

**PRA RANCANGAN PABRIK FENIL ASETAT
DARI FENOL DAN ASAM ASETAT
KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN**

PRA RANCANGAN PABRIK

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia**



Oleh:

Nama : Rani Abid Fadaiyah

Nama : Hasnadika Nabilah. A. W.

NIM : 20521160

NIM : 20521218

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

2024

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

PRA RANCANGAN PABRIK FENIL ASETAT DARI FENOL DAN ASAM ASETAT KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rani Abid Fadaiyah

Nama : Hasnadika Nabilah. A. W.

NIM : 20521160

NIM : 20521218

Yogyakarta, 3 September 2024

Menyatakan bahwa seluruh hasil Pra rancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila di kemudian 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.

Mahasiswa I



Ranab

Rani Abid Fadaiyah

NIM. 20521160

Mahasiswa II



Hasnadika

Hasnadika Nabilah Auralia. W

NIM. 20521218

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**PRA RANCANGAN PABRIK FENIL ASETAT
DARI FENOL DAN ASAM ASETAT
KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN**

PRA RANCANGAN PABRIK



Oleh:

Nama : Rani Abid Fadaiyah

Nama : Hasnadika Nabilah. A. W.

NIM : 20521160

NIM : 20521218

Yogyakarta, 4 September 2024

Dosen Pembimbing

Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T. M.T.

NIK. 155211305

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRA RANCANGAN PABRIK FENIL ASETAT DARI FENOL DAN ASAM ASETAT KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN PRA RANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : **Hasnadika Nabilah Auralia. W**

No. Mahasiswa : **20521218**

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


Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 16 Oktober 2024

Tim Penguji,

Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T.

Ketua

 21/10/24

Dr. Nur Indah Fajar Mukti, S.T., M. Eng.

Anggota I

 19/10/24

Venitalitya Alethea Sari Augustia, S.T., M. Eng.

Anggota II

 17/10/24

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph. D.

NIP. 995200445

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji Syukur Alhamdulillah atas rahmat, hidayah, dan inayah-Nya dari Allah SWT, atas penyelesaian laporan Tugas Akhir dengan judul “PRA RANCANGAN FENIL ASETAT KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN” yang disusun sebagai penerapan dari Ilmu Teknik Kimia yang telah didapat dibangku kuliah, dan sebagai satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Pada kesempatan ini tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah membantu terwujudnya laporan tugas akhir ini. Ucapan terima kasih penulis persembahkan kepada:

1. Allah SWT karena atas segala kehendak-Nya, penulis diberi kesabaran dan kemampuan untuk dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua yang selalu memberikan dorongan dan motivasi baik berupa materi maupun mental, serta tak lupa atas doanya yang tidak henti-hentinya diberikan kepada penulis untuk dapat menyelesaikan penyusunan laporan tugas akhir ini.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo., M.T., IPU, ASEAN.Eng., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia.

5. Bapak Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Program Sarjana Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
6. Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan mendukung dengan sabar, memberikan semangat dan masukan kepada penulis dalam penyusunan dan penulisan Laporan Tugas Akhir ini.
7. Partner tugas akhirku Rani, Monmon Gengs Ghaita dan Risa yang sudah *men-support* penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Seluruh teman-teman seperjuangan Teknik Kimia Angkatan 2020 yang banyak membantu dalam lancarnya tugas akhir penulis yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan laporan Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik ini masih banyak kekurangan dan kelemahan serta jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan laporan ini. Semoga laporan Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik ini dapat bermanfaat bagi semua pihak khususnya mahasiswa Teknik Kimia.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 10 September 2024

Penyusun

DAFTAR ISI

PRA RANCANGAN PABRIK FENIL ASETAT	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xvi
ABSTRAK	xvii
ABSTRACT	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik	3
1.2.1 <i>Supply</i>	4
1.2.2 <i>Demand</i>	6
1.2.3 Peluang Kapasitas	8
1.2.4 Penentuan Kapasitas	8
1.2.5 Ketersediaan Bahan Baku	9
1.3 Tinjauan Pustaka	11
1.3.1 Fenol	11
1.3.2 Asam Asetat	12
1.3.3 Esterifikasi	12

1.3.4 Fenil Asetat	13
1.3.5 Katalis Asam	14
1.3.6 Metode Proses Pembuatan	14
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika	17
1.4.1 Tinjauan Termodinamika.....	17
1.4.2 Tinjauan Kinetika.....	19
1.4.3 Metode Integral	20
BAB II PERANCANGAN PRODUK	23
2.1 Spesifikasi Bahan.....	23
2.1.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk	23
2.1.2 Spesifikasi Bahan Pendukung.....	25
2.2 Pengendalian Kualitas.....	25
2.2.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku	25
2.2.2 Pengendalian Kualitas Proses	26
2.2.3 Pengendalian Kualitas Produk	27
BAB III PERANCANGAN PROSES	29
3.1 Diagram Alir Proses dan Material	29
3.1.1 Diagram Alir Kualitatif.....	29
3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif.....	30
3.2 Uraian Proses	31
3.2.1 Rangkaian Proses	31
3.2.2 Proses Reaksi	33
3.3 Spesifikasi Alat	35
3.3.1 Spesifikasi Reaktor	35
3.3.2 Spesifikasi Alat Pemisah.....	39

3.3.3 Spesifikasi Tangki Penyimpanan	43
3.3.4 Spesifikasi Alat Transportasi	49
3.3.5 Spesifikasi Alat Penukar Panas	55
3.4 Neraca Massa	65
3.4.1 Neraca Massa di Reaktor	65
3.4.1 Neraca Massa di Filter – 01	66
3.4.2 Neraca Massa di Menara Distilasi 1	66
3.4.3 Neraca Massa di Menara Distilasi 2	67
3.4.4 Neraca Massa di <i>Furnace</i> – 01	67
3.5 Neraca Panas	68
3.5.1 Neraca Panas di Reaktor – 01	68
3.5.1 Neraca Panas di Reaktor – 02	68
3.5.2 Neraca Panas di Menara Distilasi – 01	69
3.5.3 Neraca Panas di Menara Distilasi – 02	69
3.5.4 Neraca Panas di <i>Furnace</i>	69
3.5.5 Neraca Panas di Heater – 01	70
3.5.6 Neraca Panas di <i>Cooler</i> – 01	70
3.5.7 Neraca Panas di <i>Cooler</i> – 02	70
3.5.8 Neraca Panas di <i>Cooler</i> – 03	71
BAB IV PERANCANGAN PABRIK	72
4.1 Penentuan Lokasi Pabrik	72
4.1.1 Lokasi Daerah	73
4.1.2 Ketersediaan Bahan Baku	73
4.1.3 Sarana Transportasi	73
4.1.4 Utilitas	74

4.1.5 Ketersediaan Kawasan dan Sumber Daya Manusia.....	74
4.1.6 Pengaruh Lingkungan dan Limbah.....	75
4.1.7 Faktor Ekonomi dan Hukum.....	75
4.2 Tata Letak Pabrik.....	76
4.3 Tata Letak Mesin.....	83
4.4 Organisasi Perusahaan.....	85
4.4.1 Bentuk Organisasi.....	85
4.4.2 Struktur Organisasi.....	87
4.4.3 Tugas dan Wewenang.....	87
4.4.4 Pengaturan Jam Kerja.....	93
4.4.5 Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji.....	96
4.4.6 Fasilitas dan Hak Karyawan.....	99
BAB V UTILITAS.....	104
5.1 Unit Penyediaan dan Pengelolaan Air (<i>Water Treatment System</i>)	104
5.1.1 Unit Penyediaan Air.....	104
5.1.2 Unit Pengolahan Air.....	110
5.2 Unit Pembangkit <i>Steam</i>	115
5.3 Unit Pembangkit Listrik.....	115
5.4 Unit Penyedia Udara Tekan.....	119
5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar.....	120
5.6 Unit Pengolahan Limbah.....	120
5.7 Spesifikasi Alat Utilitas.....	122
BAB VI EVALUASI EKONOMI.....	133
6.1 Penentuan Harga Alat.....	134
6.2 Dasar Perhitungan.....	140

6.3	Komponen Biaya	140
6.3.1	<i>Fixed Capital Investment</i>	140
6.3.2	<i>Manufacturing Cost</i>	141
6.3.3	<i>General Expenses</i>	144
6.4	Analisa Keuntungan.....	144
6.5	Analisa Kelayakan	145
6.5.1	<i>Return On Investment (ROI)</i>	145
6.5.2	<i>Pay Out Time (POT)</i>	146
6.5.3	<i>Break Even Point (BEP)</i>	146
6.5.4	<i>Shut Down Point (SDP)</i>	148
6.5.5	<i>Discounted Cash Flow Rate (DCFR)</i>	149
6.6	Analisa Resiko Pabrik.....	150
BAB VII PENUTUP		151
7.1	Kesimpulan	151
7.2	Saran	152
DAFTAR PUSTAKA		153
LAMPIRAN A PERANCANGAN REAKTOR.....		156
LAMPIRAN B <i>PROCESS FLOW DIAGRAM</i>		181
LAMPIRAN C KARTU KONSULTASI		183

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Cara mengitung persen rata-rata pertumbuhan dari data riil	3
Tabel 1.2 Cara memperoleh data proyeksi persen pertumbuhan	4
Tabel 1.3 Data riil immpor fenil asetat	5
Tabel 1.4 Perkiraan jumlah impor fenil asetat di Indonesia	5
Tabel 1.5 Perkiraan penggunaan fenil asetat per hari	7
Tabel 1.6 Proyeksi supply dan demand Fenil Asetat di Indonesia	8
Tabel 1.7 Pabrik fenil asetat di dunia.....	9
Tabel 1.8 Pabrik fenol di Indonesia	9
Tabel 1.9 Perkiraan penggunaan bahan baku fenol	10
Tabel 1.10 Pabrik asam asetat di Indonesia	10
Tabel 1.11 Perkiraan penggunaan bahan baku asam asetat	10
Tabel 1.12 Perbandingan proses pembuatan fenil asetat	16
Tabel 1.13 Sifat termodinamika bahan baku produk	17
Tabel 2.1 Spesifikasi bahan baku dan produk	23
Tabel 2.2 Spesifikasi bahan pendukung.....	25
Tabel 3.1 Spesifikasi Reaktor – 01	35
Tabel 3.2 Spesifikasi Reaktor – 02	37
Tabel 3.3 Spesifikasi Filter – 01	39
Tabel 3.4 Spesifikasi Menara Distilasi – 01	40
Tabel 3.5 Spesifikasi Menara Distilasi – 02	41
Tabel 3.6 Spesifikasi Tangki Fenol	43
Tabel 3.7 Spesifikasi Tangki Asam Asetat	44

Tabel 3.8 Spesifikasi Tangki Produk Asam Asetat	45
Tabel 3.9 Spesifikasi Tangki Produk Fenol	46
Tabel 3.10 Spesifikasi Tangki Produk Fenil Asetat.....	47
Tabel 3.11 Spesifikasi Silo Zeolite	48
Tabel 3.12 Spesifikasi pompa alat proses	49
Tabel 3.13 Spesifikasi Conveyor – 01	52
Tabel 3.14 Spesifikasi Conveyor – 02	53
Tabel 3.15 Spesifikasi Conveyor – 03	54
Tabel 3.16 Spesifikasi Heater-01	55
Tabel 3.17 Spesifikasi <i>Cooler</i> – 01	56
Tabel 3.18 Spesifikasi <i>Cooler</i> – 02.....	58
Tabel 3.19 Spesifikasi <i>Cooler</i> – 03.....	59
Tabel 3.20 Spesifikasi Condenser – 01	61
Tabel 3.21 Spesifikasi Condenser – 02.....	62
Tabel 3.22 Spesifikasi <i>Furnace</i> – 01	64
Tabel 3. 23 Neraca massa di Reaktor.....	65
Tabel 3.24 Neraca massa di Filter – 01.....	66
Tabel 3.25 Neraca massa di Menara Distilasi – 01.....	66
Tabel 3.26 Neraca massa di Menara Distilasi – 02.....	67
Tabel 3.27 Neraca massa di <i>Furnace</i> – 01	67
Tabel 3.28 Neraca panas di Reaktor – 01	68
Tabel 3.29 Neraca panas di Reaktor – 02	68
Tabel 3.30 Neraca panas di Menara Distilasi – 01	69

Tabel 3.31 Neraca panas di Menara Distilasi – 02	69
Tabel 3.32 Neraca panas di <i>Furnace</i> – 01	69
Tabel 3.33 Neraca panas di <i>Heater</i> – 01	70
Tabel 3.34 Neraca panas di <i>Cooler</i> – 01	70
Tabel 3.35 Neraca panas di <i>Cooler</i> – 02.....	70
Tabel 3.36 Neraca panas di <i>Cooler</i> – 03.....	71
Tabel 4.1 Rincian penggunaan area pabrik.....	81
Tabel 4.2 Jadwal kerja karyawan <i>non-shift</i>	94
Tabel 4.3 Jadwal kerja karyawan <i>shift</i>	95
Tabel 4.4 Pembagian <i>shift</i> kerja tiap kelompok.....	95
Tabel 4.5 Pembagian <i>shift</i> kerja tiap kelompok.....	96
Tabel 4.6 Gaji karyawan tiap jabatan	97
Tabel 5.1 Kebutuhan air domestik	106
Tabel 5.2 Kebutuhan <i>service water</i>	106
Tabel 5.3 Kebutuhan air umpan boiler.....	107
Tabel 5.4 Kebutuhan air pendingin.....	108
Tabel 5.5 Kebutuhan air total.....	110
Tabel 5.6 Kebutuhan listrik untuk alat proses.....	116
Tabel 5.7 Kebutuhan listrik untuk alat proses (Lanjutan).....	117
Tabel 5.8 Kebutuhan listrik untuk utilitas.....	117
Tabel 5.9 Kebutuhan listrik untuk utilitas (Lanjutan).....	118
Tabel 5.10 Kebutuhan listrik alat penunjang	118
Tabel 5.11 Total kebutuhan listrik pabrik fenil asetat	119

Tabel 5.12 Kebutuhan bahan bakar pabrik	120
Tabel 5.13 Spesifikasi pompa utilitas	122
Tabel 5.14 Spesifikasi pompa utilitas (Lanjutan)	123
Tabel 5.15 Spesifikasi pompa utilitas (Lanjutan)	124
Tabel 5.16 Spesifikasi pompa utilitas (Lanjutan)	125
Tabel 5.17 Spesifikasi bak utilitas	126
Tabel 5.18 Spesifikasi tangki utilitas	127
Tabel 5.19 Spesifikasi tangki utilitas (Lanjutan)	128
Tabel 6.1 Indeks harga alat tahun 1987-2018	134
Tabel 6.2 Harga alat proses tahun 2028	136
Tabel 6.3 <i>Physical Plant Cost (PPC)</i>	141
Tabel 6.4 <i>Direct Plant Cost (DPC)</i>	141
Tabel 6.5 <i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>	141
Tabel 6.6 <i>Direct Manufacturing Cost</i>	142
Tabel 6.7 <i>Indirect Manufacturing Cost</i>	143
Tabel 6.8 <i>Fixed Manufacturing Cost</i>	143
Tabel 6.9 <i>Total Manufacturing Cost</i>	143
Tabel 6.10 <i>General Expense</i>	144
Tabel 6.11 <i>Total Production Cost</i>	144
Tabel 6.12 <i>Annual Fixed Cost</i>	147
Tabel 6.13 <i>Annual Sales Value</i>	147
Tabel 6.14 <i>Annual Regulated Expenses</i>	148
Tabel 6.15 <i>Annual Variable Value</i>	148

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Struktur Fenol	11
Gambar 1.2 Struktur Asam Asetat	12
Gambar 1.3 Struktur fenil asetat	13
Gambar 1.4 Persamaan reaksi esterifikasi pembentukan fenil asetat	13
Gambar 3.1 Diagram alir kualitatif	29
Gambar 3.2 Diagram alir kuantitatif	30
Gambar 4.1 Rencana lokasi peabrik fenil asetat	72
Gambar 4.2 Layout unit fenil asetat	82
Gambar 4.3 Tata letak alat proses	85
Gambar 4.4 Struktur organisasi perusahaan	87
Gambar 6.1 Grafik indeks harga alat tahun 1985 - 2020	135

ABSTRAK

Dengan meningkatnya populasi penduduk Indonesia khususnya pada usia muda yang sudah mulai memiliki kesadaran atas tren kecantikan, menyebabkan lahirnya banyak industri di bidang kosmetik lokal. Pertumbuhan yang cukup signifikan pada industri kosmetik ini ditandai dengan jumlah pertumbuhan jumlah industri kosmetik Indonesia yang mencapai 21,9%. Dikutip dari Siaran Pers Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian Republik Indonesia, sekitar 913 perusahaan pada tahun 2022 meningkat menjadi 1.010 perusahaan hanya pada pertengahan 2023. Industri kosmetik dari brand lokal pun dapat menembus pasar luar negeri dengan jumlah ekspor secara kumulatif adalah USD 770,8 juta yang mencakup produk kosmetik, wewangian, dan essential oils. Salah satu bahan baku untuk produk-produk kecantikan seperti body lotion, antiperspirant, parfum *eu de toilette*, shampoo memiliki kandungan fenil asetat (McGinty, 2012). Namun, Indonesia saat ini belum memiliki pabrik dalam negeri yang memproduksi langsung fenil asetat. Dengan adanya pabrik fenil asetat tersendiri di Indonesia dapat menunjang kebutuhan fenil asetat dalam negeri tanpa harus melakukan impor. Oleh karena itu akan dibangun pabrik fenil asetat dengan kapasitas 20.000 ton/tahun. Pabrik akan didirikan di daerah Karanganyar, Jawa Tengah seluas 30.720 m². Proses ini dilakukan pada kondisi operasi 30°C dengan tekanan 1 atm. Untuk mencapai kapasitas 20.000 ton/tahun diperlukan bahan baku utama yaitu fenol sebesar 17.778 ton/tahun dan asam asetat sebesar 11.256 ton/tahun dengan katalis h-β sebanyak 1.123 ton/tahun. Selain itu dibutuhkan komponen penunjang seperti steam 20.903,71 kg/jam, udara tekan 82,24 m³/jam, listrik keseluruhan 1.100 kW, solar 1.913,6 kg/jam. Pabrik dikategorikan low risk ditinjau dari bahan baku yang digunakan dan proses yang dilalui. Berdasarkan analisa ekonomi diketahui bahwa keuntungan setelah pajak sebesar Rp114.095.267.103, Return on Investment setelah pajak sebesar 13%, Pay Out Time (POT) setelah pajak sebesar 4,3 tahun, Break Even Point (BEP) sebesar 51,25%, Shut Down Point (SDP) sebesar 29,31% dan Discounted Cash Flow Rate (DCFR) sebesar 12%. Berdasarkan hasil evaluasi ekonomi tersebut dapat disimpulkan bahwa pabrik fenil asetat layak secara ekonomi untuk didirikan.

