai di dalam area produksi. APD tersebut antara lain adalah sepatu pengaman, earplug, helmet, baju tangan panjang,

serta masker. Unit K3 juga menyediakan poster-poster yang berisikan himbauan kepada karyawan tentang keselamatan kerja.

Landasan keselamatan kerja diantaranya:

1. Idil: Pancasila
2. Struktural: Undang-Undang Dasar 1945 pasal 27 ayat 2  
“ Tiap-tiap warga negara berhak atas pekerjaan dan penghidupan yang layak bagi kemanusiaan ”
3. Operasional:
  - Ketetapan MPR
  - Undang-Undang/ Peraturan Ketenagakerjaan
  - Peraturan Menteri Tenaga Kerja

Undang-Undang tentang ketentuan-ketentuan pokok mengenai tenaga kerja adalah UU No.14 tahun 1969. Beberapa pasal penting yang tercantum didalamnya yaitu:

1. Pasal 3: “Tiap tenaga kerja berhak atas pekerjaan dan penghasilan yang layak bagi kemanusiaan “
2. Pasal 8: “Tiap tenaga kerja berhak mendapat perlindungan atas keselamatan, kesehatan, kesusilaan, moral kerja serta perlakuan yang sesuai dengan martabat manusia.
3. Pasal 10: “Pemerintahan membina perlindungan kerja yang mencakup:
  - Norma-norma keselamatan kerja (UU No.1 tahun 1979)
  - Norma-norma kesehatan dari *hygiene* perusahaan (UU No.12 tahun 1948)

- Norma-norma kerja (KUH Perdata, BK.III Bab 71, dll)
- Pemberian ganti rugi, perawatan, dan rehabilitasi dalam hal kecelakaan kerja (UU No.33 tahun 1947)

UU yang menyangkut tujuan keselamatan kerja adalah UU No.1 tahun 1970 yang berisi tentang:

- Melindungi tenaga kerja atas hak keselamatannya dalam melakukan pekerjaan demi kesejahteraan hidup dan meningkatkan produksi serta produktivitas nasional
- Memelihara sumber produksi dan menggunakannya secara aman dan efisien.
- Menjamin keselamatan setiap orang yang berada di tempat kerja

Dengan adanya peraturan perundang-undangan yang ditetapkan syarat-syarat keselamatan kerja yaitu untuk:

- Mencegah dan mengurangi kecelakaan kerja;
- Mencegah, mengurangi dan memadamkan kebakaran;
- Mencegah dan mengurangi bahaya peledakan;
- Memberi kesempatan atau jalan untuk menyelamatkan diri pada waktu kebakaran atau kejadian-kejadian lain yang berbahaya;
- Memberi pertolongan pada saat terjadinya kecelakaan kerja;
- Memberi alat-alat perlindungan diri kepada para pekerja;
- Mencegah dan mengendalikan timbulnya atau menyebar luasnya suhu, kelembaban, debu, kotoran, asap, uap, gas, hembusan angin, cuaca, sinar radiasi, suara, dan getaran;
- Mencegah dan mengendalikan timbulnya penyakit akibat

pekerjaan baik pekerjaab fisik maupun psikis, keracunan, infeksi dan penularan;

- Memperoleh penerangan yang cukup sesuai;
- Memelihara suhu dan kelembaban udara yang baik;
- Memeberi penyegaran udara yang cukup;
- Memelihara kebersihan, kesehatan dan ketertiban;
- Memperoleh keserasianantara tenaga kerja, alat kerja, lingkungan, cara dan proses kerjanya;
- Mengamankan dan memperlancar pekerjaab bongkar muat, perlakuan dan penyimpanan barang;
- Mencegah terkena aliran listrik yang berbahaya;
- Menyesuaikan dan menyempurnakan pengamanan pada pekerjaan yang bahaya kecelakaannya menjadi bertambah tinggi;
- Tenaga kerja harus memperoleh perlindungan dari berbagai hal di sekitarnya yang dapat menimpa dan mengganggu dirinya dalam melaksanakan kerjanya.

Kewajiban dan hak tenaga kerja adalah :

- Memberikan keterangan apabila diminta oleh pengawas atau ahli K3;
- Memakai alat-alat perlindungan diri;
- Menyatakan keberatan terhadap pekerjaan yang dilakukan apabila syarat-syarat K3 pada alat perlindungan diri yang diberikan tidak menjamin keselamatan kerja;

- Keberhasilan penerapan keselamatan dan kesehatan kerja (K3) didasarkan pada kebijaksanaan pengelolaan K3 yang diambil oleh pemimpin perusahaan yang diantaranya adalah sebagai berikut:
- Kepemimpinan yang tegas
- Organisasi K3 di dalam struktur organisasi perusahaan
- Sarana dan prasarana yang memadai
- Integrasi K3 pada semua fungsi perusahaan
- Dukungan semua karyawan dalam melaksanakan K3

Sarana pencapaian pengelolaan K3 adalah meminimalkan kecelakaan yang disertai dengan adanya peningkatan produktivitas yang tinggi sehingga tujuan perusahaan dapat dicapai secara optimal.

Bahan berbahaya dan pencegahannya adalah bahan-bahan yang selama pembuatan, pengolahan, pengangkutan, penyimpanan serta penggunaannya dapat mengeluarkan gas, debu, radiasi dan bentuk lainnya yang dapat menimbulkan iritasi, radiasi, kebutaan, ledak, korosi, kercunan. Bahan berbahaya dalam jumlah tertentu dapat menyebabkan kerusakan pada alat. Bahan atau alat berbahaya (*hazardous*) yang harus diperhatikan adalah:

1. Bahan yang bersifat mudah terbakar (*flammable*) dan dapat meledak (*explosive*)
2. Bahan yang bersifat racun yang membahayakan kesehatan
3. Alat-alat mekanik yang dapat membahayakan keselamatan kerja.

Mengingat sebagian bahan baku yang dipergunakan dan produk yang dihasilkan bersifat racun, maka tindakan pengamanan yang harus dilakukan adalah:



1. Pemasangan lambing atau *symbol* yang digunakan sebagai label peringatan terhadap setiap jenis bahan kimia yang digunakan;
2. Tempat penyimpanan dalam ruangan tertutup dan pengadaan ventilasi;
3. Menyediakan masker, perlindungan tubuh, sarung tangan, pelindung kepala (*helmet*), *safety boots*, dan perlindungan mata;
4. Penyediaan *training* sebelum mulai kerja dan membuat prosedur standar operasi yang harus dipatuhi oleh setiap operator;
5. Bila tercecer, gunakan kertas absorben untuk menyerapnya;
6. Kertas absorben dan pakaian yang terkontaminasi bahan- bahan beracun tersebut diisolasi dengan plastik kedap udara;
7. Permukaan (lantai, pakaian, dll) yang terkontaminasi dicuci dengan ethanol 60-70%, kemudian dicuci dengan air;
8. Bila terjadi kontak mata, bagi yang memakai lensa kontak, lensa tersebut harus dilepas, dan mata dibilas dengan air selama 20-30 menit, kemudian segera periksa ke dokter;
9. Bila terkena kulit, siram kulit yang terkena bahan beracun tersebut dengan air, lalu di cuci dengan sabun. Bila terjadi iritasi segera periksa ke dokter.

Selain tindakan *preventif* untuk menghadapi bahaya bahan-bahan beracun tersebut di atas, para operator pabrik juga perlu dilengkapi dengan perlindungan telinga (*earplug*), untuk melindungi telinga dari suara-suara bising dari peralatan pabrik. Untuk menghindari adanya kebakaran akibat arus listrik, perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

1. Untuk mencegah terjadinya kebakaran, maka disediakan beberapa peralatan pemadam kebakaran seperti *fire box & fire hydrant* dalam ruangan, serta unit pemadam kebakaran;
2. Menggunakan alat penangkal petir untuk peralatan tinggi;
3. Menggunakan isolasi pada jaringan listrik;
4. Pengawasan terhadap kabel terpasang;
5. Pemasangan instalasi listrik tidak menghalangi kerja.

Untuk menghindari bahaya yang ditimbulkan oleh alat produksi, beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain:

1. Pemakaian alat proses yang melebihi kapasitas;
2. Memperkerjakan operator-operator terlatih;
3. Mengadakan pemeriksaan dan perawatan alat produksi secara berkala;
4. Membuat sistem pengendalian kontrol secara manual dan otomatis pada setiap unit, sehingga memudahkan pengendalian apabila terjadi bahaya.
  - Bahaya yang ditimbulkan manusia

Dari penelitian kecelakaan-kecelakaan yang terjadi, ternyata faktor manusia sebagai penyebab terjadinya kecelakaan sangat besar, dimana hal tersebut diakibatkan oleh kelalaian manusia dalam mematuhi peraturan keselamatan kerja, seperti:

1. Kegiatan yang menyimpang dari peraturan;
2. Tidak memanfaatkan alat keselamatan kerja;
3. Penggunaan alat yang tidak tepat

Untuk mengantisipasi hal-hal di atas, hendaknya manajemen pabrik melakukan tindakan sebagai berikut:

1. Mengadakan *training* atau pelatihan mengenai sifat dan bahaya yang terdapat dalam pabrik;
2. Menggunakan alat pelindung dalam lokasi pabrik;
3. Memasang label atau *symbol* bahaya untuk memudahkan pengenalan bahaya-bahaya dari bahan kimia.
  - Bahaya yang ditimbulkan oleh alam

Bahaya yang ditimbulkan oleh alam antara lain: banjir, gempa, angin ribut, atau petir. Untuk mencegah terjadinya bahaya yang disebabkan oleh alam, beberapa hal yang perlu dilakukan antara lain:

1. Mendirikan pabrik dengan pondasi yang kuat;
2. Memasang penangkal petir pada bangunan dan alat proses yang tinggi;
3. Memasang alarm pemberitahuan yang bekerja secara otomatis apabila terjadi bencana alam;
4. Mendirikan pabrik pada lokasi dimana dapat dihindari bahaya-bahaya seperti banjir dan gempa bumi dan menyediakan daerah aman dalam lokasi pabrik.

Penataan lingkungan pabrik juga menjadi faktor penting yang berpengaruh terhadap keselamatan kerja, sehingga perlu adanya perhatian khusus dalam pengaturan lingkungan pabrik terdapat lingkungan fisik dan lingkungan kerja.

1. Lingkungan Fisik

- a) Meliputi mesin peralatan kerja dan bahan baku: Pengaturan letak mesin dan alat yang sedemikian rupa sehingga pekerja dapat melakukan pekerjaan dengan leluasa produksi dan aman;
- b) Perencanaan mesin dan peralatan pabrik dengan memperhatikan faktor keamanan;
- c) Mutu bahan dan peralatan yang dibeli terjamin kualitasnya.

## 2. Lingkungan Kerja

- a) Penempatan mesin yang teratur sehingga jarak antar mesin cukup lebar;
- b) Halaman pabrik yang bersih;
- c) Penerangan yang cukup pada lingkungan pabrik;
- d) Penempatan bahan atau sampah tak terpakai pada tempatnya;
- e) Pemasangan sistem alarm dan tanda bahaya seperti *fire detector* dan instrumennya.
- f) Lingkungan pabrik yang dilengkapi dengan ventilasi udara yang cukup dan diberi kipas penghisap (*exhaust*) untuk menjaga sirkulasi udara.

#### 4.8 Evaluasi Ekonomi

Dalam pra rancangan pabrik benzena, diperlukan evaluasi ekonomi untuk mengetahui apakah pabrik yang didirikan merupakan suatu investasi yang layak dan menguntungkan atau tidak. Evaluasi ekonomi dapat meninjau kebutuhan modal investasi, besar keuntungan yang diperoleh, lama modal investasi dapat dikembalikan, dan titik terjadinya impas yaitu total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Sehingga dapat menjadi suatu dasar kelayakan untuk mendirikan suatu pabrik. Faktor yang mempengaruhi evaluasi ekonomi diantaranya, yaitu:

1. *Return On Investment (ROI)*
2. *Pay Out Time (POT)*
3. *Break Even Point (BEP)*
4. *Shut Down Point (SDP)*
5. *Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)*

Sebelum melakukan analisa terhadap faktor diatas, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap beberapa hal, yaitu:

1. Penentuan Modal Industri (*Total Capital Investment*), meliputi:
  - a. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)
  - b. Modal Kerja (*Working Capital Investment*)
2. Penentuan Biaya Produksi Total (*Total Production Cost*), meliputi:
  - a. Biaya Pembuatan (*Manufacturing Cost*)

b. Biaya Pengeluaran Umum (*General Expenses*)

Untuk mengetahui titik impas, maka diperlukan beberapa perkiraan meliputi:

a. Biaya Tetap (*Fixed Cost*)

b. Biaya Tidak Tetap (*Regulated Cost*)

c. Biaya Variabel (*Variable Cost*)

#### 4.8.1 Penaksiran Harga Alat

Harga peralatan akan berubah setiap saat tergantung pada kondisi ekonomi yang mempengaruhinya. Oleh karena itu, untuk mengetahui harga peralatan diperlukan metode atau cara untuk memperkirakan harga alat tertentu. Harga peralatan proses produksi pada tahun rencana pendirian pabrik yaitu pada tahun 2026 ditentukan menggunakan index harga alat pada tahun tersebut. Index harga pada tahun analisa yaitu tahun 2021 dapat ditentukan menggunakan regresi linear terhadap index harga tahun sebelumnya, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.37.

Tabel 4.35 Tabel index harga alat

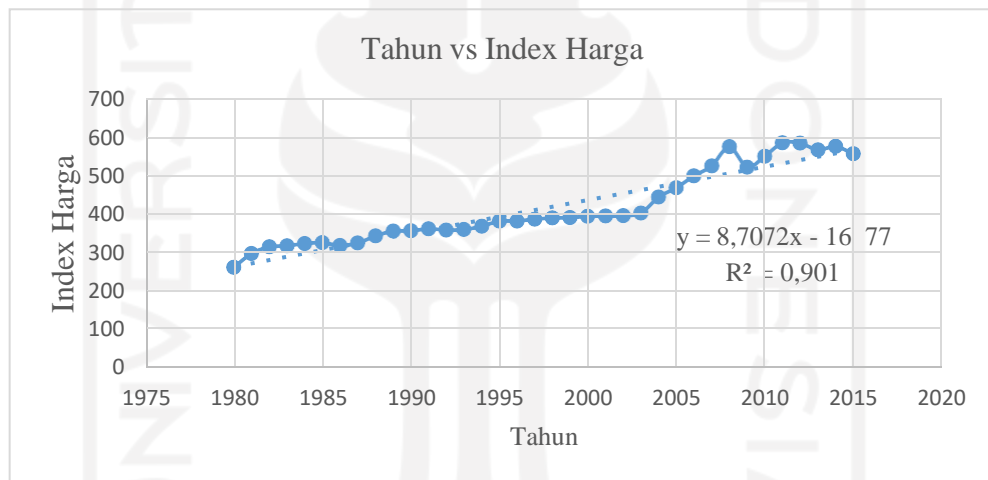
Tahun	Index
1980	261
1981	297
1982	314
1983	317
1984	323
1985	325
1986	318
1987	324
1988	343
1989	355
1990	356
1991	361,3
1992	358,2
1993	359,2
1994	368,1
1995	381,1
1996	381,7
1997	386,5
1998	389,5
1999	390,6
2000	394,1
2001	394,3
2002	395,6
2003	402
2004	444,2
2005	468,2
2006	499,6
2007	525,4
2008	575,4
2009	521,9
2010	550,8
2011	585,7
2012	584,6
2013	567,3
2014	576,1
2015	556,8

(Sumber: Timmerhause)

Berdasarkan tabel di atas, maka diperoleh persamaan regresi linear sebagai berikut.

$$y = 8,7072x - 16977$$

Rencana pendirian pabrik benzena dengan kapasitas 165.000 ton/tahun adalah pada tahun 2026. Dengan menggunakan persamaan di atas, kemudian mensubstitusikan nilai x menjadi 2026, maka diperoleh nilai index harga pada tahun 2026 (y) sebesar 663,787. Grafik hubungan antara tahun dan index harga ditunjukkan pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Grafik Index Harga vs Tahun

Harga alat dan lainnya dihitung pada tahun evaluasi yaitu tahun 2026. Persamaan yang digunakan untuk menghitung harga alat pada tahun evaluasi yaitu:

$$Ex = Ey \cdot \frac{Nx}{Ny} \quad (\text{Aries \& Newton, 1955})$$

Keterangan:

Ex = Harga pembelian pada tahun 2026

Ey = Harga pembelian pada tahun referensi



$N_x$  = Index harga pada tahun 2026

$N_y$  = Index harga pada tahun referensi

#### 4.8.2 Dasar Perhitungan

Kapasitas pabrik = 165.000 ton/tahun

Satu tahun operasi = 330 hari

Umur pabrik = 10 tahun

Tahun pendirian pabrik = 2026

Kurs mata uang = 1 US\$ = Rp 14.232 (Mei 2021)

Harga bahan baku (toluena) = Rp 2.319.086.175.782/ tahun

Harga bahan baku (hidrogen) = Rp 849.121.949.337/ tahun

Harga katalis = Rp 173.116.127.927 / tahun

Harga produk utama (benzena) = Rp 6.411.154.683.185/ tahun

#### 4.8.3 Perhitungan Biaya

##### 4.8.3.1 *Capital Investment*

*Capital investment* merupakan jumlah pengeluaran yang dibutuhkan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik dan untuk mengoperasikan pabrik. *Capital investment* terdiri dari:

##### a. *Fixed Capital Investment*

*Fixed capital investment* merupakan biaya yang dibutuhkan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas suatu pabrik.

b. *Working Capital Investment*

*Working capital investment* merupakan biaya yang dibutuhkan untuk mengoperasikan suatu pabrik selama waktu tertentu.

**4.8.3.2 *Manufacturing Cost***

*Manufacturing cost* merupakan biaya yang dibutuhkan untuk kegiatan produksi suatu produk. *Manufacturing cost* merupakan jumlah dari *direct*, *indirect*, dan *fixed manufacturing cost* yang berkaitan dengan proses pembuatan produk. Menurut Aries dan Newton, *manufacturing cost* meliputi:

a. *Direct Cost*

*Direct cost* merupakan biaya pengeluaran yang berhubungan langsung dalam proses pembuatan suatu produk.

b. *Indirect Cost*

*Indirect cost* merupakan biaya pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi suatu pabrik.

c. *Fixed Cost*

*Fixed cost* merupakan biaya pengeluaran yang bersifat tetap, tidak dipengaruhi oleh tingkat produksi dan waktu atau pengeluaran ketika pabrik beroperasi maupun tidak beroperasi.

#### 4.8.3.3 *General Expenses*

*General Expenses* atau pengeluaran umum merupakan biaya pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan dan tidak termasuk *manufacturing cost*.