Kata kunci: Fenil Asetat, Fenol, Zeolite h-β, Reaktor Alir Tangki Berpengaduk

ABSTRACT

As Indonesia experiences a demographic population, particularly among the younger generation who are becoming more aware of beauty trends, many local cosmetic industries have emerged. The significant growth in the cosmetic industry is marked by a 21.9%. As cited in the press release from the Coordinating Ministry for Economic Affairs of the Republic of Indonesia, around 913 companies in 2022 increased to 1,010 companies by mid-2023. Local cosmetic brands have also successfully pervaded foreign markets, with cumulative exports reaching USD 770.8 million, covering cosmetic products, fragrances, and essential oils. Phenyl acetate is one of the raw materials used in beauty products such as body lotions, antiperspirants, eau de toilette perfumes, and shampoos (McGinty, 2012). However, Indonesia currently lacks a domestic plant that directly produces phenyl acetate. Establishing a phenyl acetate plant in Indonesia would fulfill domestic needs without relying on imports. Therefore, a phenyl acetate plant with a capacity of 20,000 tons/year will be built. The plant will be located in Karanganyar, Central Java, covering an area of 30,720 m². The process will operate at 30°C and 1 atm of pressure. To achieve a capacity of 20,000 tons/year, the main raw materials required are 17,778 tons/year of phenol and 11,256 tons/year of acetic acid, with 1,123 tons/year of H- β catalyst. In addition, supporting components such as 20,903.71 kg/hour of steam, 82.24 m³/hour of compressed air, 1,100 kW of electricity, and 1,913.6 kg/hour of diesel will be needed. The plant is categorized as low-risk based on the raw materials used and the processes involved. According to economic analysis, the profit after tax is estimated at IDR 114,095,267,103, with a post-tax Return on Investment (ROI) of 13%, a post-tax Pay Out Time (POT) of 4.3 years, a Break Even Point (BEP) of 51.25%, a Shut Down Point (SDP) of 2.31%, and a Discounted Cash Flow Rate (DCFR) of 12%. Based on these economic evaluations, it can be concluded that the phenyl acetate plant is economically possible to establish.

Keywords: Phenyl Acetate, Phenol, Zeolite h- β , Continuous Stirred Tank Reactor

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki potensi ekonomi yang besar dengan populasi yang terus bertambah. Adanya hal tersebut, mendorong berbagai industri untuk terus memperluas pasar, termasuk industri kimia. Salah satu senyawa kimia yang memiliki banyak kegunaan adalah fenil asetat. Fenil asetat merupakan bahan kimia organik yang banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk sebagai bahan antara dalam produksi obat-obatan, wewangian, dan berbagai produk kimia lainnya.

Fenil asetat menjadi komponen penting dalam industri farmasi, terutama sebagai prekursor dalam pembuatan obat-obatan tertentu. Selain itu, senyawa ini juga digunakan dalam industri parfum sebagai bahan dasar pembuatan aroma tertentu yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Dengan semakin meningkatnya permintaan untuk produk-produk farmasi dan kosmetik di pasar domestik dan internasional, kebutuhan akan fenil asetat juga mengalami peningkatan.

Indonesia memiliki beberapa keunggulan kompetitif yang mendukung pendirian pabrik fenil asetat, salah satunya adalah posisi geografis. Letak Indonesia yang strategis di Asia Tenggara memberikan akses mudah ke pasar-pasar utama di kawasan ini, termasuk Tiongkok, India, dan negara-negara Asia lainnya.

Selain itu, pemerintah Indonesia telah memberikan perhatian yang cukup besar terhadap pengembangan industri kimia melalui berbagai kebijakan dan insentif fiskal. Kebijakan ini termasuk pemberian keringanan pajak, kemudahan perizinan, dan dukungan dalam penelitian dan pengembangan. Dengan dukungan pemerintah yang kuat dan kebijakan yang kondusif, pendirian pabrik fenil asetat di Indonesia diharapkan dapat memperkuat industri kimia nasional dan mengurangi ketergantungan pada impor bahan kimia dari luar negeri.

Meninjau dari berbagai macam peran fenil asetat pada industri, maka diharapkan adanya pendirian pabrik fenil asetat dapat memberikan dampak positif, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Membuka lapangan kerja bagi warga negara Indonesia, sehingga dapat meningkatkan taraf hidup.
2. Memenuhi kebutuhan konsumsi dalam negeri dan menghemat APBN negara dengan mengurangi ketergantungan impor.
3. Memungkinkan penyediaan bahan baku lebih cepat dengan biaya lebih rendah untuk memenuhi kebutuhan industri lokal yang menggunakan bahan baku fenil asetat seperti industri farmasi, kosmetik, dan wewangian.

Dengan demikian, investasi dalam pembangunan pabrik ini tidak hanya menguntungkan secara ekonomi tetapi juga memberikan kontribusi signifikan terhadap pembangunan berkelanjutan di Indonesia.

Secara keseluruhan, pendirian pabrik fenil asetat di Indonesia merupakan langkah strategis yang dapat mendukung pertumbuhan industri kimia nasional, memenuhi permintaan pasar yang terus meningkat, dan memperkuat posisi Indonesia sebagai pemain kunci dalam industri kimia di kawasan Asia Tenggara.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Pabrik fenil asetat dari fenol direncanakan berdiri pada tahun 2028. Kapasitas pabrik ditetapkan melalui analisis *supply* (pasokan) dan *demand* (permintaan). Pasokan terdiri dari produksi dalam negeri dan impor, sedangkan permintaan terdiri dari konsumsi dalam negeri dan ekspor. Penentuan kapasitas pabrik dilakukan dengan persen pertumbuhan. Data riil diambil pada tahun 2018, 2019, 2020, 2021, dan 2022. Dalam menentukan kapasitas pabrik menggunakan persen rata-rata pertumbuhan menggunakan cara sebagai berikut:

Tabel 1.1 Cara mengitung persen rata-rata pertumbuhan dari data riil

Tahun	Ton	Persen Pertumbuhan
2018	a	
2019	b	$\frac{b - a}{a} \times 100$
2020	c	$\frac{c - b}{b} \times 100$
2021	d	$\frac{d - c}{c} \times 100$
2022	e	$\frac{e - d}{d} \times 100$
Persen rata-rata pertumbuhan		$\frac{\sum}{4}$

Tabel 1.2 Cara memperoleh data proyeksi persen pertumbuhan

Tahun	Persen Pertumbuhan	Ton
2023	$e + \left(\frac{\Sigma}{4} \times e\right)$	f
2024	$f + \left(\frac{\Sigma}{4} \times f\right)$	g
2025	$g + \left(\frac{\Sigma}{4} \times g\right)$	h
2026	$h + \left(\frac{\Sigma}{4} \times h\right)$	i
2027	$i + \left(\frac{\Sigma}{4} \times i\right)$	j
2028	$j + \left(\frac{\Sigma}{4} \times j\right)$	k

1.2.1 Supply

a. Produksi

Data statistik yang diperoleh dari Biro Pusat Statistik (BPS) menunjukkan bahwa di Indonesia belum ada pabrik penghasil fenil asetat, sehingga untuk memenuhi kebutuhan fenil asetat dalam negeri selama ini masih mengimpor dari negara lain. Pendirian pabrik ini diharapkan kebutuhan fenil asetat dalam industri di Indonesia dapat terpenuhi dan dapat merangsang pertumbuhan pabrik baru yang menggunakan bahan baku fenil asetat.

b. Impor

Untuk memenuhi kebutuhan fenil asetat dalam negeri, Indonesia masih mengimpor dari negara lain. Berikut data statistik yang menunjukkan data impor fenil asetat dari tahun 2018 hingga 2022 yang ditunjukkan pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3 Data riil impor fenil asetat

Tahun	Jumlah Impor (Ton)
2018	63.81
2019	20.43
2020	42.6
2021	21.23
2022	29.67

Sumber: UNComtrade

Tabel 1.4 Perkiraan jumlah impor fenil asetat di Indonesia

Tahun	Jumlah Impor (Ton)
2023	31,9
2024	34,3
2025	36,89
2026	39,66
2027	42,65
2028	45,86

Berdasarkan data impor dan produksi fenil asetat di Indonesia yang diketahui, maka dapat diperkirakan jumlah *supply* fenil asetat di Indonesia yaitu:

$$\begin{aligned} \textit{Supply} &= \text{Impor} + \text{Produksi} \\ &= 45,86 \text{ Ton/Tahun} \end{aligned}$$

1.2.2 Demand

a. Ekspor

Berdasarkan data statistik yang diperoleh dari Biro Pusat Statistik (BPS) menunjukkan bahwa di Indonesia belum ada pabrik penghasil fenil asetat, sehingga Indonesia belum pernah melakukan ekspor ke negara lain.

b. Konsumsi Dalam Negeri

Fenil asetat merupakan senyawa kimia yang digunakan dalam aplikasi industri parfum untuk memberikan bau yang khas pada produk-produk tersebut. Perkiraan konsumsi fenil asetat di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.5.

Tabel 1.5 Perkiraan penggunaan fenil asetat per hari (McGinty, 2012)

Produk	Gram Aplikasi	Banyak Aplikasi /hari	% Fenil Asetat /Produk	Penggunaan FA /hari
<i>Antiperspirant</i>	0.5	2	0.01	0.01
<i>Body lotion</i>	8	2	0.004	0.064
<i>Eau de toilette</i>	0.75	3	0.08	0.18
<i>Shampoo</i>	8	1	0.005	0.04
<i>Shower gel</i>	5	2	0.012	0.12
<i>Toilet soap</i>	0.8	6	0.015	0.072
Total				0,0005158 kg/hari

Dari tabel di atas dapat diketahui perkiraan konsumsi fenil asetat oleh satu orang. Untuk mengetahui konsumsi fenil asetat di Indonesia, maka total penggunaan fenil asetat dapat dikalikan dengan jumlah penduduk Indonesia seperti pada perhitungan berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Estimasi penggunaan fenil asetat di Indonesia} &= \\
 &= 0,0005158 \text{ Kg/Hari} \times 278.696.200 \text{ jiwa} \\
 &= 143.751,5 \text{ Kg/Hari} \\
 &= 143,75 \text{ Ton/Hari} \\
 &= 52.469,3 \text{ Ton/Tahun}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan data ekspor dan konsumsi fenil asetat di Indonesia yang diketahui, maka dapat diperkirakan jumlah *demand* fenil asetat di Indonesia yaitu:

$$\begin{aligned} Demand &= \text{Ekspor} + \text{Konsumsi} \\ &= 52.469,3 \text{ Ton/Tahun} \end{aligned}$$

1.2.3 Peluang Kapasitas

Tabel 1.6 Proyeksi supply dan demand Fenil Asetat di Indonesia

Tahun	<i>Supply</i> (Ton/Tahun)		<i>Demand</i> (Ton/Tahun)	
	Produksi	Impor	Konsumsi	Ekspor
2028	0	45,86	52.469,3	0

$$\text{Peluang kapasitas} = Demand - Supply$$

$$\begin{aligned} &= (\text{Konsumsi} + \text{Ekspor}) - (\text{Produksi} + \text{Impor}) \\ &= (52.569,3 \text{ Ton/Tahun}) - (45,86 \text{ Ton/Tahun}) \\ &= 52.523,44 \text{ Ton/Tahun} \end{aligned}$$

Selanjutnya, kapasitas pabrik dapat ditentukan apabila telah disesuaikan dengan data pabrik fenil asetat yang telah beroperasi di dunia dengan kapasitas tertentu, sehingga dapat diperoleh kapasitas terpasang pabrik fenil asetat yang akan dibangun.

1.2.4 Penentuan Kapasitas

Berikut ini merupakan data pabrik fenil asetat yang telah beroperasi di dunia, yakni:

Tabel 1.7 Pabrik fenil asetat di dunia

Nama	Lokasi	Kapasitas Ton/Tahun
Hebei Mojin Biotechnology Co.	Shijiazhuang, China	600
Hebei baicao biology science and technology co., ltd	Xingtai City, China	50
Zhuozhou Wenxi Import and Export Co., Ltd	Zhuozhou, China	12
Tokyo Chemical Industri (TCI)	Portland, USA	15.000
AK Scientific	Union City, California	10.000
American Custom Chemicals Corporation	USA	30.000
Apollo Scientific	Manchester, UK	5.000
Medical Isotopes, Inc.	USA	3.500

1.2.5 Ketersediaan Bahan Baku

a. Fenol

Tabel 1.8 Pabrik fenol di Indonesia

Nama	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
PT Metropolitan Phenol Pratama	Serang, Banten	40.000
PT Lambang Tri Usaha	Bekasi, Jawa Barat	45.000
PT Batu Penggal Chemical Industri	Samarinda, Kalimantan Timur	35.000
PT Bumi Banjar Utama Sakti	Barito Kuala, Kalimantan Selatan	5.250

Tabel 1.9 Perkiraan penggunaan bahan baku fenol

Fenol	Kapasitas (Kg/Jam)	Kapasitas (Ton/Tahun)
	2.245	17.778

b. Asam Asetat

Tabel 1.10 Pabrik asam asetat di Indonesia

Nama	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
PT Indo Acidatama Chemical Industri	Solo, Jawa Tengah	36.600

Tabel 1.11 Perkiraan penggunaan bahan baku asam asetat

Asam Asetat	Kapasitas (Kg/Jam)	Kapasitas (Ton/Tahun)
	1.421	11.256

Dari data-data yang telah didapatkan, maka dilakukan pendekatan dalam menentukan kapasitas pabrik fenil asetat dari fenol dengan cara mengambil 40% dari kebutuhan fenil asetat, sehingga kapasitas pabrik menjadi:

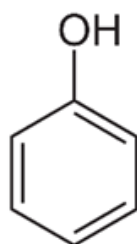
$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas pabrik} &= 40\% \times \text{Kebutuhan fenil asetat di Indonesia} \\
 &= 40\% \times 52.523,44 \text{ Ton/Tahun} \\
 &= 21.000 \text{ Ton/Tahun} \approx 20.000 \text{ Ton/Tahun}
 \end{aligned}$$

Jadi, untuk kapasitas pabrik fenil asetat yang akan dibangun di tahun 2028 adalah sebesar 20.000 Ton/Tahun.

1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 Fenol

Fenol atau hidroksil benzena merupakan senyawa organik aromatik yang memiliki rumus molekul C_6H_5OH . Fenol termasuk dalam senyawa yang memiliki grup hidroksil yang menempel pada cincin aromatik sehingga sering disebut sebagai asam karbolik. Fenol memiliki bentuk padatan kristal tidak berwarna dan larut pada pelarut organik seperti etanol atau larutan eter karena memiliki cincin benzena.

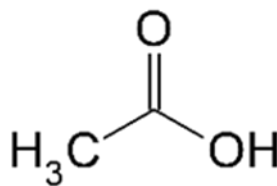


Gambar 1.1 Struktur Fenol

Senyawa ini memiliki titik didih $181,7^{\circ}C$ dan memiliki kelarutan terbatas dalam air, yaitu 8,3 gram/100mL. Fenol bersifat asam yang lebih lemah dari asam karboksilat dan lebih asam jika dibandingkan dengan alkohol karena dapat melepaskan ion H^+ dari gugus hidroksilnya. Sehingga menjadikannya sebagai anion fenoksida $C_6H_5O^-$ yang dapat terlarut dalam air. Selain itu, fenol dapat mengalami oksidasi sehingga dapat berperan sebagai reduktor. Fenol biasa digunakan sebagai bahan dasar pembuatan nilon, antiseptik, desinfektan, dan produksi pewarna.

1.3.2 Asam Asetat

Asam asetat (asam etanoat) atau lebih sering dikenal sebagai asam cuka merupakan senyawa organik yang termasuk ke dalam golongan asam alkanoat dengan gugus karboksilat yang terikat pada gugus metil. Senyawa ini termasuk dalam asam karboksilat paling sederhana yang memiliki rumus molekul CH_3COOH .



Gambar 1.2 Struktur Asam Asetat

Asam asetat merupakan cairan higroskopis yang tidak berwarna dan memiliki titik didih 118°C . Memiliki konstanta dielektrik sebesar 6,2 sehingga dapat melarutkan senyawa polar maupun senyawa non polar. Dalam konsentrasi yang tinggi, asam asetat dapat bersifat korosif dan menyebabkan luka bakar pada kulit.

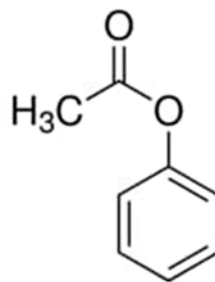
1.3.3 Esterifikasi

Esterifikasi merupakan salah satu reaksi paling signifikan dalam sintesis organik. Ester terdapat pada senyawa organik alami dan sintetis. Esterifikasi dapat terjadi apabila asam dan alkohol bereaksi dibawah kondisi operasi tertentu sehingga menghasilkan senyawa ester. Ester sering digunakan sebagai komponen penyedap dan pengawet dalam produk makanan sebagai aditif parfum penting, dalam industri sabun dan kosmetik sebagai wewangian atau dalam formulasi produk perawatan pribadi. Reaksi

esterifikasi Fischer yang khas melibatkan pemanasan campuran asam karboksilat dan kelebihan jumlah alkohol yang sesuai dengan adanya katalis. Reaksi mencapai kesetimbangan setelah waktu tertentu diatur oleh kinetika proses dan termodinamika.

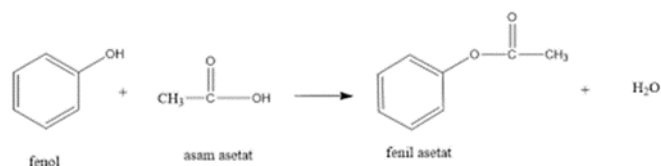
1.3.4 Fenil Asetat

Fenil Asetat merupakan senyawa yang termasuk dalam kelompok ester. Fenil asetat memiliki rumus molekul $\text{CH}_3\text{COOC}_6\text{H}_5$.



Gambar 1.3 Struktur fenil asetat

Fenil asetat dapat terbentuk melalui metode sintesis kimia dengan reaksi antara fenol dan asam asetat. Proses tersebut biasa disebut dengan esterifikasi. Esterifikasi biasanya ditambahkan dengan katalis asam dan memiliki reaksi reversible (Fessenden, 1982). Persamaan reaksi antara fenol dan asam asetat adalah sebagai berikut:



Gambar 1.4 Persamaan reaksi esterifikasi pembentukan fenil asetat

Dalam reaksi tersebut, fenol bereaksi dengan asam asetat untuk membentuk fenil asetat dan air. Reaksi esterifikasi termasuk dalam reaksi

yang berjalan lambat sehingga membutuhkan katalis untuk menunjang kecepatan reaksi. Katalis yang biasa digunakan untuk reaksi esterifikasi yaitu berupa katalis asam.

1.3.5 Katalis Asam

Pada reaksi esterifikasi diperlukan katalis untuk menunjang kecepatan reaksi. Esterifikasi dapat dilakukan dengan ditambahkan katalis (Pinto et al, 2005). Dengan adanya pertimbangan mengenai kemudahan pemisahan maka perlu alternatif dalam penggunaan katalis heterogen. Katalis heterogen yang dapat digunakan untuk proses esterifikasi pembuatan fenil asetat yaitu zeolite (γ , β dan ZSM-5) dan katalis asam seperti ZrO_2 .

1.3.6 Metode Proses Pembuatan

Proses pembuatan fenil asetat dilakukan dengan reaksi esterifikasi antara fenol dan asam asetat dengan bantuan katalis zeolite (γ , β dan ZSM-5) maupun katalis ZrO_2 . Katalis zeolite diperoleh dalam bentuk natrium dari UCL (United Catalyst India Ltd.) berupa padatan. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Kuriakose dkk, reaksi dijalankan pada fase cair dengan perbandingan molar antara fenol dan asam asetat adalah 1:1 dan banyak katalis yang digunakan sebanyak 0,5 gram. Reaksi dilakukan pada kondisi refluks dengan memanaskan fenol dan asam asetat di atas mantel selama waktu yang telah ditentukan dengan penggunaan katalis.

Dalam penelitian tersebut menunjukkan bahwa katalis dalam bentuk zeolite terutama zeolite H- β menunjukkan hasil tertinggi dibandingkan

dengan katalis lain yang digunakan pada penelitian tersebut. Hal tersebut dikarenakan keasaman zeolite H- β memiliki keasaman permukaan tertinggi yang juga menunjukkan aktivitas katalitik tertinggi. Selain itu, zeolite H- β memiliki tipe pori-pori yang cukup besar sehingga mudah menghilangkan air yang terbentuk sebagai produk samping dalam reaksi esterifikasi yang menjadi kondisi yang menguntungkan untuk menunjukkan aktivitas katalitik yang lebih tinggi. Perbandingan penggunaan katalis pada proses pembuatan fenil asetat dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1.12 Perbandingan proses pembuatan fenil asetat (Kuriakose, 2004)

Bahan Baku	$C_6H_5OH + CH_3COOH$	$C_6H_5OH + CH_3COOH$	$C_6H_5OH + CH_3COOH$
Katalis	Zeolit H β	Zeolit H ZSM-5	ZrO ₂
Suhu & Tekanan	T : 303.15 K P : 1 atm	T : 303.15 K P : 1 atm	T : 303.15 K P : 1 atm
Reaktor	CSTR	CSTR	CSTR
Konversi	80%	60%	10%
Yield	26-51%	16-51%	12-19%
Kelebihan	Pori-pori besar Aktivitas katalis tinggi Cenderung memiliki stabilitas termal yang baik	Aktivitas katalis tinggi Memiliki selektivitas yang baik	Memiliki kestabilan termal yang baik
Kekurangan	Pembuatan zeolite H- β cenderung rumit dan memerlukan kondisi operasi yang ketat	Luas permukaan katalis cenderung lebih kecil dibandingkan dengan zeolit H- β	Tidak ramah lingkungan Sensitif terhadap pengotor

1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

1.4.1 Tinjauan Termodinamika

Dari tinjauan termodinamika reaksi pada pembuatan fenil asetat dapat ditentukan dengan menentukan konstanta kesetimbangan reaksi.

Persamaan reaksi dilakukan pada suhu 298 K.

Tabel 1.13 Sifat termodinamika bahan baku produk

Komponen	ΔH_f° / kJ/mol	ΔG_f° / kJ/mol
C ₆ H ₅ OH	11,514	-32.89
CH ₃ COOH	11,715	-376.69
CH ₃ COOC ₆ H ₅	9,736	-138.95064
H ₂ O	6,002	228,6

Entalpi keseluruhan ΔH_r°

$$\Delta H_r^\circ (298) = \Delta H_r^\circ (\text{produk}) - \Delta H_r^\circ (\text{reaktan})$$

$$\Delta H_r^\circ (298) = [\Delta H_f^\circ (\text{CH}_3\text{COOC}_6\text{H}_5) + \Delta H_f^\circ (\text{H}_2\text{O})] - [\Delta H_f^\circ (\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) + \Delta H_f^\circ (\text{CH}_3\text{COOH})]$$

$$\Delta H_r^\circ (298) = [(9,736) + (6,002)] - [(11,514) + (11,715)]$$

$$\Delta H_r^\circ (298) = (15,738) - (23,229)$$

$$\Delta H_r^\circ (298) = -7,491 \text{ kJ/mol}$$

Berdasarkan hasil diatas, reaksi pembentukan fenil asetat memiliki nilai ΔH_r negatif. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa reaksi bersifat eksotermis (mengeluarkan panas) sehingga sistem membutuhkan pemanas. Kemudian menghitung nilai Gibbs (ΔG_r°) keseluruhan pada

reaksi yang sama pada suhu 298 K. perhitungan nilai Gibbs keseluruhan dapat ditinjau sebagai berikut:

Energi Gibbs keseluruhan:

$$\Delta G_r^\circ(298) = \Delta G_f^\circ(\text{produk}) - \Delta G_f^\circ(\text{reaktan})$$

$$\Delta G_r^\circ(298) = [\Delta G_f^\circ(\text{CH}_3\text{COOC}_6\text{H}_5) + \Delta G_f^\circ(\text{H}_2\text{O})] - [\Delta G_f^\circ(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) + \Delta G_f^\circ(\text{CH}_3\text{COOH})]$$

$$\Delta G_r^\circ(298) = [(-181) + (-228,6)] - [(-32,89) + (-376,69)]$$

$$\Delta G_r^\circ(298) = (-409,6) - (-409,58)$$

$$\Delta G_r^\circ(298) = -0,02 \text{ kJ/mol}$$

Perhitungan konstanta kesetimbangan dapat dihitung menggunakan persamaan 14.11 dari Smith, dkk., 2018, nilai konstanta kesetimbangan pada reaksi yaitu:

$$K1 = (-dGr/R.T) \quad (1)$$

$$K1 = \frac{1}{T} \times \frac{-(-0,02)}{\frac{8,314}{1000}}$$

$$K1 = e^{0,008}$$

$$K1 = 1,008$$

Pada suhu 30°C (303K), besarnya konstanta kesetimbangan (K2) dapat dihitung dengan persamaan:

$$\ln \frac{K2}{K1} = \left[-\frac{\Delta H}{R} \right] \left[\frac{1}{T2} - \frac{1}{T1} \right] \quad (2)$$

Dengan menggunakan persamaan (1) maka didapatkan:

$$\ln \frac{K2}{K1} = \left[-\frac{-7,491}{8,314} \right] \left[\frac{1}{303,15} - \frac{1}{298,15} \right]$$

$$\frac{K2}{K1} = 0,949$$

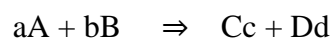
$$K_2 = 0,949 \times 1,008$$

$$K_2 = 0,956$$

Reaksi berjalan reversible apabila nilai K mendekati 1 atau 1, dari hasil menunjukkan bahwa reaksi berjalan bolak-balik atau reversible.

1.4.2 Tinjauan Kinetika

Tinjauan secara kinetika bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi kimia yang meliputi ilmu yang mempelajari tentang pengukuran laju reaksi dan variabel-variabel yang berkaitan dengan laju reaksi, seperti konsentrasi, suhu, dan tekanan. Harga k akan mempengaruhi kecepatan reaksi yang akan ditunjukkan dengan persamaan umum reaksi:



Sehingga:

$$-r_A = k_1 C_A C_{C_6H_5OH} - k_2 C_{CH_3COOC_6H_5} C_{H_2O} \quad (3)$$

Keterangan: C_A = konsentrasi asam asetat

Persamaan tersebut dapat disederhanakan karena reaksi esterifikasi yang merupakan reaksi *reversible* sehingga keseimbangan bergeser ke arah pembentukan produk dan reaksi ke arah reaktan akan diabaikan. Bila fenol yang digunakan berlebih, maka konsentrasi dapat diasumsikan konstan selama reaksi sehingga,

$$-r_A = k_1 C_A C_{C_6H_5OH} \quad (4)$$

1.4.3 Metode Integral

Metode integral merupakan salah satu metode analisis data pada reaksi yang menggunakan reaktor. Metode ini digunakan untuk menentukan persamaan kinetika reaksi mulai dari nilai order reaksi A hingga E. Metode integral merupakan metode tercepat untuk mendefinisikan hukum laju reaksi jika ordernya nol, satu atau dua. Analisis laju reaksi terhadap waktu digunakan untuk menentukan fungsi konsentrasi yang sesuai. Kemudian setelah memperoleh plot linear pada order nol, satu dan dua ditentukan order yang sesuai (Fogler, 2016).

$$\frac{dC_A}{dt} = r_A \quad (5)$$

Jika reaksi order 0 maka, $r_A = -k$ sehingga kesetimbangan molnya menjadi:

$$\frac{dC_A}{dt} = -k \quad (6)$$

Kemudian mengintegrasikannya dengan $C_A = C_{A0}$ pada $t = 0$, sehingga

$$C_A = C_{A0} - kt \quad (7)$$

Setelah menentukan konsentrasi lalu dapat memplotkan terhadap fungsi waktu berbentuk linier dengan kemiringan (k) untuk reaksi order nol dengan volume konstan.

Jika reaksi order 1, maka:

$$-\frac{dC_A}{dt} = kC_A \quad (8)$$

Kemudian mengintegrasikannya dengan $C_A = C_{A0}$ pada $t = 0$, sehingga

$$\ln \frac{C_{A0}}{C_A} = kt \quad (9)$$

Jika reaksi order 2, maka:

$$-\frac{dC_A}{dt} = kC_A^2 \quad (10)$$

Kemudian mengintegrasikannya dengan $C_A = C_{A0}$ pada $t = 0$, sehingga

$$\frac{1}{C_A} - \frac{1}{C_{A0}} = kt \quad (11)$$

Dengan hubungan keseimbangan dan hukum laju kecepatan reaksi dapat diketahui dari persamaan:

$$-\frac{dC_A}{dt} = kC_A^\alpha \quad (12)$$

Kemudian nilai natural logaritma pada kedua sisi menjadi:

$$\ln\left(\frac{dC_A}{dt}\right) = \ln k_A + \alpha \ln C_A \quad (13)$$

Memplotkan nilai yang diperoleh antara $\ln\left(\frac{dC_A}{dt}\right)$ sebagai fungsi dari $[\ln C_A]$ sebagai order reaksi sehingga,

$$\text{Order 0: } C_A = C_{A0} - kt \quad (14)$$

$$\text{Order 1: } \ln = C_{A0} - kt \quad (15)$$

$$\text{Order 2: } \frac{1}{C_A} = \frac{1}{C_{A0}} + kt \quad (16)$$

nilai k_A diperoleh sebagai berikut:

$$k_A = \frac{-(dC_A/dt)}{(C_{Ap})^\alpha} \quad (17)$$

Penentuan nilai kinetika studi menggunakan metode integral yaitu dengan menerka order reaksi ke-0 hingga ke-2 terhadap konsentrasi asam asetat. Persamaan metode integral yang digunakan untuk menghitung perubahan konsentrasi asam asetat awal (C_{A0}) terhadap (C_A). Persamaan yang digunakan yaitu persamaan (15), (16), dan (17). Data diplotkan sesuai

dengan persamaan. Dengan *trendline* dan kurva yang memiliki nilai R^2 0.9-1 diasumsikan sebagai order reaksi.

Dari penelitian yang dilakukan (Kuraiakose, 2004) pada suhu 30°C nilai R^2 mendekati 1 ada pada grafik order 2 yang menunjukkan semakin baik model yang digunakan dalam merepresentasikan hubungan antara variabel yang digunakan. Oleh karena itu, dipilih reaksi order 2 sebagai order reaksi esterifikasi asam asetat dengan fenol, sehingga dengan menggunakan persamaan di atas didapatkan nilai k dengan metode integral sebesar:

$$k = 5,074 \text{ m}^3/\text{kmol.jam}$$

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Bahan

2.1.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

Dalam proses perancangan, kualitas produk harus sesuai spesifikasi dan target yang ditentukan. Unit fenil asetat dirancang berdasarkan variabel-variabel utama yaitu spesifikasi bahan baku dan bahan pendukung, spesifikasi produk serta pengendalian.