#### 4.8.4 Analisa Kelayakan

Analisa atau evaluasi kelayakan suatu perancangan pabrik dilakukan untuk mengetahui keuntungan yang diperoleh. Studi kelayakan dari pabrik benzena dapat dilihat dari parameter-parameter ekonomi. Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan adalah:

##### 4.8.4.1 *Return On Investment (ROI)*

*Return on investment* adalah perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun, didasarkan pada kecepatan pengembalian modal tetap yang diinvestasikan. Persamaan yang digunakan untuk menghitung *percent return on investment* adalah:

$$ROI = \frac{\text{Keuntungan}}{\text{Fixed Capital}} \times 100\%$$

Keuntungan atau profit dihitung berdasarkan *annual sales* ( $S_a$ ) dan *total manufacturing cost*. *Finance* akan dihitung sebagai komponen yang berisikan pengembalian hutang selama pembangunan pabrik. Pabrik dengan resiko rendah mempunyai minimum ROI *before tax* sebesar 11%, sedangkan pada pabrik dengan resiko tinggi mempunyai minimum ROI *before tax* sebesar 44%.

##### 4.8.4.2 *Pay Out Time (POT)*

*Pay out time* merupakan waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini dilakukan untuk

mengetahui berapa tahun modal investasi yang dilakukan akan kembali. Persamaan yang digunakan untuk menghitung *pay out time* adalah:

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{\text{Keuntungan Tahunan} + \text{Depresiasi}}$$

Pada pabrik dengan resiko rendah mempunyai nilai POT maksimal 5 tahun, sedangkan pada pabrik dengan resiko tinggi mempunyai nilai POT maksimal 2 tahun.

#### 4.8.4.3 Break Even Point (BEP)

*Break even point* merupakan titik impas dimana pabrik tidak mengalami keuntungan maupun kerugian. Pada kondisi ini kapasitas produksi pada saat *sales* sama dengan *total cost*. Pabrik akan mengalami kerugian apabila beroperasi di bawah nilai BEP, dan akan mengalami keuntungan apabila beroperasi di atas nilai BEP. Nilai BEP pada umumnya memiliki nilai berkisar antara 40% - 60%. Persamaan yang digunakan untuk menghitung break even point adalah:

$$BEP = \frac{(Fa + 0,3Ra)}{(Sa - Va - 0,7Ra)} \times 100\%$$

Keterangan:

Fa = *Annual fixed manufacturing cost* pada produksi maksimum

Ra = *Annual regulated expenses* pada produksi maksimum

Sa = *Annual variable value* pada produksi maksimum

Va = *Annual sales value* pada produksi maksimum

#### 4.8.4.4 Shut Down Point (SDP)

*Shut down point* merupakan titik dimana suatu kegiatan produksi dihentikan. Penghentian ini bisa terjadi karena keputusan manajemen yang dikarenakan kegiatan produksi yang tidak ekonomis, atau bisa juga diakibatkan oleh *variable cost* yang terlalu tinggi. Dalam setahun, persen kapasitas minimum pabrik bisa mencapai kapasitas produk yang diinginkan. Namun jika pabrik tersebut dalam setahun tidak bisa mencapai kapasitas minimum yang diinginkan maka operasi pabrik harus dihentikan. Hal tersebut diakibatkan karena biaya yang akan dikeluarkan untuk melanjutkan proses operasi akan lebih mahal dibandingkan dengan biaya yang digunakan untuk membayar *fixed cost* dan menutup pabrik. Persamaan yang digunakan untuk menentukan shut down point adalah:

$$SDP = \frac{(0,3Ra)}{(Sa - Va - 0,7Ra)} \times 100\%$$

#### 4.8.4.5 Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)

*Discounted cash flow rate of return* merupakan perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahunnya. Didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik. Persamaan yang digunakan untuk menghitung *discounted cash flow rate of return* adalah:

$$(FC + WC)(1 + i)^n = C \sum_{n=0}^{n=n-1} (1 + i)^n + WC + SV$$

Keterangan:

FC = *Fixed capital*

WC = Working capital

SV = Salvage value

C = Cash flow

= (keuntungan setelah pajak + depresiasi + *finance*)

n = Umur pabrik

i = Nilai DCFR

#### 4.8.5 Hasil Perhitungan

Pendirian pabrik Benzena ini memerlukan perencanaan keuangan dan analisis yang baik untuk meninjau apakah pabrik ini layak untuk didirikan atau tidak. Hasil perhitungan akan disajikan pada Tabel 4.38 sampai dengan Tabel 4.50.

Tabel 4.36 *Physical Plant Cost*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Purchased Equipment Cost</i>	83.373.044.877	5.858.057
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	20.843.261.219	1.464.514
3	<i>Installation Cost</i>	14.066.702.569	988.372
4	<i>Piping Cost</i>	46.513.407.689	3.268.181
5	<i>Instrumentation Cost</i>	20.927.468.451	1.470.431
6	<i>Insulation Cost</i>	3.266.139.414	229.489
7	<i>Electrical Cost</i>	12.505.956.731	878.709
8	<i>Building Cost</i>	156.228.000.000	10.977.080
9	<i>Land &amp; Yard Improvement</i>	438.074.000.000	30.780.484
<b><i>Physical Plant Cost (PPC)</i></b>		<b>795.797.980.950</b>	<b>55.915.317</b>

Tabel 4.37 *Direct Plant Cost*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Engineering and Construction</i>	159.159.596.190	11.183.063
<b>Total DPC + PPC</b>		<b>954.957.577.140</b>	<b>67.098.381</b>

Tabel 4.38 *Fixed Capital Investment*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Total DPC + PPC	954.957.577.140	67.098.381
2	<i>Contractor's Fee</i>	76.396.606.171	5.367.870
3	<i>Contingency</i>	143.243.636.571	10.064.757
<b>Fixed Capital Investment (FCI)</b>		<b>1.174.597.819.882</b>	<b>82.531.009</b>

Tabel 4.39 *Direct Manufacturing Cost*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material</i>	3.341.324.253.046	234.772.154
2	<i>Labor Cost</i>	15.740.400.000	1.105.971
3	<i>Supervisory Cost</i>	1.888.848.000	132.717
4	<i>Maintenance Cost</i>	23.491.956.398	1.650.620
5	<i>Plant Supplies Cost</i>	3.523.793.460	247.593
6	<i>Royalty and Patents Cost</i>	64.111.546.832	4.504.683
7	<i>Utilities Cost</i>	812.792.522.865	57.109.408
<b>Direct Manufacturing Cost (DMC)</b>		<b>4.262.873.320.600</b>	<b>299.523.146</b>

Tabel 4.40 *Indirect Manufacturing Cost*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	2.361.060.000	165.896
2	<i>Laboratory</i>	1.574.040.000	110.597
3	<i>Plant Overhead</i>	9.444.240.000	663.583
4	<i>Packaging &amp; Shipping</i>	320.557.734.159	22.523.414
<b><i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i></b>		<b>333.937.074.159</b>	<b>23.463.489</b>

Tabel 4.41 *Fixed Manufacturing Cost*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	93.967.825.591	6.602.481
2	<i>Property Taxes</i>	11.745.978.199	825.310
3	<i>Insurance</i>	11.745.978.199	825.310
<b><i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i></b>		<b>117.459.781.988</b>	<b>8.253.101</b>

Tabel 4.42 *Manufacturing Cost*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	4.262.873.320.600	299.523.146
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	333.937.074.159	23.463.489
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	117.459.781.988	8.253.101
<b><i>Manufacturing Cost (MC)</i></b>		<b>4.714.270.176.747</b>	<b>331.239.736</b>



Tabel 4.43 *Working Capital*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	70.876.575.065	4.980.015
2	<i>In Process Inventory</i>	7.142.833.601	501.878
3	<i>Product Inventory</i>	99.999.670.416	7.026.297
4	<i>Extended Credit</i>	135.994.190.249	9.555.388
5	<i>Available Cash</i>	428.570.016.068	30.112.703
<b><i>Working Capital (WC)</i></b>		<b>742.583.285.399</b>	<b>52.176.282</b>

Tabel 4.44 *General Expenses*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Administration</i>	141.428.105.302	9.937.192
2	<i>Sales Expense</i>	707.140.526.512	49.685.960
3	<i>Research</i>	235.713.508.837	16.561.987
4	<i>Finance</i>	38.343.622.106	2.694.146
<b><i>General Expenses (GE)</i></b>		<b>1.122.625.762.757</b>	<b>78.879.285</b>

Tabel 4.45 *Total Production Cost*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	4.714.270.176.747	331.239.736
2	<i>General Expenses (GE)</i>	1.122.625.762.757	78.879.285
<b><i>Total Production Cost (TPC)</i></b>		<b>5.836.895.939.505</b>	<b>410.119.022</b>

Tabel 4.46 *Fixed Cost*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	93.967.825.591	6.602.481
2	<i>Property Taxes</i>	11.745.978.199	825.310
3	<i>Insurance</i>	11.745.978.199	825.310
<b><i>Fixed Cost (Fa)</i></b>		<b>117.459.781.988</b>	<b>8.253.101</b>

Tabel 4.47 *Variable Cost*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material</i>	3.341.324.253.046	234.772.154
2	<i>Packaging &amp; Shipping</i>	320.557.734.159	22.523.414
3	<i>Utilities</i>	812.792.522.865	57.109.408
4	<i>Royalty &amp; Patent</i>	64.111.546.832	4.504.683
<b><i>Variabel Cost (Va)</i></b>		<b>4.538.786.056.902</b>	<b>318.909.660</b>