Tabel 2.1 Spesifikasi bahan baku dan produk

Spesifikasi	Bahan Baku		Produk	
	Fenol	Asam Asetat	Fenil Asetat	Air
Rumus Molekul	C_6H_5OH	CH_3COOH	$CH_3COOC_6H_5$	H_2O
Berat Molekul, g/gmol	94,11	60,05	136,15	18,02
Titik Didih, °C	181,4	118,1	196	100

Tabel 2.1 Spesifikasi bahan baku dan produk (lanjutan)

Spesifikasi	Bahan Baku		Produk	
	Fenol	Asam Asetat	Fenil Asetat	Air
Titik Lebur, °C	40,6	16,7	-30	0
Densitas, kg. m ³	1071	1053	1073	997
Viskositas	7,514 E-06 at 314,06 °C	1210 E-04 Pa.s at 20 °C	1.056 cP pada 25°C	8,882 E-06 at 273,16 °C
Kelarutan, g/L	8,3	larut	4	Tidak larut
NFPA health rating	4	3	1	0
NFPA reactivity rating	0	0	0	0
NFPA fire rating	2	2	2	0
NFPA special instruction	-	-	-	0

2.1.2 Spesifikasi Bahan Pendukung

a. Katalis Zeolite

Tabel 2.2 Spesifikasi bahan pendukung

SiO ₂ /Al ₂ O ₃	33
Ukuran partikel, nm	60 – 100
BET <i>surface area</i> , m ² /g	595
<i>External surface area</i> , m ² /g	130
Volume pori-pori, cm ³ /g	0,68
<i>Density of total acid sites</i> , mmol/g	5,590
Kelarutan	Tidak larut dalam air

2.2 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas dilakukan untuk menjaga kualitas produk sesuai dengan standar yang ditetapkan. Tujuan pengendalian kualitas pada dasarnya adalah untuk mencapai kesalahan yang paling minimum. Pengendalian kualitas terdiri dari pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas proses dan pengendalian kualitas produk.

2.2.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas bahan baku digunakan untuk memastikan fenol dan asam asetat sesuai dengan spesifikasi bahan baku yang telah ditetapkan untuk proses produksi. Pengendalian kualitas bahan baku dilakukan pada awal proses dengan cara melakukan beberapa pengujian seperti kemurnian, kelarutan, densitas, titik didih, titik lebur dan sebagainya.

Selain itu, lokasi penyedia bahan baku dan lama waktu penyimpanan bahan baku juga perlu diperhatikan agar proses produksi dapat berjalan lancar.

2.2.2 Pengendalian Kualitas Proses

Pengendalian kualitas proses digunakan untuk memastikan kondisi proses sesuai dengan kondisi yang telah ditetapkan untuk proses produksi. Pengendalian kualitas proses dilakukan oleh sistem kendali yang dilakukan di ruang kendali. Apabila terdapat proses yang tidak sesuai dengan kondisi yang ditetapkan, maka sistem kendali akan memberikan sinyal atau tanda seperti nyala lampu dan bunyi alarm untuk mengembalikan penyimpangan proses secara otomatis maupun manual. Fungsi alat kendali adalah sebagai alat analisa, pengukur, pencatat, pengendali, dan pemberi sinyal bahaya. Beberapa alat kendali yang digunakan adalah sebagai berikut:

a. Sensor

Sensor digunakan untuk mengidentifikasi penyimpangan dari kondisi proses yang telah ditetapkan pada set point. Apabila terjadi penyimpangan, maka sensor akan memberikan sinyal kepada *controller*.

b. Controller

Controller merupakan alat yang menerima sinyal dari alat sensor untuk mengembalikan kondisi proses sama dengan nilai set point. Berikut beberapa *controller* yang digunakan pada perancangan pabrik ini adalah:

1. *Level Controller (LC)*

Level controller digunakan untuk mengatur tinggi permukaan cairan agar selalu sama dengan nilai set point. Pengukuran tinggi permukaan

cairan akan dikendalikan oleh *control valve* yang berfungsi untuk mengatur laju cairan masuk dan keluar. Secara umum LC digunakan untuk mengatur tinggi permukaan cairan pada reaktor.

2. *Flow Controller (FC)*

Flow controller digunakan untuk mengatur laju aliran fluida agar selalu sama dengan nilai set point. Pada proses produksi fenil asetat, FC digunakan untuk mengatur laju aliran pada pompa.

3. *Temperature Controller (TC)*

Temperature controller digunakan untuk mengatur suhu cairan agar selalu sama dengan nilai set point. Pada proses produksi fenil asetat, TC digunakan untuk mengontrol suhu pada heat exchanger, reaktor, serta menara distilasi.

4. *Pressure Controller (PC)*

Pressure controller digunakan untuk mengatur tekanan fluida agar selalu sama dengan nilai set point. Pada proses produksi fenil asetat, PC digunakan untuk mengontrol tekanan di menara distilasi.

5. *Level Indicator (LI)*

Level indicator digunakan untuk memberikan data ketinggian fluida pada suatu alat. Pada proses produksi fenil asetat, LI digunakan pada setiap tangki penyimpanan bahan maupun produk.

2.2.3 Pengendalian Kualitas Produk

Pengendalian kualitas produk digunakan untuk memastikan produk yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi produk yang telah ditetapkan.

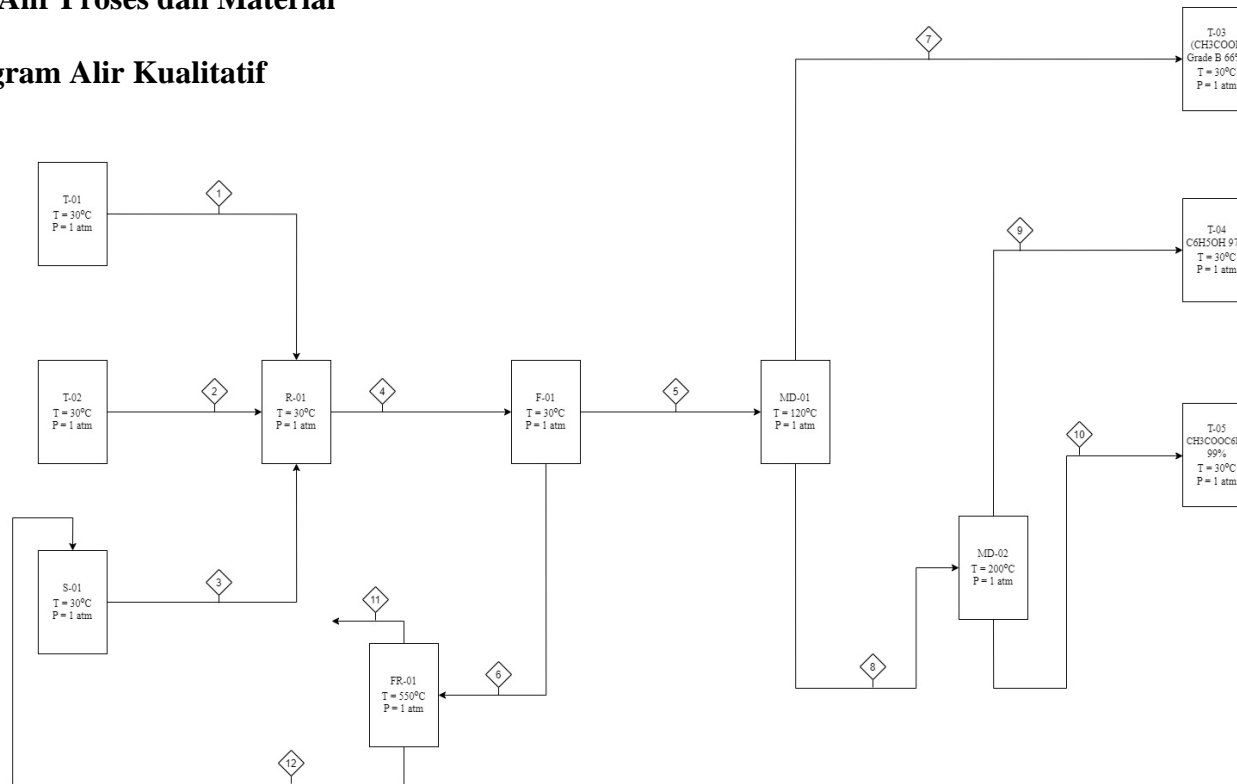
Pengendalian kualitas produk dilakukan pada akhir proses dengan cara melakukan beberapa pengujian seperti kemurnian produk fenil asetat.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

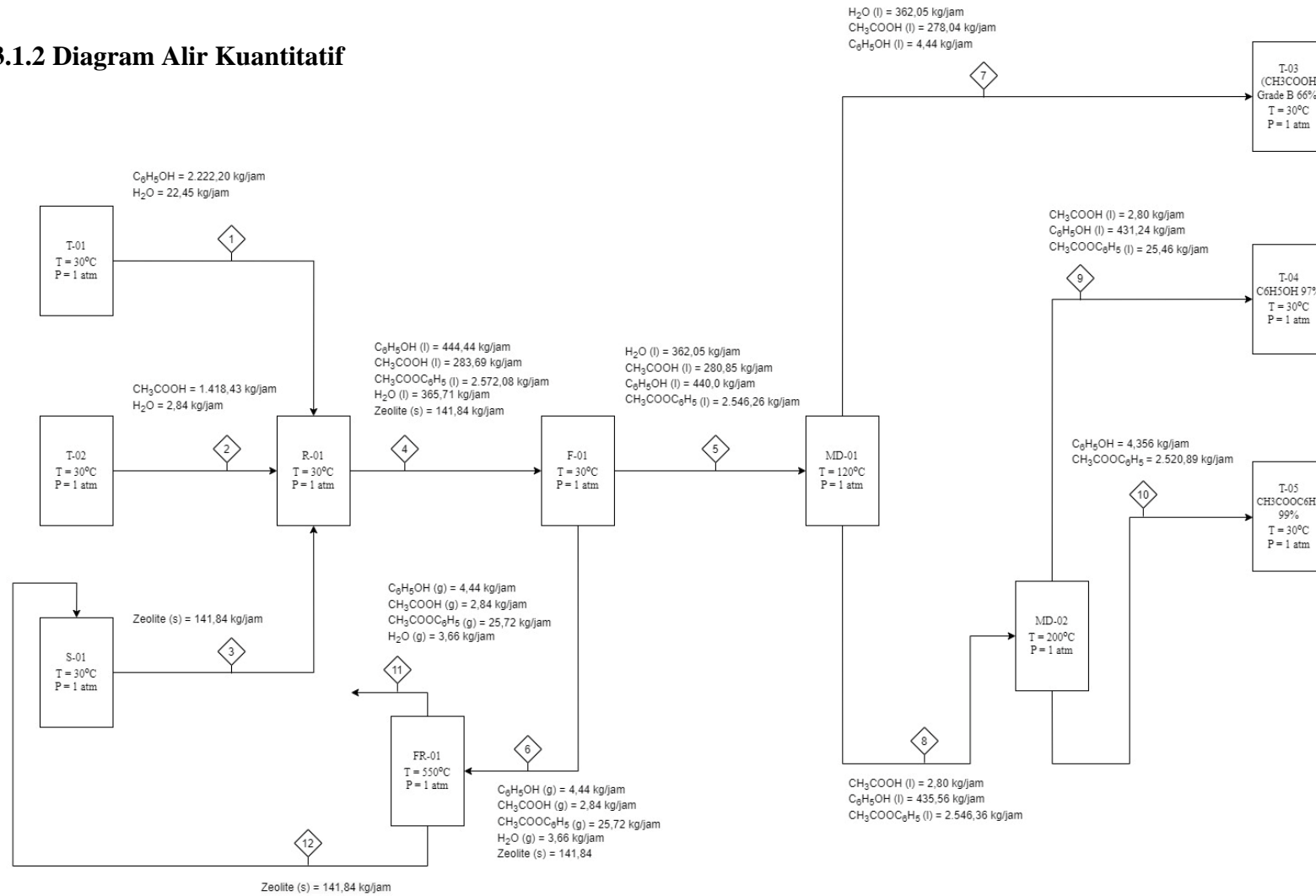
3.1 Diagram Alir Proses dan Material

3.1.1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3.1 Diagram alir kualitatif

3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif



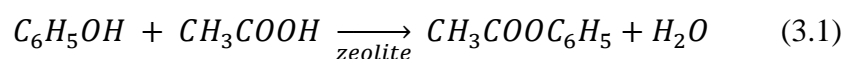
Gambar 3.2 Diagram alir kuantitatif

3.2 Uraian Proses

3.2.1 Rangkaian Proses

Dalam produksi fenil asetat, bahan baku utama yang akan digunakan yaitu fenol dan asam asetat. Bahan baku fenol disimpan dalam tangki penyimpanan (T-01) pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm, sedangkan bahan baku asam asetat disimpan dalam tangki penyimpanan (T-02) pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Bahan baku utama berupa fenol didapat melalui pembelian dari INEOS Singapore dalam fase cair dan pembelian asam asetat dari PT Indo Acidatama Chemical Industri (IACI) dalam fase cair.

Fenol (T-01) dan asam asetat (T-02) dipompa ke reaktor (R-01) untuk direaksikan dengan kondisi operasi pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm menggunakan katalis zeolite H-β (S-01) yang juga dimasukkan ke dalam (R-01) dengan menggunakan *screw conveyor* (SC-01) yang digunakan untuk memperbesar laju aktivasi dari proses reaksi antara fenol dan asam asetat. Reaksi yang terjadi yaitu:



Jenis reaktor yang digunakan ialah CSTR (*Continuous Flow Stirred Tank Reactor*) atau biasa disebut RATB (Reaktor Alir Tangki Berpengaduk). Reaksi yang terjadi merupakan reaksi eksotermis karena melepaskan energi pada proses esterifikasi. Produk yang dihasilkan berupa fenil asetat yang kemudian dipompa menuju alat filter (F-01) pada suhu dan tekanan yang sama.

Filter berfungsi untuk melakukan pemisahan antara fase padat dan fase cair. Pemisahan yang terjadi yaitu antara fenol; asam asetat; fenil asetat; dan air; dari padatan berupa katalis zeolite H- β . Selanjutnya, keluaran filter yang berupa fasa cair akan menuju kolom distilasi 1 (MD-01) untuk dilakukan pemisahan sedangkan fase padat berupa katalis akan dibawa dengan pompa untuk dimasukkan ke dalam *furnace* (FR-01).

Pada *furnace* kondisi operasi masuk adalah 30°C dan tekanan 1 atm, lalu dipanaskan hingga 550°C (kuriakose, 2004) untuk proses kalsinasi yaitu proses dimana memanaskan bahan tanpa mengubah fase awal dari bahan tersebut. Proses pemanasan ini dilakukan untuk mengaktivasi kembali fungsi zeolite yang telah dipakai agar dapat digunakan kembali. Nantinya, luaran atas *furnace* berupa impuritas yang berfase gas dan keluaran bawah berupa zeolite yang sudah teraktivasi.

Pada arus keluar kedua di filter akan dipompa menuju menara distilasi (MD-01) untuk dilakukan pemisahan campuran pada fase cair. Kondisi operasi dalam menara distilasi berjalan pada suhu 124,2°C dan tekanan 1 atm. Kadar fenil asetat pada (MD-01) mencapai 69% sehingga dialirkan pada arus bawah menuju menara distilasi (MD-02) agar memiliki kemurnian produk yang diinginkan. Sedangkan untuk aliran atas (MD-01) memiliki kadar fenol 66% yang akan langsung dimasukkan ke dalam tangki produk (T-03).

Pada menara distilasi (MD-02) pemisahan berjalan pada kondisi operasi masuk yaitu 182°C dan suhu keluar 199°C dengan tekanan yang

sama yaitu 1 atm. Setelah proses pemisahan lebih lanjut produk yang diinginkan berupa fenil asetat memiliki kadar sebesar 99% yang akan dialirkan pada arus bawah menuju ke tangki produk (T-05) sedangkan untuk produk atas berupa fenol dengan kadar 97% akan dialirkan menuju tangki produk (T-04).

3.2.2 Proses Reaksi

Reaksi yang digunakan untuk menghasilkan fenil asetat dari fenol dan asam asetat yaitu esterifikasi. Esterifikasi merupakan reaksi pembentukan ester yang terjadi antara alkohol dengan asam karboksilat. Proses ini berlangsung dalam fase cair dengan bantuan katalis berupa zeolite H- β . Reaksi katalitik yang terjadi pada proses pembentukan fenil asetat terjadi melalui tahapan berikut:

1. Molekul fenol dan asam asetat berdifusi dari fase cair menuju permukaan zeolite H- β . Reaktan kemudian diadsorpsi pada permukaan zeolit.
2. Situs aktif asam pada zeolite H- β memprotonasi karbonil asam asetat sehingga meningkatkan kecenderungan karbonil berinteraksi dengan fenol (protonasi asam asetat).
3. Fenol sebagai nukleofil menembus karbonil dari asam asetat yang telah diprotonasi untuk membentuk kompleks intermediat sebelum terbentuknya fenil asetat (pembentukan intermediat).

4. Gugus hidroksil dari asam asetat dan fenol bereaksi mengeluarkan molekul air dan membentuk fenil asetat sebagai produk ester (pembentukan ester dan air).
5. Fenil asetat dan air yang terbentuk akan berdifusi keluar dari pori-pori zeolite H- β (deabsorpsi produk).
6. Setelah proses reaksi biasanya katalis dapat langsung digunakan kembali namun apabila memerlukan aktivasi katalis agar performanya semakin bagus dilakukan proses re-aktivasi dengan proses kalsinasi pada zeolite H- β .

3.3 Spesifikasi Alat

3.3.1 Spesifikasi Reaktor

a. Spesifikasi Reaktor 1

Tabel 3.1 Spesifikasi Reaktor – 01

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	: Reaktor
Kode Alat	: R-01
Jumlah	: 1 (Satu)
Fungsi	: Mereaksikan fenol dan asam asetat menjadi fenil asetat dan air
Jenis Alat	: Reaktor alir tangki berpengaduk (RATB)
Mode Operasi	: <i>Continue</i>
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 283 Grade C</i>
DATA DESAIN	
Tekanan (atm)	: 1
Suhu (°C)	: 30
Kapasitas (kg/jam)	: 3.807,76
Kondisi Proses	: <i>Isothermal</i> dan Non Adiabatis
Volume (m ³)	: 0,721

Tabel 3.1 Spesifikasi Reaktor – 01 (Lanjutan)

Dimensi Reaktor	
<i>Shell</i>	Diameter (m) : 0,730
	Tinggi (m) : 1,460
	Tebal (in) : 0,188
	Volume (m ³) : 0,612
<i>Head</i>	Tinggi (m) : 0,183
	Tebal (in) : 0,188
	Volume (m ³) : 0,109
Pengaduk	
Jenis Impeller	: <i>Turbine with blades</i>
Diameter Impeller (m)	: 0,243
Tinggi Impeller (m)	: 0,146
Lebar Impeller (m)	: 0,061
Jumlah Baffle (buah)	: 4
Tebal Baffle (m)	: 0,058
Jumlah Impeller (buah)	: 2
Kecepatan Pengadukan (rpm)	: 100
Power Pengadukan (Hp)	: 0,5
Coil Pendingin	
A, ft ²	: 172,371
IPS, in	: 1,5
<i>Schedule Number</i>	: 40
ID, in	: 1,61
OD, in	: 1,90
Ud, Btu/hr. ft ² .°F	: 72,08

b. Spesifikasi Reaktor 2

Tabel 3.2 Spesifikasi Reaktor – 02

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	: Reaktor
Kode Alat	: R-02
Jumlah	: 1 (Satu)
Fungsi	: Mereaksikan fenol dan asam asetat menjadi fenil asetat dan air
Jenis Alat	: Reaktor alir tangki berpengaduk (RATB)
Mode Operasi	: <i>Continue</i>
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 283 Grade C</i>
DATA DESAIN	
Tekanan (atm)	: 1
Suhu (°C)	: 30
Kapasitas (kg/jam)	: 3.807,76
Kondisi Proses	: <i>Isothermal</i> dan Non Adiabatis
Volume (m ³)	: 0,721

Tabel 3.2 Spesifikasi Reaktor – 02 (Lanjutan)

Dimensi Reaktor	
<i>Shell</i>	Diameter (m) : 0,730 Tinggi (m) : 1,460 Tebal (in) : 0,188 Volume (m ³) : 0,612
<i>Head</i>	Tinggi (m) : 0,183 Tebal (in) : 0,188 Volume (m ³) : 0,109
Pengaduk	
Jenis Impeller	: <i>Turbine with blades</i>
Diameter Impeller (m)	: 0,243
Tinggi Impeller (m)	: 0,146
Lebar Impeller (m)	: 0,061
Jumlah Baffle (buah)	: 4
Tebal Baffle (m)	: 0,058
Jumlah Impeller (buah)	: 2
Kecepatan Pengadukan (rpm)	: 100
Power Pengadukan (Hp)	: 0,5
Coil Pendingin	
A, ft ²	: 37,975
IPS, in	: 1,5
<i>Schedule Number</i>	: 40
ID, in	: 1,61
OD, in	: 1,90
Ud, Btu/hr. ft ² .°F	: 74,138

3.3.2 Spesifikasi Alat Pemisah

a. Filter

Tabel 3.3 Spesifikasi Filter – 01

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	: Filter
Kode Alat	: F-01
Fungsi	: Memisahkan padatan zeolite dari zat cair
Jenis Alat	: <i>Rotary Filter Drum</i>
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel Grade 316</i>
DATA DESAIN	
Tekanan (atm)	: 1
Suhu (°C)	: 30
Kapasitas (kg/jam)	: 3.807,76
Volume (m ³)	: 0,272
Spesifikasi	
Diameter Alat (m)	: 11
Panjang Alat (m)	: 3,805
Tebal (in)	: 1
Kecepatan Rotasi (rpm)	: 13,142
Daya Motor (Hp)	: 200

b. Menara Distilasi 1

Tabel 3.4 Spesifikasi Menara Distilasi – 01

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	: Menara Distilasi 1
Kode Alat	: MD-01
Fungsi	: Memisahkan antara <i>light key</i> dan <i>heavy key</i>
Jenis Alat	: <i>Multistage Distillation</i>
Tipe	: <i>Tray Columns</i>
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 283 Grade C</i>
DATA DESAIN	
Tekanan (atm)	: 1
Suhu (°C)	: Umpan ; 121,253 Distilat ; 104,967 Bottom ; 194,224
Spesifikasi	
<i>Shell</i>	Diameter (m) : 0,639
	Tinggi (m) : 19,621
	Tebal (in) : 0,188
	Material : <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
<i>Head</i>	Jenis : <i>Torispherical Roof</i>
	Tinggi (m) : 0,17
	Tebal (in) : 0,005
	Material : <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>

Tabel 3.4 Spesifikasi Menara Distilasi – 01 (Lanjutan)

Tray	
Jenis Tray	: <i>Sieve Tray</i>
Feed Plate	: 10
Jumlah Plate Aktual	: 19
Diameter Hole (mm)	: 5
Jumlah Tray	: 19
Tray Spacing (m)	: 0,6
Jumlah Lubang (buah)	: 1.241

c. Menara Distilasi 2

Tabel 3.5 Spesifikasi Menara Distilasi – 02

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	: Menara Distilasi 2
Kode Alat	: MD-02
Fungsi	: Memurnikan fenil asetat hingga 99%
Jenis Alat	: <i>Multistage Distillation</i>
Tipe	: <i>Tray Columns</i>
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 283 Grade C</i>
DATA DESAIN	
Tekanan (atm)	: 1
Suhu (°C)	: Umpan ; 194,22 Distilat ; 182,33 Bottom ; 199,03

Tabel 3.5 Spesifikasi Menara Distilasi – 02 (Lanjutan)

Spesifikasi	
<i>Shell</i>	Diameter (m) : 1,259 Tinggi (m) : 8,377 Tebal (in) : 0,25 Material : <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
<i>Head</i>	Jenis : <i>Torispherical Roof</i> Tinggi (m) : 0,26 Tebal (in) : 0,25 Material : <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Tray	
Jenis Tray	: <i>Sieve Tray</i>
Feed Plate	: 7
Jumlah Plate Aktual	: 11
Diameter Hole	: 0,005
Jumlah Tray	: 11
Tray Spacing (m)	: 0,5
Jumlah Lubang (buah)	: 4819

3.3.3 Spesifikasi Tangki Penyimpanan

a. Tangki Bahan Baku Fenol

Tabel 3.6 Spesifikasi Tangki Fenol

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	: Tangki Bahan Baku Fenol
Kode Alat	: T-01
Jenis	: Silinder tegak
Jumlah	: 1 (Satu)
Fungsi	: Menyimpan bahan baku fenol (C ₆ H ₅ OH)
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316</i>
Lama Penyimpanan (hari)	: 7
Kondisi Operasi	
Tekanan (atm)	: 1
Suhu (°C)	: 30
Spesifikasi	
Diameter (m)	: 15,244
Tinggi (m)	: 7,317
Volume (m ³)	: 480
Tebal <i>Shell</i> (in)	: 0,875
Jumlah <i>Course</i>	: 3
Head dan Bottom	
Jenis	: <i>Conical Roof</i>
Tebal <i>Head</i> (in)	: 0,31
Tebal <i>Bottom</i> (in)	: 0,25

b. Tangki Bahan Baku Asam Asetat

Tabel 3.7 Spesifikasi Tangki Asam Asetat

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	: Tangki Bahan Baku Asam Asetat
Kode Alat	: T-02
Jenis	: Silinder tegak
Jumlah	: 1 (Satu)
Fungsi	: Menyimpan bahan baku asam asetat (CH ₃ COOH)
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 167 Grade 11</i> Type 316
Lama Penyimpanan (hari)	: 7
Kondisi Operasi	
Tekanan (atm)	: 1
Suhu (°C)	: 30
Spesifikasi	
Diameter (m)	: 3,146
Tinggi (m)	: 7,317
Volume (m ³)	: 480
Tebal <i>Shell</i> (in)	: 0,875
Jumlah <i>Course</i>	: 3
Head dan Bottom	
Jenis	: <i>Conical Roof</i>
Tebal <i>Head</i> (in)	: 0,875
Tebal <i>Bottom</i> (in)	: 0,625

c. Tangki Produk Asam Asetat

Tabel 3.8 Spesifikasi Tangki Produk Asam Asetat

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	: Tangki Produk Asam Asetat 43%
Kode Alat	: T-03
Jenis	: Silinder tegak
Jumlah	: 1 (Satu)
Fungsi	: Menyimpan produk asam asetat (CH ₃ COOH) 43%
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 167 Grade 11</i> Type 316
Lama Penyimpanan (hari)	: 7
Kondisi Operasi	
Tekanan (atm)	: 1
Suhu (°C)	: 30
Spesifikasi	
Diameter (m)	: 9,146
Tinggi (m)	: 4,878
Volume (m ³)	: 321,14
Tebal <i>Shell</i> (in)	: 0,1875
Jumlah <i>Course</i>	: 2
Head dan Bottom	
Jenis	: <i>Conical Roof</i>
Tebal <i>Head</i> (in)	: 0,5
Tebal <i>Bottom</i> (in)	: 0,4375

d. Tangki Produk Fenol

Tabel 3.9 Spesifikasi Tangki Produk Fenol

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	: Tangki Produk Fenol 94%
Kode Alat	: T-04
Jenis	: Silinder tegak
Jumlah	: 1 (Satu)
Fungsi	: Menyimpan produk fenol (C ₆ H ₅ OH) 94%
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 167 Grade 11</i> Type 316
Lama Penyimpanan (hari)	: 7
Kondisi Operasi	
Tekanan (atm)	: 1
Suhu (°C)	: 30
Spesifikasi	
Diameter (m)	: 9,146
Tinggi (m)	: 4,878
Volume (m ³)	: 321,145
Tebal <i>Shell</i> (in)	: 0,188
Jumlah <i>Course</i>	: 2
Head dan Bottom	
Jenis	: <i>Conical Roof</i>
Tebal <i>Head</i> (in)	: 0,375
Tebal <i>Bottom</i> (in)	: 0,25

e. Tangki Produk Fenil Asetat

Tabel 3.10 Spesifikasi Tangki Produk Fenil Asetat

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	: Tangki Produk Fenil Asetat 99%
Kode Alat	: T-05
Jenis	: Silinder tegak
Jumlah	: 1 (Satu)
Fungsi	: Menyimpan produk fenol (C ₆ H ₅ OH) 97%
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 167 Grade 11</i> Type 316
Lama Penyimpanan (hari)	: 30
Kondisi Operasi	
Tekanan (atm)	: 1
Suhu (°C)	: 30
Spesifikasi	
Diameter (m)	: 9,146
Tinggi (m)	: 4,878
Volume (m ³)	: 321
Tebal <i>Shell</i> (in)	: 0,875
Jumlah <i>Course</i>	: 2
Head dan Bottom	
Jenis	: <i>Conical Roof</i>
Tebal <i>Head</i> (in)	: 0,625
Tebal <i>Bottom</i> (in)	: 0,5

f. Silo Zeolite

Tabel 3.11 Spesifikasi Silo Zeolite

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	: Silo Zeolite
Kode Alat	: S-01
Jenis	: Silinder tegak
Jumlah	: 1 (Satu)
Fungsi	: Menyimpan bahan baku pendukung zeolite
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316</i>
Lama Penyimpanan (hari)	: 7
Kondisi Operasi	
Tekanan (atm)	: 1
Suhu (°C)	: 30
Spesifikasi	
Diameter (m)	: 3,688
Tinggi (m)	: 9,172
Volume (m ³)	: 79,4
Tebal <i>Shell</i> (in)	: 1,25
Head dan Bottom	
Jenis <i>Bottom</i>	: <i>Conical Bottom</i>
Jenis <i>Head</i>	: <i>Flat Head</i>
Tinggi <i>Bottom</i> (m)	: 1,83
Tinggi silinder (m)	: 7,34

3.3.4 Spesifikasi Alat Transportasi

Tabel 3.12 Spesifikasi pompa alat proses

Parameter	P-01	P-02	P-03
Fungsi	Mengalirkan bahan baku fenol menuju reaktor	Mengalirkan bahan baku asam asetat ke reaktor	Mengalirkan komponen dari reaktor menuju filter
Jenis	<i>Centrifugal Pump - Single Stage</i>		
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>		
Kapasitas (gpm)	11,59	7,341	18,530
Dimensi Pipa			
<i>IPS (in)</i>	1,25	1,25	1,5
<i>Sch Number</i>	40	40	40
<i>OD (in)</i>	1,66	1,66	1,9
<i>ID (in)</i>	1,38	1,38	1,61
Dimensi Daya			
<i>Frictional Head</i>	0,02	0,0138	0,039
Efisiensi Motor	80%	80%	80%
Daya Motor (Hp)	0,5	0,166	0,5
Kecepatan Putar (rpm)	1.461,78	1.163,4	1.848,4

Tabel 3.12 Spesifikasi pompa alat proses (Lanjutan)

Parameter	P-04	P-05	P-06
Fungsi	Mengalirkan keluaran top filter-01 menuju MD-01	Mengalirkan keluaran produk distilat MD-01 menuju T-03	Mengalirkan keluaran produk bottom MD-01 menuju MD-02
Jenis	<i>Centrifugal Pump – Single Stage</i>		
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>		
Kapasitas (gpm)	17,926	3,307	17,27
Dimensi Pipa			
<i>IPS (in)</i>	1,5	0,75	1,5
<i>Sch Number</i>	40	40	40
<i>OD (in)</i>	1,9	1,05	1,9
<i>ID (in)</i>	1,61	0,824	1,61
Dimensi Daya			
<i>Frictional Head</i>	0,04	0,024	0,02
Efisiensi Motor	80%	80%	80%
Daya Motor (Hp)	0,5	0,083	0,25
Kecepatan Putar (rpm)	1.818	780,87	1.784,93

Tabel 3.12 Spesifikasi pompa alat proses (Lanjutan)

Parameter	P-07	P-08
Fungsi	Mengalirkan keluaran produk distilat MD-02 menuju T-04	Mengalirkan keluaran produk bottom MD-02 menuju T-05
Jenis	<i>Centrifugal Pump - Single Stage</i>	
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>	
Kapasitas (gpm)	2,274	12,353
Dimensi Pipa		
<i>IPS</i> (in)	0,75	1,5
<i>Sch Number</i>	40	40
<i>OD</i> (in)	1,05	1,66
<i>ID</i> (in)	0,824	1,38
Dimensi Daya		
<i>Frictional Head</i>	0,024	0,021
Efisiensi Motor	80%	80%
Daya Motor (Hp)	0,05	0,25
Kecepatan Putar (rpm)	647,98	1.509,20

Tabel 3.13 Spesifikasi Conveyor – 01

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	: <i>Screw Conveyor</i>
Kode Alat	: SC-01
Jenis	: <i>Screw</i>
Jumlah	: 1
Fungsi	: Mengangkut zeolite dari silo (S-01) menuju reaktor (R-01)
Bentuk Bahan	: <i>Powder</i>
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Kapasitas (kg/jam)	: 188,58
Kondisi Operasi	
Tekanan (atm)	: 1
Suhu (°C)	: 30
Spesifikasi	
Speed (rpm)	: 40
Motor power (Hp)	: 0,05
Panjang (m)	: 4,572
Diameter <i>Shaft</i> (in)	: 2
Diameter <i>Flight</i> (in)	: 9
Diameter <i>feed section</i> (in)	: 10