Tabel 4.48 *Regulated Cost*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Labor Cost</i>	15.740.400.000	1.105.971
2	<i>Payroll Overhead</i>	2.361.060.000	165.896
3	<i>Supervision</i>	1.888.848.000	132.717
4	<i>Plant Overhead</i>	9.444.240.000	663.583
5	<i>Laboratory</i>	1.574.040.000	110.597
6	<i>General Expense</i>	1.122.625.762.757	78.879.285
7	<i>Maintenance</i>	23.491.956.398	1.650.620
8	<i>Plant Supplies</i>	3.523.793.460	247.593
<b><i>Regulated Cost (Ra)</i></b>		<b>1.180.650.100.615</b>	<b>82.956.261</b>

#### 4.8.6 Hasil Analisa Keuntungan

Total penjualan = Rp 6.411.154.683.185/tahun

Total *production cost* = Rp 5.836.895.939.505/tahun

Keuntungan sebelum pajak = Rp 574.258.743.680/tahun

Pajak pendapatan = Rp 172.277.623.104/tahun

Keuntungan setelah pajak = Rp 401.981.120.576/tahun

#### 4.8.7 Hasil Kelayakan Ekonomi

##### 4.8.7.1 Return On Investment (ROI)

$$ROI = \frac{\text{Keuntungan}}{\text{Fixed Capital}} \times 100\%$$

ROI sebelum pajak = 48,8898%

ROI setelah pajak = 34,2229%

##### 4.8.7.2 Pay Out Time (POT)

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{\text{Keuntungan Tahunan} + \text{Depresiasi}}$$

POT sebelum pajak = 1,7 Tahun

POT setelah pajak = 2,3 Tahun

##### 4.8.7.3 Break Even Point (BEP)

$$BEP = \frac{(Fa + 0,3Ra)}{(Sa - Va - 0,7Ra)} \times 100\%$$

$$\text{BEP} = 45,0950\%$$

#### 4.8.7.4 Shut Down Point (SDP)

$$\text{SDP} = \frac{(0,3Ra)}{(Sa - Va - 0,7Ra)} \times 100\%$$

$$\text{SDP} = 33,8647\%$$

#### 4.8.7.5 Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)

$$(FC + WC)(1 + i)^n = C \sum_{n=0}^{n=n-1} (1 + i)^n + WC + SV$$

$$\text{Umur pabrik} = 10 \text{ Tahun}$$

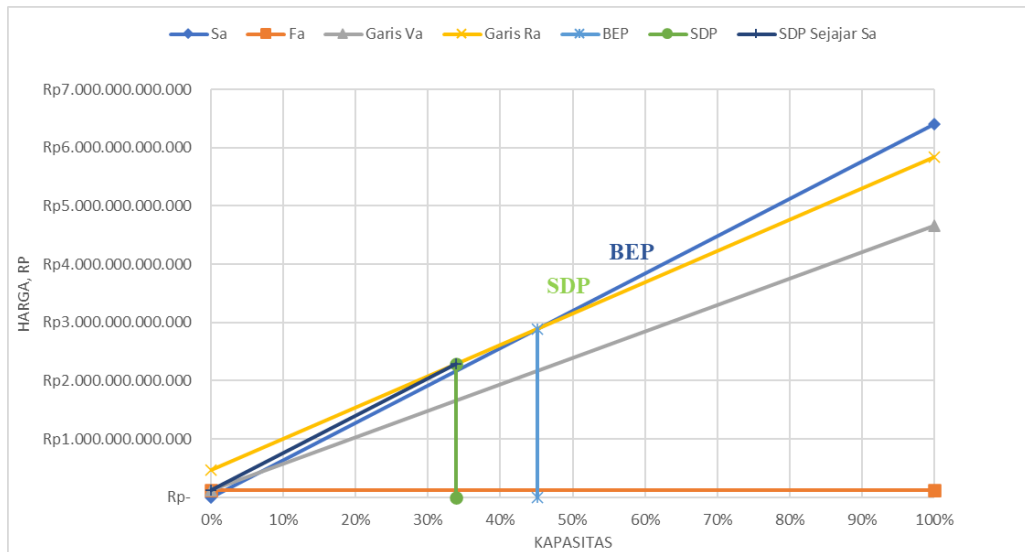
$$\text{Fixed capital investment (FC)} = \text{Rp } 1.174.597.819.882$$

$$\text{Working capital (WC)} = \text{Rp } 742.583.285.398$$

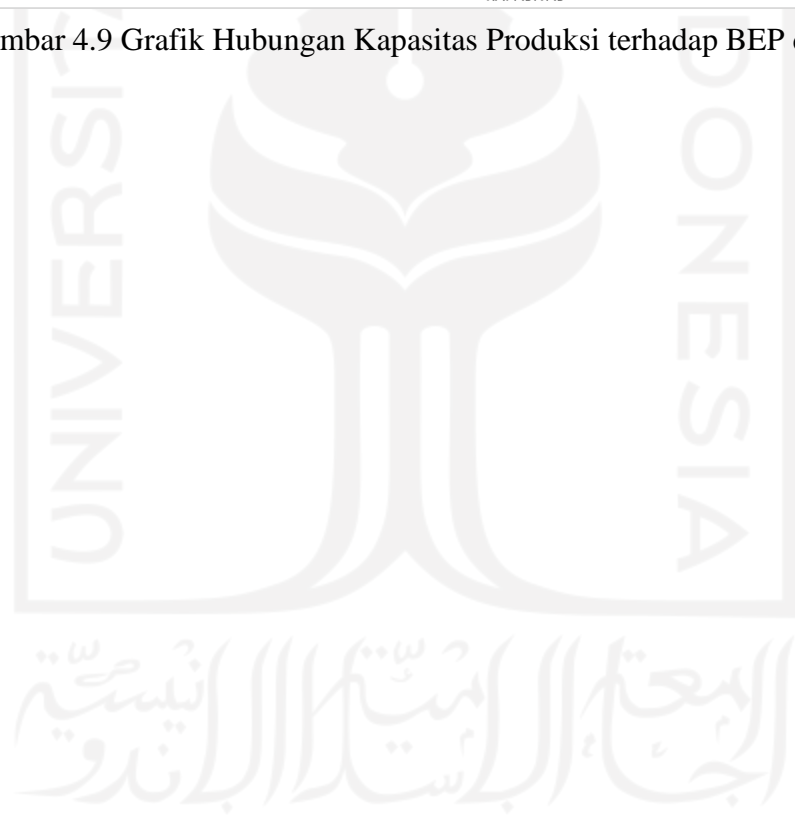
$$\text{Salvage (SV)} = \text{Rp } 93.967.825.591$$

$$\text{Cash flow (C)} = \text{Rp } 534.292.568.272$$

$$\text{DCFR} = 28,6195\%$$



Gambar 4.9 Grafik Hubungan Kapasitas Produksi terhadap BEP dan SDP



## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa, baik ditinjau secara teknis maupun ekonomi maka dalam prarancangan pabrik kimia benzena dari bahan baku toluena dan hidrogen dengan proses hidrodealkilasi yang memiliki kapasitas 165.000 ton/tahun, dapat disimpulkan bahwa:

4. Pabrik benzena dari toluena dan hidrogen dengan kapasitas 165.000 ton/tahun bertujuan untuk memenuhi kebutuhan benzena di Indonesia, membuka lapangan pekerjaan baru, dan meningkatkan pertumbuhan ekonomi di Indonesia.
5. Berdasarkan tinjauan kondisi operasi, pemilihan bahan baku, jenis produk, dan analisis ekonomi POT dan ROI maka pabrik benzena dari toluena dan hidrogen ini tergolong pabrik dengan resiko tinggi (*high risk*).
6. Pabrik akan didirikan di Serang, Banten dengan pertimbangan dekat dengan bahan baku, pelabuhan laut untuk mempermudah proses pengiriman bahan baku (transportasi), tenaga kerja, ketersediaan listrik dan air serta mempunyai prospek pemasaran yang baik karena berlokasi di kawasan industri.
7. Luas tanah yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik benzena sebesar 62.582 m<sup>2</sup>.
8. Berdasarkan hasil analisis ekonomi adalah sebagai berikut.
  - a. Keuntungan yang diperoleh:

Keuntungan sebelum pajak sebesar Rp 574.258.743.680/tahun, dan keuntungan setelah pajak sebesar Rp 401.981.120.576/tahun.

b. *Return On Investment (ROI)*:

Presentase ROI sebelum pajak sebesar 48,8898% dan ROI setelah pajak sebesar 34,2229% syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko tinggi minimum adalah 44% (Aries & Newton, 1955).

c. *Pay Out Time (POT)*:

POT sebelum pajak 1,7 tahun sedangkan sesudah pajak adalah 2,3 tahun.

d. Break Event Point (BEP) pada 45,0950% dan Shut Down Point (SDP) pada 33,8647%. BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40% - 60%.

e. Discounted Cash Flow Rate (DCFR) sebesar 28,6195%. Syarat minimum DCFR adalah diatas suku bungan pinjaman bank yaitu sebesar 1,5 x suku bungan pinjaman bank.

Dengan mempertimbangkan hasil evaluasi ekonomi di atas maka pabrik benzena dari toluena dan hidrogen proses hidrolealkilasi kapasitas 165.000 ton/tahun layak untuk dikaji lebih lanjut dan memenuhi syarat untuk didirikan.

## 5.2 Saran

Perancangan suatu pabrik kimia diperlukan pemahaman konsep-konsep dasar yang dapat meningkatkan kelayakan pendirian suatu pabrik kimia diantaranya sebagai berikut:

1. Optimasi pemilihan seperti alat proses atau alat penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.
2. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik-pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan.
3. Produk benzene dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan di masa mendatang yang jumlahnya semakin meningkat.
4. Pendirian pabrik benzena dapat menjadi solusi pemerintah untuk mendorong tumbuhnya industri kimia di dalam negeri, agar menjadi sektor penggerak perekonomian nasional.





## DAFTAR PUSTAKA

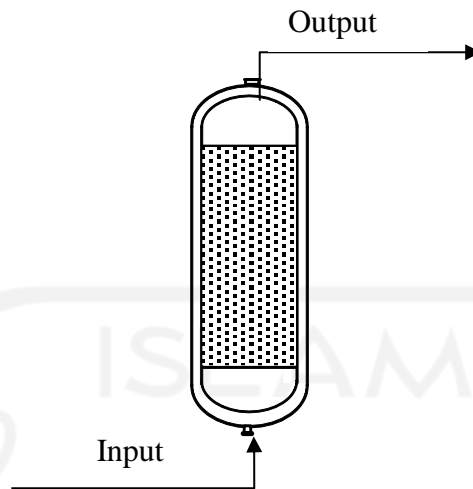
- Aries, R.S., and Newton, R.D. 1955. *Chemical Engineering Cost Estimation*. Mc Graw Hill Handbook Co., Inc. New York.
- Austin, G.T. 1984. *Shreve's Chemical Process Industries*, 5th ed. Mc Graw Hill Book Co., Inc. New York.
- Badan Pusat Statistik. 2020. Statistic Indonesia. [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id). Diakses pada tanggal 14 November 2020 pukul 13.00 WIB.
- Brown, G.G. 1978. *Unit Operations*. John Wiley and Sons Inc. New York
- Brownell, L.E. and Young. E.H. 1979. *Process Equipment Design*. John Wiley and Sons Inc. New York.
- Coulson, J. M. and Richardson, J. F. 1983. *Chemical Engineering, 1<sup>st</sup> edition, Volume 6*. Pergason Press. Oxford.
- Coulson, J. M. Richardson, J.F., & Sinnott. R.K., 1999, *Chemical Engineering Design, Volume 6, 3ed.*, Butterworth Heinemann, Great Britain.
- Geankoplis, J.C., 1978, "*Transport Process and Unit Operation*" *Third Edition*, Prentice Hall International Inc., United States of America.
- Kementrian Perindustrian Republik Indonesia. 2014. Profil Industri Petrokimia.
- Kern, D.Q. 1950. *Process Heat Transfer*. Mc. Graw-Hill International Book Company Inc. New York.
- Kirk, R. E., and Othmer D. F. 1998. *Encyclopedia of Chemical Technology, 4th ed.* The Interscience Encyclopedia Inc. New York.
- Matche. 2021. *equipment cost*. <http://www.matche.com/>. Diakses pada tanggal 02 Juni 2021 pukul 10.00 WIB.

- McCabe, W., Smith, and Harriot, P., 1993, *Unit Operations of Chemical Engineering*, 5<sup>th</sup> ed, McGraw - Hill Book Company, New York.
- Perry, R. H., and Green, D. W. 2008. *Perry's Chemical Engineers*, 7th ed. McGraw Hill Companies Inc. USA.
- Peters, M., Timmerhause, K., dan West, R. 2003. *Plant Design and Economics for Chemical engineers*, 4<sup>th</sup> ed, McGraw - Hill Book Company, Singapore.
- PT. Chandra Asri Petrochemical. 2020. Paparan Publik Perseroan Tahun 2020.
- PT. Syrindo Mono Indonesia. 2020. Toluena. <http://www.barito-pasific.com/>.  
Diakses pada tanggal 20 November 2020 pukul 13.00 WIB.
- Seader, J.D., and Henley, E.J., 2006, *Separation Process Principles, Second Edition*, New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Smith, J.M., Van Ness, H.G., and Abbott, M., 1997, “*Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*”, Sixth Edition., New York: Mc Graw Hill Book Companies, Inc.
- Treyball, R.E., 1981, *Mass Transfer Operations*, 3<sup>rd</sup> ed, McGraw - Hill Book Company, Singapore.
- Ullmann, (1987), “*Encyclopedia of Industrial Chemistry*”, Vol, A.10, 5th edition, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim Federal Republic of Germany.
- Ulrich, G.D., 1984, *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*, John Wiley and Sons, inc., New York.
- Wallas, S.M. *Chemical Process Equipment*. Mc. Graw Hill Book Koagakusha Company. Tokyo.
- Yaws, C.L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. Mc Graw Hill Handbooks. New York.



## **LAMPIRAN A**

## Perancangan Reaktor



Gambar 1. Reaktor Fixed Bed

Fungsi : Untuk mereaksikan bahan baku toluene dan hidrogen dengan bantuan katalis *Chromia alumina* untuk menghasilkan produk benzena.

Tipe : *Fixed Bed Reactor*

Kondisi Operasi

Temperatur, T : 600 °C

Tekanan, P : 25 atm

Reaksi : Hidrodealkilasi

Spesifikasi Katalis

Jenis katalis : *Cromia Alumina*

Diameter : 3,1000 mm

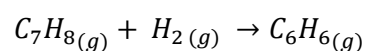
Panjang : 3,0000 mm

Densitas : 0,7800 gr/cm<sup>3</sup>

Porositas : 0,8

Bentuk : pellet

A. Menentukan  $\Delta H$  reaksi



Tabel Data parameter kapasitas panas gas

Komponen	A	B	C	D	E
C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	-24,0970	5,2187,E-01	-2,9827,E-04	6,1220,E-08	1,2576,E-12
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	-31,3680	4,7460,E-01	-3,1137,E-04	8,5237,E-08	-5,0524,E-12
CH <sub>4</sub>	34,9420	-3,9957,E-02	1,9184,E-04	-1,5303,E-07	3,9321,E-11
H <sub>2</sub>	25,3990	2,0178,E-02	-3,8549,E-05	3,1880,E-08	-8,7585,E-12

a) Menghitung  $\Delta H$  reaksi standar pada suhu referensi

$$\Delta H_{298}^{\circ} = \sum \Delta H_f^{\circ}(\text{produk})$$

Komponen	$\Delta H_f^{\circ}$ , kJ/mol	koef stoic	
C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	50	-1	-50
H <sub>2</sub>	0	-1	0
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	82,93	1	82,93
CH <sub>4</sub>	-74,85	1	-74,85

Sehingga diperoleh  $\Delta H_{298}^{\circ}$  sebesar -41,92 kJ/mol.

b) Menghitung  $\Delta H$  reaksi pada suhu 600 °C

$$\Delta H^{\circ} = \Delta H_{298}^{\circ} + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^{\circ}}{R} dT$$

$$R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^{\circ}}{R} dT = R \int_{T_0}^T (A + BT + CT^2 + DT^{-2}) dT$$

$$= R \left\{ \Delta AT_0(\tau - 1) + \frac{\Delta B}{2} T_0^2(\tau^2 - 1) + \frac{\Delta C}{3} T_0^3(\tau^3 - 1) + \frac{\Delta D}{T_0} \left( \frac{\tau - 1}{\tau} \right) \right\}$$

Dengan,

$$\tau = \frac{T}{T_0}$$

$$\Delta A = \sum_i v_i A_i$$

$$\Delta B = \sum_i v_i B_i$$

$$\Delta C = \sum_i v_i C_i$$

$$\Delta D = \sum_i v_i D_i$$

$$\Delta E = \sum_i v_i E_i$$

A, B, C, D, dan E adalah tetapan kapasitas panas gas.

Temperatur : 600 °C

873 K

T referensi : 298 K

tho ( $\tau$ ) : 2,9285

$\Delta A$  : 2,272

$\Delta B$  : -0,1074

$\Delta C$  : 0,0002

$\Delta D$  :  $-1,6089 \times 10^{-7}$

$\Delta E$  :  $4,1769 \times 10^{-11}$

R : 8,314 J/mol.K

Sehingga :

$$R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^o}{R} dT = -61591,4045 \text{ J}$$

$\Delta H^o$

$$= \Delta H_{298}^o + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^o}{R} dT$$

$$\Delta H^o = -41920 \text{ J/mol} - 61591,4045 \text{ J/mol}$$

$$\Delta H^o = -103511,4045 \text{ J/mol}$$

$$\Delta H^o = -103,5114 \text{ kJ/mol}$$

B. Menentukan delta T adiabatis

Tabel Neraca Massa Reaktor

Komponen	Input		Output	
	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam
C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	313,5998	28851,1815	47,0400	4327,6772
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	0,6285	49,0196	267,1883	20840,6863
CH <sub>4</sub>	0,0000	0,0000	266,5598	4264,9573

H <sub>2</sub>	1599,3590	3198,7179	1332,7991	2665,5983
Total	1913,5872	32098,9191	1913,5872	32098,9191

T referensi : 25 °C

T masuk : 600 °C

T keluar : 631,19 °C (*trial*)

ΔHreaksi : -103,5114 kJ/mol

Konversi : 85 %

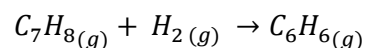
Tabel ΔT adiabatik

Komponen	C <sub>p</sub> , kJ/kg.K	H <sub>in</sub> , kJ/jam	Q <sub>reaksi</sub> , kJ/jam	H <sub>out</sub> , kJ/jam	H <sub>out</sub> , kJ/jam
C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	1,13	-18746055,1785			-2964440,7520
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	1,05	-29595,5882			-13265107,8264
CH <sub>4</sub>	2,232	0,0000			-5770565,0838
H <sub>2</sub>	14,31	-26319850,9615			-23122980,0483
Total		-45095501,7283	-27591,9823	-45123093,7106	-45123093,7106

Dari tabel diatas diperoleh Hout teoritis sebesar -45123093,7106 kJ/jam. Kemudian Hout hitung diperoleh dari trial suhu keluar dimana Hout teoritis sama dengan Hout hitung. Sehingga diperoleh Tout sebesar 631,19 °C, maka ΔT adiabatik dapat ditentukan dari selisih Tin dan Tout yaitu sebesar 31,19 °C, sehingga reaktor yang digunakan adalah adiabatik, non-isothermal.