Tabel 3.14 Spesifikasi Conveyor – 02

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	: <i>Screw Conveyor</i>
Kode Alat	: SC – 02
Jenis	: <i>Screw</i>
Jumlah	: 1
Fungsi	: Mengangkut zeolite dari filter (F – 01) menuju <i>furnace</i> (FR – 01)
Bentuk Bahan	: <i>Powder</i> dengan sedikit cairan
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Kapasitas (kg/jam)	: 237,32
Kondisi Operasi	
Tekanan (atm)	: 1
Suhu (°C)	: 30
Spesifikasi	
Speed (rpm)	: 40
Motor power (Hp)	: 0,05
Panjang (m)	: 4,572
Diameter <i>Shaft</i> (in)	: 2
Diameter <i>Flight</i> (in)	: 9
Diameter <i>feed section</i> (in)	: 10

Tabel 3.15 Spesifikasi Conveyor – 03

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	: <i>Screw Conveyor</i>
Kode Alat	: SC – 03
Jenis	: <i>Screw</i>
Jumlah	: 1
Fungsi	: Mengangkut zeolite dari <i>furnace</i> (FR – 03) menuju Silo (S – 03)
Bentuk Bahan	: <i>Powder</i>
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Kapasitas (kg/jam)	: 237,32
Kondisi Operasi	
Tekanan (atm)	: 1
Suhu (°C)	: 30
Spesifikasi	
Speed (rpm)	: 40
Motor power (Hp)	: 0,05
Panjang (m)	: 4,572
Diameter <i>Shaft</i> (in)	: 2
Diameter <i>Flight</i> (in)	: 9
Diameter <i>feed section</i> (in)	: 10

3.3.5 Spesifikasi Alat Penukar Panas

a. Heater 1

Tabel 3.16 Spesifikasi Heater-01

Nama Alat	: <i>Heater</i>					
Kode Alat	: HE-01					
Fungsi	: Memanaskan produk keluaran top F-01 sebelum masuk ke MD-01					
Jenis HE	: <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>					
Jenis Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>					
Jumlah Hairpin	: 1					
Kondisi Operasi						
Fluida Dingin						
Tekanan, Pt	: 1	atm				
Suhu Masuk, t1	: 30	C	303,15	K	86	F
Suhu Keluar, t2	: 124	C	397,15	K	255,48	F
Fluida Panas						
Media Pemanas	: <i>Steam</i>					
Suhu Masuk, T1	: 230	C	393,15	K	248	F
Suhu Keluar, T2	: 230	C	393,15	K	248	F
Massa Pemanas	: 556	Kg/jam				

Tabel 3.16 Spesifikasi Heater-01 (Lanjutan)

	<i>Annulus</i>		<i>Inner Pipe</i>	
Fluid	: <i>Steam</i>		: <i>Product</i>	
IPS	: 3	in	2	in
OD	: 3,5	in	3,5	in
ID	: 3,068	in	3,068	in
<i>Surface Area</i>	: 1,178	sqft/ft	0,917	sqft/ft
Panjang	: 15	ft	15	ft
A	: 32,98	ft ²		
Ud	: 293,98	Btu/jam. ft ² . °F		
Uc	: 416,22	Btu/jam. ft ² . °F		
Rd	: 0,0021			
Rd min	: 0,001			
Jumlah Alat	: 1	Unit		

b. Cooler – 01

Tabel 3.17 Spesifikasi *Cooler* – 01

Nama Alat	: <i>Cooler</i>
Kode Alat	: C-01
Fungsi	: Mendinginkan produk atas MD-01 sebelum disimpan di T-03
Jenis HE	: <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Jenis Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Jumlah Hairpin	: 10

Tabel 3.17 Spesifikasi Cooler – 01 (Lanjutan)

Kondisi Operasi						
Fluida Panas						
Tekanan, Pt	: 1	atm				
Suhu Masuk, t1	: 105	C	382,15	K	220,94	F
Suhu Keluar, t2	: 30	C	303,15	K	86	F
Fluida Dingin						
Media Pendingin	: <i>Cooling water</i>					
Suhu Masuk, T1	: 20	C	293,15	K	68	F
Suhu Keluar, T2	: 45	C	318,15	K	113	F
Massa Pendingin	: 3.773,26 Kg/jam					
	<i>Annulus</i>			<i>Inner Pipe</i>		
Fluid	: <i>Product</i>			: <i>Cooling Water</i>		
IPS	: 4	in		3		in
OD	: 4,5	in		3,5		in
ID	: 4,026	in		3,068		in
<i>Surface Area</i>	: 1,178	sqft/ft		0,917		sqft/ft
Panjang	: 20	ft		20		ft
A	: 74,597	ft ²				
Ud	: 38,464	Btu/jam. ft ² . °F				
Uc	: 40,002	Btu/jam. ft ² . °F				
Rd	: 0,002					
Rd min	: 0,001					
Jumlah Alat	: 1	Unit				

c. Cooler 2

Tabel 3.18 Spesifikasi *Cooler* – 02

Nama Alat	: <i>Cooler</i>					
Kode Alat	: C-02					
Fungsi	: Mendinginkan produk atas MD-02 sebelum disimpan di T-04					
Jenis HE	: <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>					
Jenis Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>					
Jumlah Hairpin	: 3					
Kondisi Operasi						
Fluida Panas						
Tekanan, Pt	: 1	atm				
Suhu Masuk, t1	: 182,3	C	454,95	K	360,19	F
Suhu Keluar, t2	: 30	C	303,15	K	86	F
Fluida Dingin						
Media Pendingin	: <i>Cooling water</i>					
Suhu Masuk, T1	: 20	C	293,15	K	68	F
Suhu Keluar, T2	: 45	C	318,15	K	113	F
Massa Pendingin	: 1.608,94 Kg/jam					

Tabel 3.18 Spesifikasi *Cooler* – 02 (Lanjutan)

	<i>Annulus</i>		<i>Inner Pipe</i>	
Fluid	: <i>Product</i>		: <i>Cooling Water</i>	
IPS	: 4	in	3	in
OD	: 4,5	in	3,5	in
ID	: 4,026	in	3,068	in
<i>Surface Area</i>	: 1,178	sqft/ft	0,917	sqft/ft
Panjang	: 20	ft	20	ft
A	: 36,513	ft ²		
Ud	: 25,436	Btu/jam. ft ² . °F		
Uc	: 26,100	Btu/jam. ft ² . °F		
Rd	: 0,002			
Rd min	: 0,001			
Jumlah Alat	: 1	Unit		

d. Cooler – 03Tabel 3.19 Spesifikasi *Cooler* – 03

Nama Alat	: <i>Cooler</i>
Kode Alat	: C-03
Fungsi	: Mendinginkan produk bawah MD-02 sebelum disimpan di T-05
Jenis HE	: <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Jenis Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Jumlah Hairpin	: 5

Tabel 3.19 Spesifikasi *Cooler* – 03 (Lanjutan)

Kondisi Operasi						
Fluida Panas						
Tekanan, Pt	: 1	atm				
Suhu Masuk, t1	: 199	C	472,15	K	390,25	F
Suhu Keluar, t2	: 30	C	303,15	K	86	F
Fluida Dingin						
Media Pendingin	: <i>Cooling water</i>					
Suhu Masuk, T1	: 20	C	293,15	K	68	F
Suhu Keluar, T2	: 45	C	323,15	K	113	F
Massa Pendingin	: 5.833,68	Kg/jam				
	<i>Annulus</i>			<i>Inner Pipe</i>		
Fluid	: <i>Product</i>				<i>Cooling Water</i>	
IPS	: 4	in		3		in
OD	: 4,5	in		3,5		in
ID	: 4,026	in		0,068		in
<i>Surface Area</i>	: 1,178	sqft/ft		0,917		sqft/ft
Panjang	: 20	ft		20		ft
A	: 97,573	ft ²				
Ud	: 103,865	Btu/jam. ft ² . °F				
Uc	: 115,903	Btu/jam. ft ² . °F				
Rd	: 0,003					
Rd min	: 0,001					
Jumlah Alat	: 1	Unit				

e. Condenser – 01

Tabel 3.20 Spesifikasi Condenser – 01

Nama Alat	: <i>Condenser</i>					
Kode Alat	: CD-01					
Fungsi	: Mengembunkan uap produk MD-01					
Jenis HE	: <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>					
Jenis Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>					
Kondisi Operasi						
Fluida Panas						
Tekanan, Pt	: 1	atm				
Suhu Masuk, t1	: 121	C	394,40	K	250,25	F
Suhu Keluar, t2	: 105	C	378,12	K	220,94	F
Fluida Dingin						
Media Pendingin	: <i>Cooling water</i>					
Suhu Masuk, T1	: 20	C	293,15	K	68	F
Suhu Keluar, T2	: 45	C	318,15	K	113	F
Massa Pendingin	: 22.974,72 Kg/jam					

Tabel 3.20 Spesifikasi Condenser – 01 (Lanjutan)

	<i>Tube</i>		<i>Shell</i>	
Fluid	: <i>Water</i>		<i>Product</i>	
ID	: 10	in	0,902	in
<i>Surface Area</i>	: 0,917	sqft/ft	1,178	sqft/ft
Panjang	: 20	ft	20	ft
Passes	: 2		1	
<i>Pressure Drop</i>	: 0,00338	psi	1,72	
BWG	: 18			
A	: 209,55	ft ²		
N	: 52	buah		
Ud	: 37,68	Btu/jam. ft ² . °F		
Uc	: 922,42	Btu/jam. ft ² . °F		
Rd	: 0,03			
Rd min	: 0,001			
Jumlah Alat	: 1	Unit		

f. Condenser – 02

Tabel 3.21 Spesifikasi Condenser – 02

Nama Alat	: <i>Condenser</i>
Kode Alat	: CD-02
Fungsi	: Mengembunkan uap produk MD-02
Jenis HE	: <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Jenis Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>

Tabel 3.21 Spesifikasi Condenser – 02 (Lanjutan)

Kondisi Operasi						
Fluida Panas						
Tekanan, Pt	: 1	atm				
Suhu Masuk, t1	: 194	C	467,37	K	381,60	F
Suhu Keluar, t2	: 182	C	455,48	K	360,19	F
Fluida Dingin						
Media Pendingin	: <i>Cooling water</i>					
Suhu Masuk, T1	: 20	C	293,15	K	68	F
Suhu Keluar, T2	: 60	C	323,15	K	140	F
Massa Pendingin	: 121.382,87 Kg/jam					
	<i>Tube</i>			<i>Shell</i>		
Fluid	: <i>Water</i>			: <i>Product</i>		
ID	: 13,25	in		0,9		in
<i>Surface Area</i>	: 0,917	sqft/ft		1,178		sqft/ft
Panjang	: 20	ft		20		ft
Passes	: 2			1		
<i>Pressure Drop</i>	: 0,0004	psi		9,94		psi
BWG	: 18					
A	: 1.095	ft ²				
N	: 106	buah				
Ud	: 96,61	Btu/jam. ft ² . °F				
Uc	: 228,88	Btu/jam. ft ² . °F				
Rd	: 0,006					
Rd min	: 0,001					
Jumlah Alat	: 1	Unit				

g. Furnace – 01

Tabel 3.22 Spesifikasi *Furnace* – 01

Nama Alat	: <i>Furnace</i>					
Kode Alat	: FR-01					
Fungsi	: Memanaskan keluaran filter berupa zeolite dan impuritasnya					
Jenis <i>Furnace</i>	: <i>Fire Box Furnace</i>					
Jenis Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>					
Jumlah Alat	: 1					
Kondisi Operasi						
Tekanan, Pt	: 1	atm				
Suhu Masuk, t1	: 30	C	303,15	K	86	F
Suhu Keluar, t2	: 550	C	823,15	K	1022	F
Dimensi Furnace						
Panjang	: 12	ft	3,66	m		
Lebar	: 2	ft	0,609	m		
Tinggi	: 10	ft	3,048	m		
Volume	: 240	ft ³	6,796	m		
Dimensi Stack						
ID	: 3,3	in	1,006	m		
Tinggi	: 3,14	ft	0,958	m		
Isolasi						
Bahan Isolasi	: <i>Kaolin Insulating Firebrick</i>					
Tebal Isolasi	: 0,12	in	0,0031	m		

3.4 Neraca Massa

Neraca massa merupakan perhitungan kuantitatif dari semua bahan-bahan yang masuk, keluar, terakumulasi, serta terbuang dalam sebuah sistem. Perhitungan neraca digunakan untuk mencari variabel proses yang belum diketahui, berdasarkan data variable proses yang telah ditentukan/diketahui. Terdapat beberapa komponen yang berpengaruh dalam neraca massa, diantaranya:

3.4.1 Neraca Massa di Reaktor

Tabel 3. 23 Neraca massa di Reaktor

Komponen	Input (Kg/Jam)			Output (Kg/Jam)
	Arus 1	Arus 2	Arus 3	Arus 4
C ₆ H ₅ OH	2.222,202			444,440
CH ₃ COOH		1.418,427		283,685
CH ₃ COOC ₆ H ₅				2.572,081
H ₂ O	22,446	2,843		365,712
Zeolite H-β			141,843	141,843
Total	2.244,649	1.421,270	141,843	3.807,761
	3.807,761			3.807,761

3.4.1 Neraca Massa di Filter – 01

Tabel 3.24 Neraca massa di Filter – 01

Komponen	Input (Kg/Jam)	Output (Kg/Jam)	
	Arus 4	Arus 5 (Top)	Arus 6 (Bottom)
C ₆ H ₅ OH (l)	444,440	439,996	4,444
CH ₃ COOH (l)	283,685	280,849	2,837
CH ₃ COOC ₆ H ₅ (l)	2.572,081	2.546,360	25,721
H ₂ O (l)	365,712	362,054	3,657
Zeolite H-β (s)	141,843	0,000	141,843
Total	3.807,761	3.629,259	178,502
	3.807,761	3807,761	

3.4.2 Neraca Massa di Menara Distilasi 1

Tabel 3.25 Neraca massa di Menara Distilasi – 01

Komponen	Input (Kg/Jam)	Output (Kg/Jam)	
	Arus 5	Arus 7 (D)	Arus 8 (B)
H ₂ O	362,054	362,054	0,000
CH ₃ COOH	280,849	278,040	2,808
C ₆ H ₅ OH	439,996	4,400	435,596
CH ₃ COOC ₆ H ₅	2.546,360	0,000	2.546,360
Total	3.629,259	644,494	2.984,765
	3.629,259	3.629,259	

3.4.3 Neraca Massa di Menara Distilasi 2

Tabel 3.26 Neraca massa di Menara Distilasi – 02

Komponen	Input (Kg/Jam)	Output (Kg/Jam)	
	Arus 8	Arus 9 (D)	Arus 10 (B)
H ₂ O	0,000	0,000	0,000
CH ₃ COOH	2,808	2,808	0,000
C ₆ H ₅ OH	435,596	431,240	4,356
CH ₃ COOC ₆ H ₅	2.546,360	25,464	2.520,897
Total	2.984,765	459,512	2.525,2525
	2.984,765	2.984,765	

3.4.4 Neraca Massa di Furnace – 01

Tabel 3.27 Neraca massa di Furnace – 01

Komponen	Input (Kg/Jam)	Output (Kg/Jam)	
	Arus 6	Arus 11 (V)	Arus 12 (B)
C ₆ H ₅ OH (g)	4,444	4,444	0,000
CH ₃ COOH (g)	2,837	2,837	0,000
CH ₃ COOC ₆ H ₅ (g)	25,721	25,721	0,000
H ₂ O (g)	3,657	3,657	0,000
Zeolite H-β (s)	141,843	0,000	141,843
Total	178,502	36,659	141,843
	178,502	178,502	

3.5 Neraca Panas

Neraca panas merupakan perhitungan kesetimbangan energi dalam sebuah sistem. Neraca panas dibuat berdasarkan pada hukum pertama termodinamika. Terdapat beberapa komponen yang berpengaruh dalam neraca panas, diantaranya:

3.5.1 Neraca Panas di Reaktor – 01

Tabel 3.28 Neraca panas di Reaktor – 01

Komponen	Masuk (kJ/Jam)	Keluar (kJ/Jam)
Q1	24.790,423	
Q2	15.312,175	
Q3	54.942,157	
Q4		90.832,049
Q Reaksi	137.459,782	
Sub total	232.504,537	90.832,049
Qw Pendingin		141.672,488
Total	232.504,537	232.504,537