### C. Reaksi Kimia

Reaksi kimia yang terjadi adalah hidrodealkilasi. Persamaan reaksinya adalah sebagai berikut:



Reaksi ini merupakan reaksi searah dan tidak ada reaksi samping. Konversi pembentukan benzene adalah 85%. Persamaan reaksi sebagaimana yang digunakan adalah:

$$r = 3.55 \times 10^5 \exp(-54,500/RT) (p_H^{0.5}) (p_T^{1.0})$$

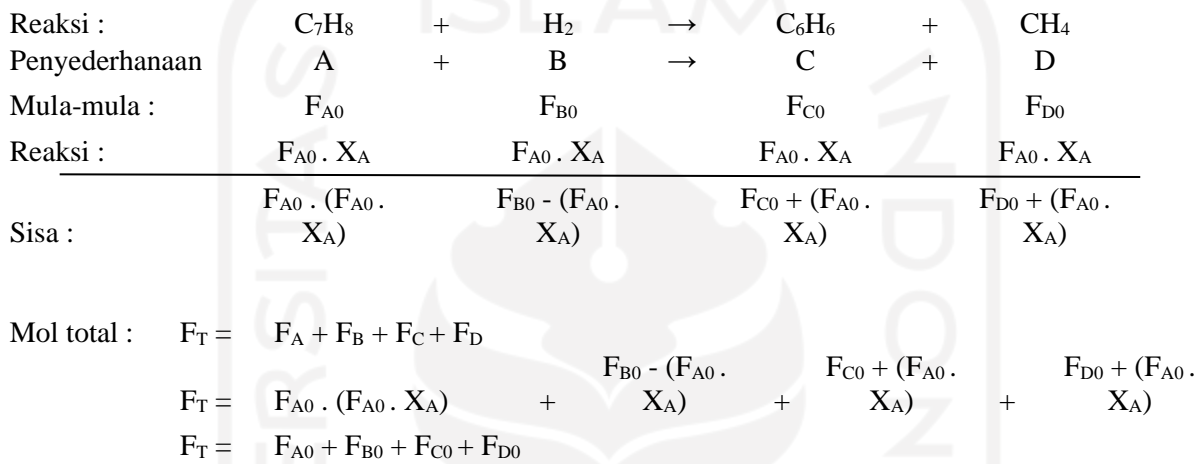
Dimana,

a = Rasio mol hidrogen ke toluene, mol/mol

- R = Konstanta gas, 1,987 Kal/mol.K  
 P<sub>H</sub> = Tekanan parsial hidrogen, atm  
 P<sub>T</sub> = Tekanan parsial toluene, atm  
 P = 25 atm

#### D. Stoikiometri

Untuk menentukan tekanan parsial gas di sepanjang reaktor, maka perlu dihitung terlebih dahulu stoikiometri reaksinya.



Fraksi mol disepanjang reaktor dinyatakan sebagai berikut.

$$y_i = \frac{F_i}{F_T}$$

Dengan,

- y<sub>i</sub> = Fraksi mol komponen i  
 F<sub>i</sub> = Laju alir mol komponen I (kmol/jam)  
 F<sub>T</sub> = Tekanan total sistem (atm)

Jadi, tekanan parsial komponen I di depanjang reaktor adalah :

$$P_i = y_i \cdot P$$

Dengan,

- P<sub>i</sub> = Tekanan parsial komponen i  
 y<sub>i</sub> = Fraksi mol komponen i  
 P = Tekanan total sistem (atm)



## E. Persamaan Matematis Reaktor

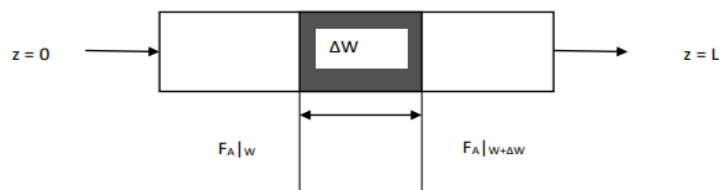
### a) Persamaan neraca massa pada elemen volume

Pemodelan neraca massa dilakukan pada pipa berisi tumpukan katalisator pada elemen volume sebesar  $A \cdot \Delta W$ .

Perhitungan neraca massa dipakai untuk mencari konversi disepanjang reaktor.

Adapun asumsi-asumsi yang diambil :

1. Aliran plug flow, dimana tidak terjadi gradien konsentrasi kearah radial
2. Dispersi aksial diabaikan
3. *Steady state*



Gambar 2. Skema neraca massa *fixed bed reactor*

Neraca Massa Komponen A (Toluena Fase Gas) pada Elemen Volume  $A \cdot \Delta W$ .  
(rate of input) - (rate of output) + (rate of generation) = (rate of accumulation)

Sehingga, 
$$\lim_{\Delta W \rightarrow 0} \frac{F_A|_W - F_A|_{W+\Delta W}}{\Delta W} = -r'_A$$

$$F_A|_W - F_A|_{W+\Delta W} + (-r'_A)\Delta W = 0$$

$$\frac{dF_A}{dW} = r'_A$$

Dimana,

$F_{A0}$  = Kecepatan aliran masuk komponen A (kmol/jam)

$A$  = Luas penampang reaktor alir pipa ( $m^2$ )

$\rho_s$  = Densitas bulk katalis dalam reaktor ( $kg/m^3$ )

Dimana,  $F_A = F_{A0}(1-x)$

$$dF_A = -F_{A0} \cdot dx$$

dan  $\Delta W = A \cdot \Delta Z \cdot \rho_s$

$$-r'_A \cdot \rho_s = -r_A$$

Sehingga,

$$\frac{-F_{A0} \cdot dx}{A \cdot \Delta Z \cdot \rho_s} = -r_A'$$

$$\frac{dx}{dz} = \frac{-r_A \cdot A}{F_{A0}}$$

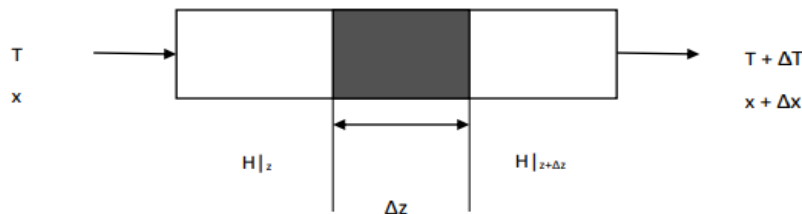
b) Persamaan neraca panas pada elemen volume

Pemodelan neraca panas pada tumpukan katalisator pada elemen volume  $A \cdot \Delta Z$ .

Perhitungan neraca panas dipakai untuk mencari temperatur disepanjang reaktor. Adapun

asumsi-asumsi yang diambil :

1. Aliran plug flow, dimana tidak terjadi gradien konsentrasi ke arah radial
2. Dispersi aksial diabaikan
3. *Steady state*
4. Panas hilang cukup kecil sehingga dapat diisolasi
5. Kapasitas panas ( $C_p$ ) dan Viskositas gas ( $\mu$ ) hanya fungsi suhu ( $T$ )



Gambar 3. Skema neraca panas *fixed bed reactor*

Neraca Panas Fase Gas pada Elemen Volume  $A \cdot \Delta Z$

(heat of input) - (heat of output) + (heat of reaction) = (heat of accumulation)

$$H|_z - H|_{z+\Delta Z} + H_R$$

$$\sum F_i \cdot C_{pi} \cdot T|_z - \sum F_i \cdot C_{pi} \cdot T|_{z+\Delta Z} + (-r'_A) \cdot A \cdot \rho_s \cdot \Delta Z \cdot (-\Delta H_R)$$

$$\lim_{\Delta Z \rightarrow 0} \frac{\sum F_i \cdot C_{pi} \cdot T|_z - \sum F_i \cdot C_{pi} \cdot T|_{z+\Delta Z}}{\Delta Z}$$

$$\sum F_i \cdot C_{pi} \cdot \frac{dT}{dz} = (-r_A) \cdot A \cdot (-\Delta H_R)$$

$$\frac{dT}{dz} = \frac{(-r_A) \cdot A \cdot (-\Delta H_R)}{\sum F_i \cdot C_{pi}}$$

Dimana,

T = Suhu gas (K)

Fi = Kecepatan aliran massa komponen (kmol/jam)

Cpi = Kapasitas panas komponen (kJ/kmol.K)

$\Delta H_R$  = Panas Reaksi (kJ/kmol)

Sehingga,

$$\frac{dT}{dz} = F_{A0} \frac{dx (-\Delta H_R)}{dz \sum F_i \cdot C_{pi}}$$

Pressure drop aliran fluida pada tumpukan katalis menggunakan persamaan Ergun:

$$\frac{dP}{dz} = - \frac{G_t}{\rho_G \cdot g_c \cdot dp} \left( \frac{1 - \epsilon}{\epsilon^3} \right) \left( \frac{150 \cdot (1 - \epsilon) \mu M}{dp} + 1,75G \right) g_{cc}$$

P	Tekanan (kPa)	
$\epsilon$	Porositas	
$g_c$	127101600,0000	kgm.m/jam <sup>2</sup> .kgf
dp	Diameter partikel katalis (m)	
$\mu_M$	Viskositas campuran gas	
z	Panjang reaktor pipa (m)	
Gt	Kecepatan massa <i>superfisial gas</i> (kg/m <sup>2</sup> .jam)	
$g_{cc}$	9,807,E-03	kPa/kgf.m <sup>3</sup>

## F. Panjang Reaktor

Dengan menggunakan persamaan neraca massa, neraca panas, dan pressure drop, kita dapat menentukan panjang reaktor untuk konversi yang diinginkan dengan menggunakan metode Runge-Kutta.

Tabel Hasil perhitungan Panjang reaktor dengan metode Runge-Kutta

z (m)	x	T(K)	P (atm)
0,0000	0,0000	873,0008	25,0000
0,2000	0,0278	873,0016	24,9966
0,4000	0,0556	873,0024	24,9931
0,6000	0,0834	873,0032	24,9897

0,8000	0,1112	873,0040	24,9863
1,0000	0,1390	874,0048	24,9828
1,2000	0,1668	874,0008	24,9794
1,4000	0,1946	874,0048	24,9760
1,6000	0,2224	874,0056	24,9725
1,8000	0,2502	875,0065	24,9691
2,0000	0,2780	875,0073	24,9657
2,2000	0,3058	876,0082	24,9622
2,4000	0,3336	877,0090	24,9588
2,6000	0,3614	878,0099	24,9554
2,8000	0,3892	879,0108	24,9519
3,0000	0,4170	880,0117	24,9485
3,2000	0,4448	881,0126	24,9451
3,4000	0,4726	882,0136	24,9416
3,6000	0,5004	883,0145	24,9382
3,8000	0,5282	884,0155	24,9348
4,0000	0,5560	885,0165	24,9313
4,2000	0,5838	886,0175	24,9279
4,4000	0,6116	887,0185	24,9245
4,6000	0,6394	888,0196	24,9211
4,8000	0,6672	889,0207	24,9176
5,0000	0,6950	890,0218	24,9142
5,2000	0,7228	891,0229	24,9108
5,4000	0,7506	892,0241	24,9073
5,6000	0,7784	893,0253	24,9039
5,8000	0,8062	894,0265	24,9005
6,0000	0,8340	894,0277	24,8970
<b>6,2000</b>	<b>0,8618</b>	<b>895,0283</b>	<b>24,8936</b>
6,4000	0,8896	895,0304	24,8902
6,6000	0,9174	895,0318	24,8867
6,8000	0,9452	895,0333	24,8833
7,0000	0,9730	895,0348	24,8799
7,2000	1,0008	895,0353	24,8764

Hasil akhir perhitungan adalah sebagai berikut:

- Konversi (X) = 0,8618 = 86,18%
- Suhu gas masuk (Tin) = 873 K = 600 °C
- Suhu gas keluar (Tout) = 895 K = 622 °C
- Z (panjang tube reaktor) = 6,2 m = 244,0946 in
- Tekanan masuk (Pin) = 25,00 atm
- Tekanan keluar (Pout) = 24,83atm
- Diameter shell (IDs) = 0,9318 m = 36,6866 in

## G. Diameter Reaktor

Diameter reaktor ditentukan dari densitas dan laju alir massa gas umpan ke reaktor. Campuran gas masuk reaktor diasumsikan ideal sehingga dapat digunakan rumus gas ideal:

$$PV = nRT$$

$$PV = \frac{m}{BM_G} RT$$

$$\frac{m}{V} = \frac{P \cdot BM_G}{RT} = \rho_G$$

Dimana  $\rho_G$  adalah densitas campuran gas dan  $BM_G = \sum y_i BM_i$

Keterangan:

$\rho_G$  = densitas campuran gas (kg/m<sup>3</sup>)

P = tekanan total gas = 25 atm

BM<sub>G</sub> = berat molekul campuran gas (kg/kmol)

R = 0,0826 (atm.m<sup>3</sup>/mol.K)

T = suhu gas masuk reaktor = 873 K

Kecepatan massa superfisial campuran gas (G) ditentukan dari nilai kecepatan gas pada luas penampang reaktor tanpa adanya bed. (ulrich, 1984)

$$G_t = U_G \rho_G$$

Keterangan:

G<sub>t</sub> = kecepatan massa superfisial campuran gas (kg/jam.m<sup>2</sup>)

U<sub>G</sub> = kecepatan linear gas (m/jam)

Luas penampang reaktor dapat dihitung dengan:

$$Ac = \frac{F_{MTo}}{G_t}$$

Dimana F<sub>MTo</sub> adalah laju alir massa gas total yang masuk ke reaktor (kg/jam).

Sehingga diameter reaktor dapat diketahui dengan:

$$ID = \sqrt{\frac{4}{\pi \cdot Ac}}$$

$$ID = 0,9318 \text{ m} = 36,6866 \text{ in}$$

## H. Desain Mekanis

### 1. Shell

a) Tekanan design (maksimal *over design* 20%)

Tekanan operasi = 25 atm

$$= 367,399 \text{ psi}$$

Tekanan desain = 30 atm

$$= 440,8785 \text{ psi}$$

b) Bahan konstruksi *shell*

Dipilih material *Carbon steel SA-283 Grade C* (Brownell, tabel 13.1, hal. 253)

c) Tebal dinding *shell*

Tebal dinding *shell* dihitung dengan persamaan:

$$t_s = \frac{Pr}{fE - 0,6P}$$

Dimana:

Ts = tebal dinding shell (in)

P = tekanan desain (psi)

r = radius dalam shell (in)

E = efisiensi sambungan

f = allowable working stress (psi)

C = faktor korosi (in)

IDs = 0,9318 m = 36,6866 in

Tebal shell = 0,8961 in

Dipilih tebal dinding standar, yaitu 1,000 in = 0,0254 m

## 2. Head Reaktor

a) Bentuk *head*

Bentuk *Head* yang dipilih adalah *ellipsoidal head*. Digunakan untuk tekanan operasi hingga 15 bar dan harganya cukup ekonomis. Digunakan untuk vessel dengan tekanan antara 15-200 psig. (Brownell and Young, 1959).

b) Tebal *head* (th)

Untuk ellipsoidal head, tebalnya dihitung dengan persamaan:

$$t_H = \frac{P \cdot IDs}{2 \cdot f \cdot E - 0,2P}$$

Dimana:

P = Tekanan perancangan, Psi

f = Tekanan maksimum yang diizinkan pada bahan, Psi

C = efisiensi pengelasan, in

E = Faktor korosi, in

Tekanan yang diizinkan (f) = 12650 psi

Efisiensi pengelasan (E) = 0,85

Faktor korosi (c) = 0,125 in

Tebal *head* reaktor = 0,8802 in

Dipilih tebal *head* standar = 1,2500 in

c) Tinggi *head* (hH)

Dari tabel 5.7 Brownell hal.90:

ODs = 40 in

Ts = 1 in

Didapat:

Icr = 3 in

r = 36 in

a = ID<sub>s</sub>/2 = 18,3433 in

AB = a - Icr = 15,3433 in

BC = r - Icr = 33 in

AC = (BC<sup>2</sup> - AB<sup>2</sup>)<sup>1/2</sup> = 29,2162 in

b = r - AC = 6,7838 in

Dari tabel 5.6 Brownell hal.88 dengan tH = 1,2500 in, diperoleh sf = 1,5 - 4,5 in

Digunakan sf = 4,500 in

hH = tH + b + sf = 12,5338 in = 0,3184 m

### 3. Tinggi reaktor

$$\begin{aligned} hR &= \text{Panjang tube} + \text{top tinggi head} \\ &= 6,5184 \text{ m} \end{aligned}$$