3.5.1 Neraca Panas di Reaktor – 02

Tabel 3.29 Neraca panas di Reaktor – 02

Komponen	Masuk (kJ/Jam)	Keluar (kJ/Jam)
Q1	24.790,423	
Q2	15.312,175	
Q3	54.942,157	
Q4		90.832,049
Q Reaksi	26.999,139	
Sub total	122.043,894	90.832,049
Qw Pendingin		31.211,845
Total	122.043,894	122.043,894

3.5.2 Neraca Panas di Menara Distilasi – 01

Tabel 3.30 Neraca panas di Menara Distilasi – 01

Komponen	Masuk (kJ/Jam)	Keluar (kJ/Jam)
Q Umpan	1.659.688,13	
Q Distilat		391.329,20
Q Bottom		3.816.268,81
Q Reboiler	4.951.484,77	
Q Condenser		2.403.574,89
Total	6.611.172,90	6.611.172,90

3.5.3 Neraca Panas di Menara Distilasi – 02

Tabel 3.31 Neraca panas di Menara Distilasi – 02

Komponen	Masuk (kJ/Jam)	Keluar (kJ/Jam)
Q Umpan	27.395,83	
Q Distilat		1.929.361,32
Q Bottom		3.425.084,50
Q Reboiler	25.617.473,43	
Q Condenser		20.290.423,45
Total	25.644.869,26	25.644.869,26

3.5.4 Neraca Panas di *Furnace*

Tabel 3.32 Neraca panas di *Furnace* – 01

Komponen	Masuk (kJ/Jam)	Keluar (kJ/Jam)
Q Umpan	12.224.426,65	
Q Pemanas	2.984.121,65	
Q <i>Furnace</i>		15.208.548,29
Total	15.208.548,29	15.208.548,29

3.5.5 Neraca Panas di Heater – 01

Tabel 3.33 Neraca panas di *Heater* – 01

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q1	48.322,69	0,00
Q2		975.226,14
Q <i>Steam</i>	926.903,45	0,00
Total	975.226,14	975.226,14

3.5.6 Neraca Panas di Cooler – 01

Tabel 3.34 Neraca panas di *Cooler* – 01

Komponen	Masuk (kJ/Jam)	Keluar (kJ/Jam)
Q1	417.935,859	
Q2		22.745,170
Q Pendingin		395.190,689
Total	417.935,859	417.935,859

3.5.7 Neraca Panas di Cooler – 02

Tabel 3.35 Neraca panas di *Cooler* – 02

Komponen	Masuk (kJ/Jam)	Keluar (kJ/Jam)
Q1	173.584,932	
Q2		5.073,070
Q Pendingin		168.511,862
Total	173.584,932	173.584,932

3.5.8 Neraca Panas di Cooler – 03

Tabel 3.36 Neraca panas di Cooler – 03

Komponen	Masuk (kJ/Jam)	Keluar (kJ/Jam)
Q1	751.940,647	
Q2		19.949,519
Q Pendingin		731.991,127
Total	751.940,647	751.940,647

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Penentuan Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik merupakan salah satu faktor penting untuk keberlangsungan suatu pabrik. Terdapat beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan untuk menentukan lokasi yang tepat bagi pabrik agar dapat berjalan semestinya yaitu, pasar, ketersediaan bahan baku dan utilitas. Berdasarkan pertimbangan faktor-faktor tersebut, maka Pabrik Fenil Asetat direncanakan didirikan di daerah Karanganyar, Jawa Tengah.



Gambar 4.1 Rencana lokasi peabrik fenil asetat

Pemilihan lokasi pabrik dipilih dengan melakukan beberapa pertimbangan dan telah memenuhi berbagai pertimbangan tersebut antara lain sebagai berikut.

4.1.1 Lokasi Daerah

Fenil asetat merupakan salah satu bahan tambahan untuk antiprespirant, parfume, dan body lotion. Sehingga untuk pendistribusian produk dapat dilakukan pada perusahaan yang bergerak pada sektor yang menghasilkan produk kosmetik wewangian seperti PT Unilever Indonesia, PT Martina Berto Tbk, PT Paragon Technology and Innovation, dan pada sektor yang membutuhkan fenil asetat sebagai sistesis kimia seperti PT Kimia Farma, PT Kalbe Farma, PT Lautan Luas Tbk. Selain itu fenil asetat juga di ekspor untuk negara seperti Jepang dan USA sebagai negara yang sering melakukan impor fenil asetat.

4.1.2 Ketersediaan Bahan Baku

Pabrik ini menggunakan bahan baku utama berupa asam asetat yang diproduksi oleh PT Acidatama, Tbk yang memproduksi asam asetat sebanyak 40.000 Ton/Tahun yang berada di satu daerah yang sama dengan pabrik yang ingin dirancang, sehingga proses transportasi bahan baku mudah. Kemudian untuk bahan baku fenol akan diimpor dari perusahaan INEOS Singapore.

4.1.3 Sarana Transportasi

Pendirian pabrik yang strategis termasuk kemudahan dalam mendistribusikan produk maupun memasok bahan baku merupakan langkah penting dalam merencanakan lokasi suatu pabrik. Hal tersebut bertujuan untuk memudahkan transportasi dan meminimalkan biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan ataupun karyawan. Selain dekat dengan jalan

tol sebagai kemudahan untuk transport antar daerah, Lokasi pabrik juga tidak begitu jauh dari Pelabuhan Tanjung Emas Semarang sehingga tidak memerlukan waktu yang cukup lama untuk melakukan ekspor jalur laut.

4.1.4 Utilitas

Pendirian suatu pabrik yang dekat dengan sumber air dapat mengunungkan dari segi untuk kebutuhan utilitas. Lokasi pabrik terletak dengan salah satu sumber air yaitu Bengawan Solo sehingga akan mempermudah jalannya suatu pabrik yang membutuhkan air dalam jumlah yang cukup besar seperti untuk kebutuhan proses produksi dan aktivitas kantor.

4.1.5 Ketersediaan Kawasan dan Sumber Daya Manusia

Pemilihan lokasi pendirian pabrik dirancang tidak terlalu dekat pemukiman padat penduduk sehingga tidak mengganggu aktivitas warga sekitar. Selain itu, lokasi pabrik berdiri bersebelahan dengan PT. Indo Acidatama Tbk yang menunjukkan bahwa lokasi cukup baik untuk pendirian suatu pabrik.

Menurut data Badan Pusat Statistik Kabupaten Karanganyar, 2024 menyebutkan bahwa jumlah pencari kerja yang terdaftar dan yang ditempatkan menurut tingkat pendidikan yang ditamatkan di Kabupaten Karanganyar pada tahun 2023 berjumlah 1.121 pencari kerja dengan variasi kategori pendidikan yang ditamatkan dari sekolah dasar hingga perguruan tinggi. Walaupun potensi ini tidak dapat menunjukan jumlah pasti yang memiliki keahlian yang diinginkan, hal ini menunjukan perekrutan SDM

dari Kabupaten Karanganyar sendiri memungkinkan pencarian tenaga kerja di sekitar lokasi pabrik.

4.1.6 Pengaruh Lingkungan dan Limbah

Pabrik tentu akan menghasilkan limbah maka dari itu aspek pengaruh lingkungan dan limbah perlu diperhatikan. Pembuangan limbah yang sembarangan akan menimbulkan dampak secara langsung dan tidak langsung terutama aspek Kesehatan bagi penduduk yang masih dekat dengan lokasi pabrik. Pabrik fenil asetat sendiri tidak memiliki jumlah limbah yang banyak namun pengolahannya harus tetap diperhatikan.

4.1.7 Faktor Ekonomi dan Hukum

Lokasi pabrik yang direncanakan berada di Kecamatan Kemiri, Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah, sehingga harus memenuhi ketentuan yang berlaku di daerah tersebut. Adapun pabrik/kilang termasuk dalam kegiatan usaha bisnis menurut Dasar Hukum Perda Nomor 3 Tahun 2012 Tentang Pajak Bumi dan Bangunan Perdesaan dan Perkotaan bahwa Pajak Bumi dan Bangunan Perdesaan dan Perkotaan yang selanjutnya disebut Pajak adalah pajak atas bumi dan/atau bangunan yang dimiliki, dikuasai, dan/atau dimanfaatkan oleh orang pribadi atau badan, kecuali kawasan yang digunakan untuk kegiatan usaha perkebunan, perhutanan, dan pertambangan.

Nilai Jual Objek Pajak, yang selanjutnya disingkat NJOP, adalah harga rata-rata yang diperoleh dari transaksi jual beli yang terjadi secara wajar, dan bilamana tidak terdapat transaksi jual beli, NJOP ditentukan

melalui perbandingan harga dengan Objek lain yang sejenis, atau nilai perolehan baru, atau NJOP pengganti.

- a. untuk NJOP sampai dengan Rp.1.000.000.000,00 (satu milyar rupiah) ditetapkan sebesar 0,1 % (nol koma satu persen) per tahun;
- b. untuk NJOP diatas Rp.1.000.000.000,00 (satu milyar rupiah) ditetapkan sebesar 0,2 % (nol koma dua persen) per tahun.

Tarif pajak berdasarkan peraturan UU No.12 Tahun 1994 tentang Pajak Bumi dan Bangunan lahan industri diperoleh dari hasil kali Nilai Jual Kena Pajak (NJKP) dengan tarif sebesar 0,5%.

Pembangunan pabrik ini berpengaruh besar pada sektor perekonomian terutama di daerah lokasi pabrik didirikan. Meningkatnya lapangan pekerjaan dapat menaikkan rata-rata penghasilan sehingga supply demand juga dapat meningkat. Hal tersebut menyebabkan *multiplier effect* bagi pertumbuhan ekonomi daerah maupun nasional.

4.2 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik adalah metode untuk menyusun dan mengatur fasilitas-fasilitas yang ada di dalam pabrik dengan tujuan meningkatkan efisiensi proses produksi. Dalam tata letak pabrik, direncanakan penggunaan ruangan yang tepat untuk melakukan seluruh aktivitas di dalam pabrik, termasuk kantor, gudang, ruang produksi, dan berbagai fasilitas lain yang terlibat dalam proses pembuatan produk. Beberapa faktor yang menjadi pertimbangan dalam menentukan tata letak pabrik (Peters, 2004) adalah sebagai berikut:

1. Alur proses produksi, urutan rangkaian proses produksi harus dipertimbangkan untuk memastikan aliran material yang efisien dan lancar.
2. Perluasan lokasi, kemungkinan perluasan lokasi pabrik juga harus dipertimbangkan agar dapat menampung pertumbuhan perusahaan di masa depan.
3. Distribusi ekonomis, tata letak harus mempertimbangkan distribusi yang ekonomis untuk bahan baku, pasokan air, *steam* process, dan tenaga listrik agar efisiensi produksi dapat tercapai.
4. Pemeliharaan dan perbaikan, fasilitas pemeliharaan dan perbaikan komponen pabrik harus diperhitungkan agar proses perawatan berjalan dengan baik.
5. Keamanan dan keselamatan kerja, aspek keselamatan dan keamanan kerja harus menjadi prioritas dalam desain tata letak untuk mencegah risiko kecelakaan dan cedera.
6. Kondisi bangunan, luas, kondisi, dan konstruksi bangunan harus memenuhi syarat untuk menjamin keselamatan dan keandalan operasional pabrik.
7. Fleksibilitas tata letak, perencanaan tata letak harus fleksibel sehingga dapat menyesuaikan diri dengan kemungkinan perubahan proses atau mesin tanpa memerlukan biaya yang tinggi.
8. Pengelolaan limbah cair, pembuangan limbah cair harus diatur dengan baik agar memenuhi standar lingkungan dan hukum yang berlaku.

9. Service area, ruang ibadah, kantin, toilet, tempat parkir, dan fasilitas lainnya harus diatur dengan baik sehingga mudah diakses dan berada tidak jauh dari lokasi kerja.

Penting untuk mempertimbangkan semua faktor di atas dalam proses perencanaan tata letak pabrik agar dapat menciptakan lingkungan kerja yang aman, efisien, dan produktif.

Berikut merupakan beberapa keuntungan pengaturan tata pabrik yang baik (Peters, 2018):

1. Mengurangi jarak antara transportasi dan produksi, sehingga dapat mengurangi material handling,
2. Mengurangi biaya produksi
3. Meningkatkan keselamatan kerja

Berikut merupakan hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan tata letak pabrik adalah sebagai berikut;

1. Perluasan Pabrik

Perluasan pabrik harus diperhitungkan pada proses perancangan pabrik sebagai langkah preventif apabila dikemudian hari akan adanya peningkatan jumlah produksi. Penentuan lahan tersebut harus mempertimbangkan faktor seperti jumlah penambahan alat, jarak antara pabrik dan pemukiman sekitar atau fasilitas publik, akses karyawan serta akses kendaraan pabrik.

2. Keamanan

Keamanan merupakan hal yang perlu diperhatikan saat merencanakan tata letak pabrik karena bersifat krusial seperti adanya kemungkinan bahaya kebakaran, ledakan, asap/gas beracun. Untuk itu perlu memperhatikan penempatan alat-alat pengaman, penampungan air yang cukup, jalur evakuasi, titik kumpul. Tangki penyimpanan bahan baku ataupun produk juga perlu diperhatikan penempatannya.

3. Luas Area

Luas area tanah harus diperhatikan untuk efisiensi pemakaian gedung yang yang dibangun. Luas area untuk area utama seperti area produksi, perkantoran, koperasi, kantin dan mess karyawan ataupun area layanan umum perlu dilakukan perhitungan supaya dapat dimaksimalkan pemakaiannya sesuai dengan luas area yang tersedia.

4. Bangunan

Bangunan harus memenuhi standar dan perlengkapan seperti adanya ventilasi, instalasi sesuai dengan syarat standar bangunan layak.

5. Instalasi dan Utilitas

Pemasangan dan distribusi seperti gas, *steam*, dan listrik pada area-area yang diperlukan dan penempatan alat proses sehingga karyawan dapat menjangkau dengan mudah. Kemudian lokasi utilitas seperti area penyedia air, *steam*, air pendingin, dan listrik juga perlu diperhatikan.

6. Jaringan Jalan Raya

Untuk pengangkutan bahan, keperluan perbaikan, pemeliharaan dan keselamatan kerja, maka di antara daerah proses dibuat jalan yang cukup untuk memudahkan mobil keluar masuk, sehingga bila terjadi suatu bencana maka jalur evakuasi dan proses penanggulangan bencana dapat berjalan baik.

7. Daerah Proses

Daerah di mana peralatan dan proses produksi berlangsung. Daerah ini juga mempertimbangkan kemungkinan perluasan pabrik di masa depan. Ruang kontrol berfungsi sebagai pusat pengendalian seluruh proses produksi.

8. Daerah Pergudangan, Bengkel, Garasi dan Loading Space

Daerah yang digunakan untuk menyimpan barang-barang produksi, bengkel perbaikan, garasi, dan tempat loading atau muat-muat barang.

9. Daerah Pengolahan Limbah

Daerah ini khusus digunakan untuk memproses dan membuang limbah hasil dari proses produksi, sehingga mematuhi peraturan dan standar lingkungan yang berlaku.