4. Volume reaktor

a) Volume *head* (VH)

$$VH = 0,000049 \times ID_s^3$$

$$VH = 2,4195 \text{ in}^3$$

b) Volume bed

$$\text{Volume katalis} = 8452,2644 \text{ cm}^3$$

$$\text{Porositas } (\epsilon) = 0,8$$

$$V \text{ bed} = (\text{volume katalis}) / (1 - \epsilon)$$

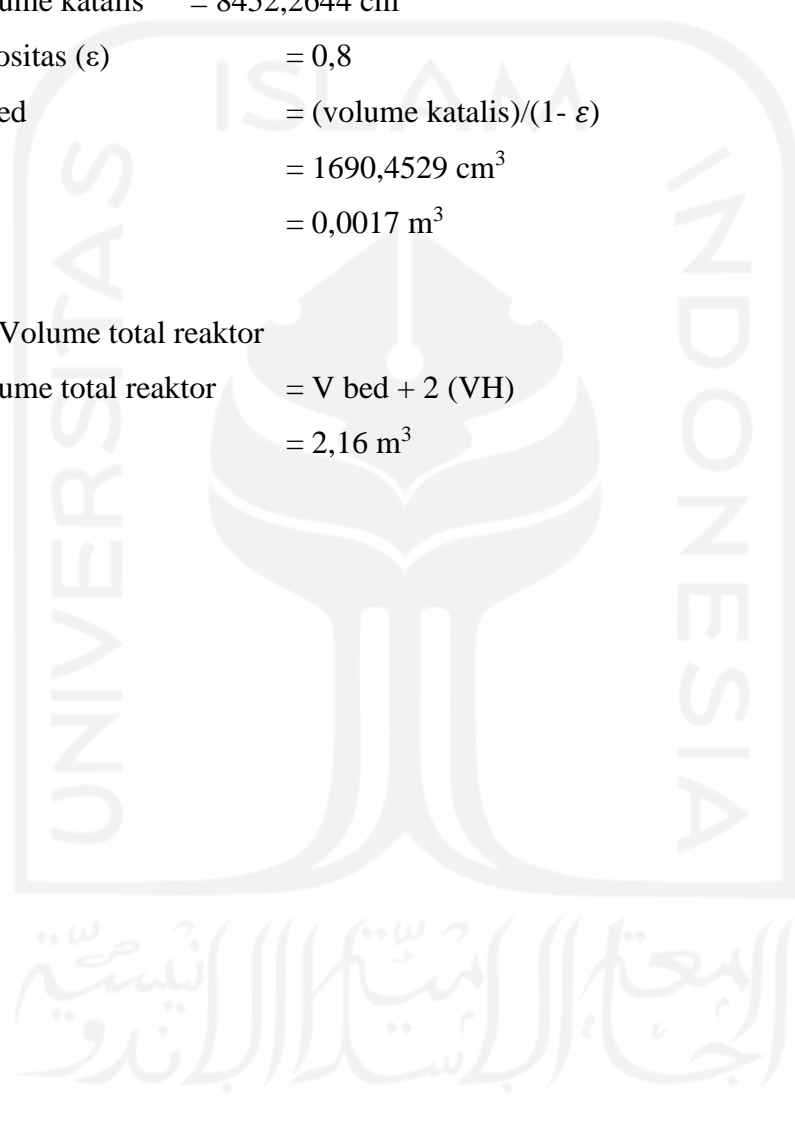
$$= 1690,4529 \text{ cm}^3$$

$$= 0,0017 \text{ m}^3$$

c) Volume total reaktor

$$\text{Volume total reaktor} = V \text{ bed} + 2 (VH)$$

$$= 2,16 \text{ m}^3$$

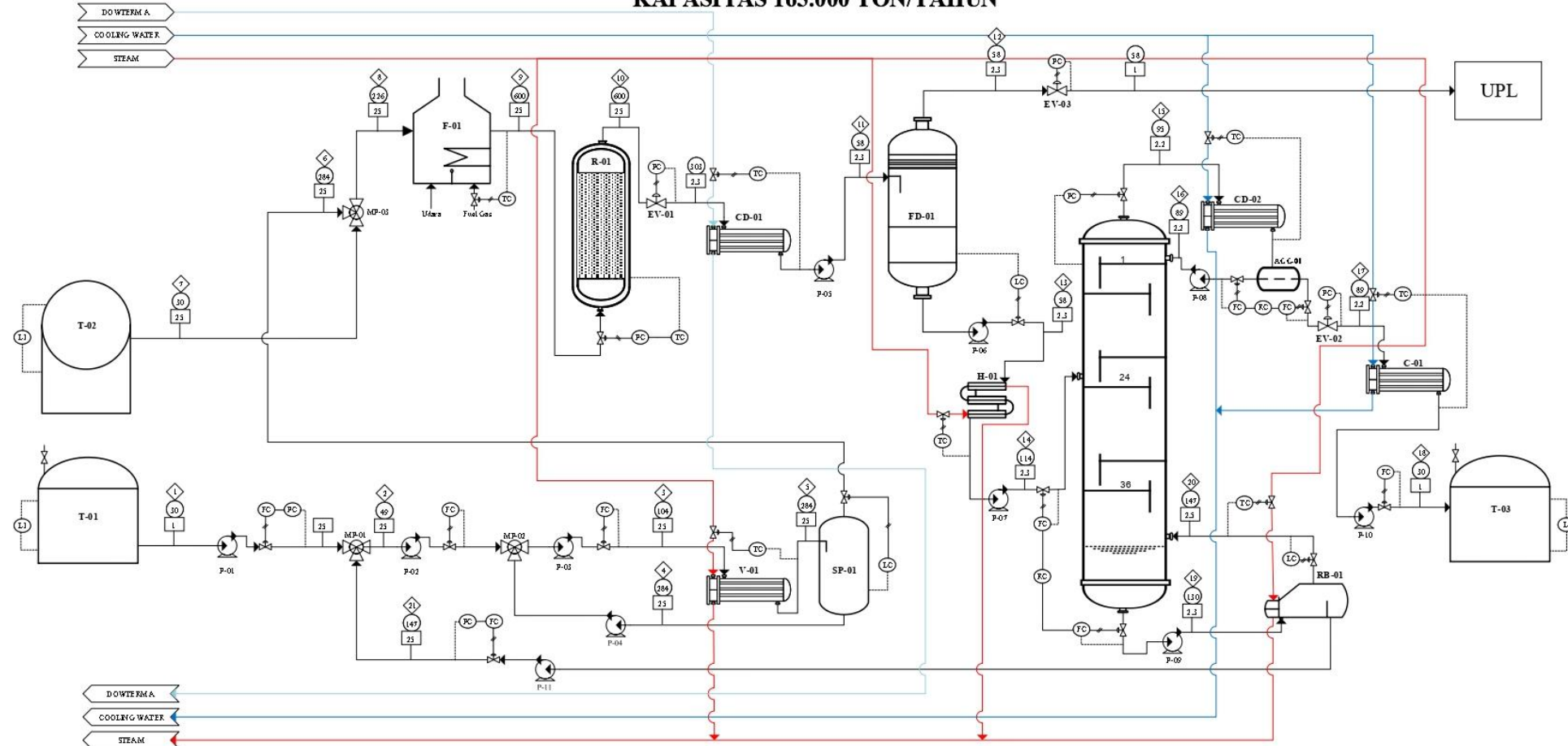






## **LAMPIRAN B**

**PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM**  
**PRA RANCANGAN PABRIK BENZENA DARI TOLUENA DAN HIDROGEN DENGAN PROSES HIDRODEALKILASI**  
**KAPASITAS 165.000 TON/TAHUN**



Laju Alir (Kg/Jam)											
Komponen	Arus 1	Arus 2	Arus 3	Arus 4	Arus 5	Arus 6	Arus 7	Arus 8	Arus 9	Arus 10	Arus 11
C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	24532,1596	28851,1815	36063,9769	7212,7954	36063,9769	28851,1815	0,0000	28851,1815	28851,1815	4327,6772	4327,6772
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	7,3382	49,0196	61,2745	12,2549	61,2745	49,0196	0,0000	49,0196	49,0196	20840,6863	20840,6863
CH <sub>4</sub>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	4264,9573	4264,9573
H <sub>2</sub>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	3198,7179	3198,7179	3198,7179	2665,5983	2665,5983
<b>Total</b>	<b>24539,4979</b>	<b>28900,2011</b>	<b>36125,2514</b>	<b>7225,0503</b>	<b>36125,2514</b>	<b>28900,2011</b>	<b>3198,7179</b>	<b>32098,9191</b>	<b>32098,9191</b>	<b>32098,9191</b>	<b>32098,9191</b>
Laju Alir (Kg/Jam)											
Komponen	Arus 12	Arus 13	Arus 14	Arus 15	Arus 16	Arus 17	Arus 18	Arus 19	Arus 20	Arus 21	
C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	0,0000	4327,6772	4327,6772	19,7971	11,1417	8,6554	8,6554	59818,5469	55499,5251	4319,0219	
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	0,0000	20840,6863	20840,6863	47572,7673	26773,7624	20799,0049	577,2879	535,6065	41,6814	0,0000	
CH <sub>4</sub>	4264,9573	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
H <sub>2</sub>	2665,5983	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
<b>Total</b>	<b>6930,5556</b>	<b>25168,3635</b>	<b>25168,3635</b>	<b>47592,5643</b>	<b>26784,9041</b>	<b>20807,6603</b>	<b>20807,6603</b>	<b>60395,8349</b>	<b>56035,1316</b>	<b>4360,7032</b>	

Simbol	Alat	Simbol	Alat
ACC	Accumulator	FC	Flow Control
C	Cooler	LC	Level Control
CD	Condenser	LI	Level Indicator
EV	Expansion Valve	PC	Pressure Control
F	Furnace	RC	Ratio Control
FD	Flash Drum	TC	Temperature Control
H	Heater		Nomor Arus
K	Kompresor		Tekanan, atm
MD	Mesara Distilasi		Suhu, °C
MP	Mixing Point		Control Valve
P	Pompa		Indikator Elektrik
R	Reaktor		Pipping
RB	Reboiler		Udara Tekan
SP	Separator		
T	Tangki		
V	Vaporizer		



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

**JURUSAN TEKNIK KIMIA**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**YOGYAKARTA**  
**2021**

---

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM  
PRA RANCANGAN PABRIK BENZENA DARI  
TOLUENA DAN HIDROGEN DENGAN PROSES  
HIDRODEALKILASI KAPASITAS 165.000 TON/TAHUN

---

Dikerjakan Oleh :

1. Syarif Ayu Almadilla Qodrunnada	(17521134)
2. Hikmah Muji Rahayu	(17521138)

---

Dosen Pembimbing :

1. Dr. Subarno Rusdi	
2. Timin Mutiara, S.T., M.Eng	