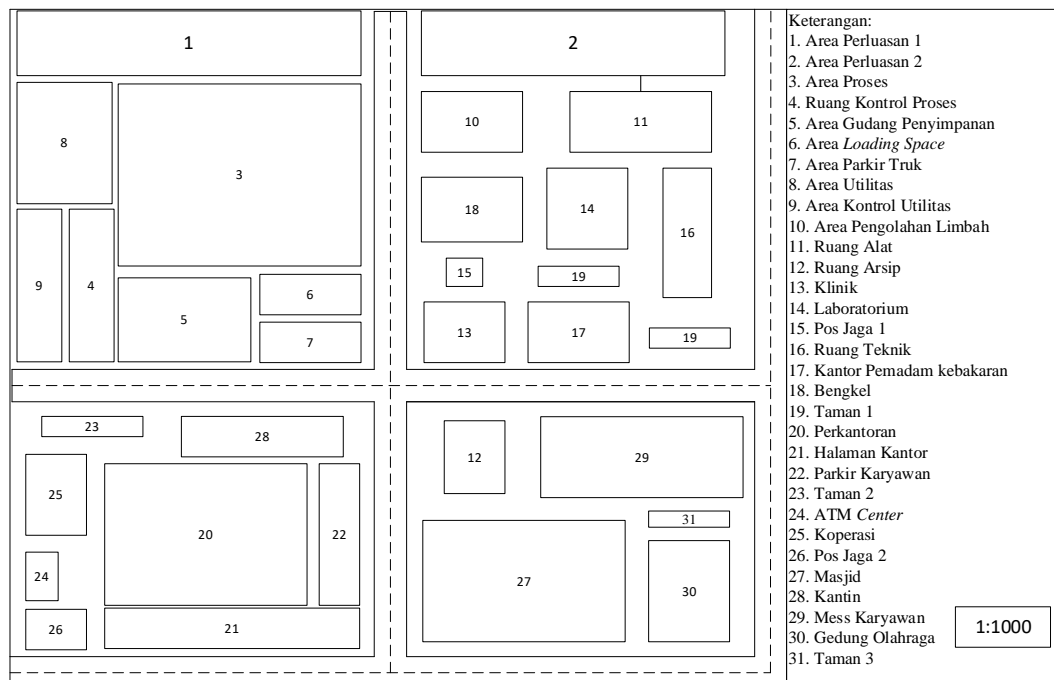
Berikut merupakan perincian luas tanah sebagai bangunan pabrik dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Rincian penggunaan area pabrik

No	Nama Lokasi	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
1	Area perluasan 1	38	7	266
2	Area perluasan 2	34	7	238
3	Area proses	27	20	540
4	Ruang kontrol proses	5	17	85
5	Area gudang penyimpanan	15	9	135
6	Area <i>loading space</i>	11	5	55
7	Area parkir truk	11	5	55
8	Area utilitas	10	14	140
9	Area kontrol utilitas	5	17	85
10	Area pengolahan limbah	11	7	77
11	Ruang alat	16	7	112
12	Ruang arsip	7	8	56
13	Klinik	9	7	63
14	Laboratorium	9	9	81
15	Pos jaga 1	4	3	12
16	Ruang teknik	5	15	75
17	Kantor pemadam kebakaran	11	7	77
18	Area bengkel	11	7	77
19	Taman 1	9	2	18
20	Perkantoran	23	16	368
21	Halaman kantor	29	4	116
22	Parkir karyawan	4	16	64
23	Taman 2	11	2	22
24	ATM <i>Center</i>	3	5	15
25	Koperasi	6	9	54

Tabel 4.1 Rincian penggunaan area pabrik

No	Nama Lokasi	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
26	Pos jaga 2	6	4	24
27	Masjid	22	14	308
28	Kantin	18	4	72
29	Mess karyawan	23	9	207
30	Gedung olahraga	9	11	99
31	Taman 3	9	2	18
Luas Total Bangunan		3614		
Luas Tanah		30720		



Gambar 4.2 Layout unit fenil asetat

4.3 Tata Letak Mesin

Dalam suatu perancangan pabrik, tata letak dari suatu alat proses pabrik harus diperhatikan agar dapat mempermudah masuknya bahan baku menjadi produk. Hal-hal yang perlu diperhatikan antara lain:

1. Aliran Bahan Baku dan Produk

Jalannya aliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar. Aliran bahan baku dan produk yang baik dapat menunjang keamanan dan kelancaran produksi, serta memberikan keuntungan yang besar.

2. Aliran Udara

Kelancaran aliran udara di dalam dan sekitar area proses perlu diperhatikan. Dengan tujuan menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat sehingga menyebabkan akumulasi bahan kimia yang dapat mengancam keselamatan kerja.

3. Pencahayaan

Pencahayaan seluruh area pabrik harus memadai. Dan untuk area proses yang beresiko tinggi harus diberi pencahayaan lebih.

4. Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan

Dalam perancangan *layout* pabrik, lalu lintas manusia dan kendaraan perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan mudah dan cepat. Dengan tujuan dapat memperbaiki alat proses yang mengalami gangguan dengan cepat, selain itu keamanan para pekerja selama menjalankan tugasnya perlu diprioritaskan.

5. Pertimbangan Ekonomi

Penempatan alat-alat proses diusahakan dapat menekan biaya operasi serta menjamin kelancaran dan keamanan produksi pabrik, dari segi ekonomi, hal tersebut dapat menguntungkan.

6. Jarak antar Alat Proses

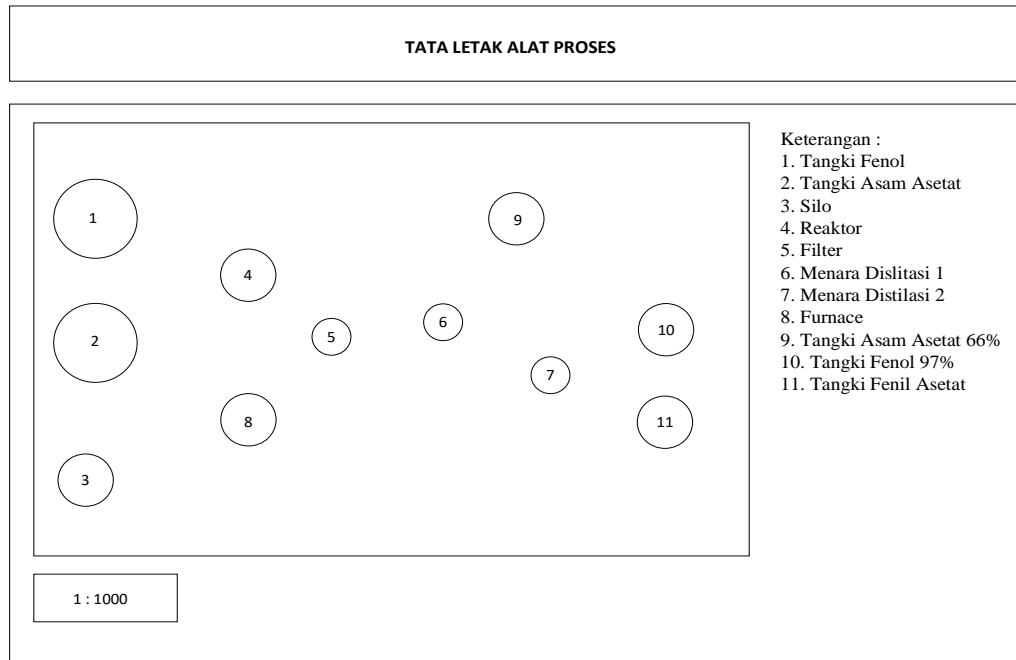
Alat proses yang memiliki suhu dan tekanan operasi tinggi sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya, hal tersebut dapat meminimalisir kerusakan yang diakibatkan oleh ledakan atau kebakaran pada alat tersebut. Beberapa manfaat perancangan tata letak alat-alat proses:

- Menjamin kelancaran proses produksi
- Memanfaatkan luas lahan yang tersedia dengan efektif

7. *Maintenance*

Maintenance berguna untuk menjaga sarana dan fasilitas peralatan pabrik dengan cara pemeliharaan dan perbaikan alat agar produksi dapat berjalan dengan lancar dan produktivitas menjadi tinggi sehingga akan tercapai target produksi dan spesifikasi bahan baku yang diharapkan.

Berikut merupakan *layout* tata letak alat proses pabrik:



Gambar 4.3 Tata letak alat proses

4.4 Organisasi Perusahaan

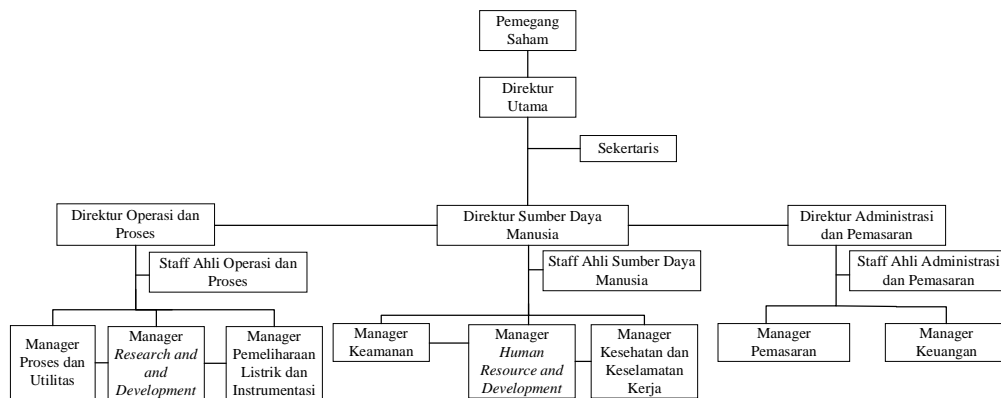
4.4.1 Bentuk Organisasi

Sebagai salah satu faktor yang menunjang kemajuan perusahaan, struktur organisasi perusahaan erat kaitannya dengan kelancaran komunikasi yang akan mempengaruhi kinerja seluruh karyawan di perusahaan. Pabrik unit fenil asetat ini akan didirikan dalam bentuk Perseroan Terbatas (PT). Perseroan terbatas adalah badan hukum yang merupakan persekutuan modal, didirikan berdasarkan perjanjian, melakukan kegiatan usaha dengan modal dasar yang seluruhnya terbagi dalam saham. Pemegang saham perseroan tidak bertanggung jawab secara pribadi atas perikatan yang dibuat atas nama Perseroan dan tidak bertanggung jawab atas kerugian perseroan melebihi saham yang dimiliki.

Pemilihan bentuk perusahaan dalam Perseroan Terbatas memiliki beberapa alasan sebagai berikut:

1. Kemudahan dalam memperoleh modal dengan sistem penjualan saham perusahaan di pasar modal dan kredit dari bank dengan jaminan perusahaan.
2. Pemegang saham memiliki tanggung jawab yang terbatas sehingga kelancaran produksi berada di tangan pimpinan perusahaan.
3. Pemilik perusahaan (pemegang saham) dan pengurus perusahaan (direksi beserta jajaran staf dibawah pengawasan dewan komisaris) terpisah satu sama lain sehingga keberlangsungan hidup perusahaan lebih terjamin karena tidak akan berpengaruh apabila pemegang saham, direksi beserta staffnya berhenti.
4. Efisiensi dari manajemen dimana para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan komisaris dan direktur utama yang cukup cakap dan berpengalaman.
5. Perseroan terbatas dapat menarik modal yang besar dari masyarakat sehingga dapat memperluas lapangan usaha.
6. Bidang usaha yang kekayaan pribadi terpisah dari kekayaan perusahaan.

4.4.2 Struktur Organisasi



Gambar 4.4 Struktur organisasi perusahaan

4.4.3 Tugas dan Wewenang

1. Dewan Komisaris

Dewan komisaris dipilih oleh seluruh anggota pemegang saham melalui Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Umumnya anggota dewan komisaris terdiri dari orang maupun badan hukum pemegang saham mayoritas di perusahaan atau memiliki pengalaman dalam perusahaan. Dewan komisaris memiliki beberapa tugas diantaranya:

- a. Mengawasi dan mengevaluasi kinerja direktur
- b. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijakan umum, target laba perusahaan, alokasi sumber-sumber dana, dan pengarahannya pemasaran.
- c. Membantu direktur dalam kegiatan penting.
- d. Melakukan pengawasan terhadap pelaksanaan rencana jangka Panjang

- e. Perusahaan (RJPP) dan Rencana Kerja dan Anggaran Perusahaan (RKAP).
- f. Mengkaji sistem manajemen perusahaan.
- g. Memantau efektivitas penerapan Good Corporate Governance dan melaporkannya dalam RUPS.

2. Direktur Utama

Sebagai pemegang jabatan tertinggi dalam perusahaan, direktur utama memiliki tanggungjawab terhadap kestabilan dan kesuksesan perusahaan sesuai dengan target yang ditetapkan dalam RUPS. Direktur utama bertanggungjawab kepada dewan komisaris atas segala tindakan serta kebijakan yang diambil sebagai pimpinan perusahaan. Selain itu direktur utama memiliki tugas sebagai berikut:

- a. Memimpin dan mengembangkan perusahaan secara efektif dan efisien.
- b. Menyampaikan laporan kinerja perusahaan kepada pemegang saham.
- c. Merancang dan menjalankan kebijakan umum pabrik berdasarkan kebijakan yang ada dalam RUPS.
- d. Mengangkat dan memberhentikan Kepala Bagian atas persetujuan dewan komisaris dalam rapat pemegang saham
- e. Merencanakan serta mengawasi pelaksanaan tugas dan tanggungjawab setiap orang dalam perusahaan.

- f. Menjalin kerjasama dan mewakili perusahaan dalam hubungan maupun perjanjian dengan pihak luar perusahaan.

3. Sekretaris

Sekretaris akan dipilih secara langsung oleh direktur utama. Sekretaris bertugas dan bertanggungjawab dalam membantu kelancaran administrasi perusahaan, mencatat hasil dari berbagai rapat penting perusahaan termasuk RUPS, berkomunikasi dengan berbagai pihak, melakukan pengarsipan file dan dokumen perusahaan, membuat penjadwalan perusahaan dan supervisi terhadap karyawan baru.

4. Direktur *Plant*

Direktur *plant* bertanggungjawab langsung kepada direktur utama terkait segala urusan mengenai proses operasi dalam pabrik. Terdapat beberapa tugas yang dilimpahkan kepada direktur *plant* seperti mengepalai seluruh pelaksanaan kegiatan perusahaan yang berkaitan dengan sektor produksi, operasi, teknik, utilitas, pengembangan, pemeliharaan, pengadaan dan laboratorium. Direktur ini akan membawahi beberapa bidang seperti proses dan utilitas, *research and development*, serta pemeliharaan listrik dan instrumentasi.

a. Kepala Bagian Proses dan Utilitas

Memiliki tugas dan wewenang dalam menjalankan dan mengawasi proses produksi, mengawasi penyediaan

bahan baku serta penanganan kelancaran utilitas. Dalam menjalankan tugasnya, kepala bagian proses dan utilitas akan dibantu oleh beberapa divisi seperti divisi produksi, divisi utilitas dan pengolahan limbah, dan divisi control room.

b. Kepala Bagian *Research and Development*

Memiliki tugas dan wewenang evaluasi produk sebelum, selama dan setelah proses produksi untuk memastikan kualitasnya sesuai dengan standar, mengembangkan strategi untuk memperbaiki dan meningkatkan kualitas produk, menetapkan prosedur pengujian produk dan mempelajari perkembangan teknologi untuk peningkatan kualitas produk. Dalam menjalankan tugasnya, kepala bagian *research and development* akan dibantu oleh beberapa divisi yaitu divisi laboratorium, divisi *quality control* dan divisi penelitian proses dan teknologi.

c. Kepala Bagian Pemeliharaan Kelistrikan dan Instrumentasi

Memiliki tugas dan wewenang dalam pengawasan dan pelaksanaan pemeliharaan peralatan pabrik dan instrumentasi kelistrikan. Dalam menjalankan tugasnya, kepala bagian pemeliharaan kelistrikan dan instrumentasi

akan dibantu oleh beberapa divisi yaitu divisi instrumentasi kelistrikan dan divisi perawatan pabrik.

5. Direktur Sumber Daya Manusia

Direktur Sumber Daya Manusia bertanggungjawab langsung kepada direktur utama terkait pengembangan dan pengelolaan SDM. Tugas yang dimiliki mengenai personalia, keamanan, humas, dan keselamatan kerja serta memimpin segala kegiatan yang berhubungan dengan tugasnya. Direktur ini akan membawahi beberapa bidang seperti kesehatan dan keselamatan kerja (K3), *human resource and development*, dan keamanan.

a. Kepala Bagian K3

Memiliki tugas dan wewenang dalam memastikan perusahaan telah menerapkan program K3 secara baik, mengelola program K3 serta penerapannya secara efektif, melakukan analisa risiko kerja dalam perusahaan dan memastikan setiap tenaga kerja bekerja sesuai dengan Standar Operasional Prosedur (SOP) yang ada.

b. Kepala Bagian *Human Resource and Development* (HRD)

Memiliki tugas dan wewenang dalam pengembangan kebijakan SDM, mengelola proses rekrutmen dan seleksi, merancang pelatihan dan pengembangan SDM, manajemen kinerja dan konflik, serta merancang dan mengimplementasikan program penghargaan dan

kompensasi. Dalam menjalankan tugasnya, kepala bagian HRD akan dibantu oleh beberapa divisi yaitu divisi pelatihan tenaga kerja dan divisi personalia.

c. Kepala Bagian Keamanan

Memiliki tugas dan wewenang dalam melakukan pemeriksaan keamanan pada area tertentu serta menjaga dan memelihara aset dan inventaris perusahaan.

6. Direktur Administrasi dan Pemasaran

Direktur administrasi dan pemasaran bertanggungjawab langsung kepada direktur utama terkait tugas utamanya mengenai perencanaan alokasi anggaran belanja dan pendapatan perusahaan, administrasi, melaksanakan strategi dan kebijakan pemasaran produk, dan pengawasan terhadap arus keuangan perusahaan. Direktur ini akan membawahi beberapa bidang seperti keuangan dan pemasaran.

a. Kepala Bagian Keuangan

Memiliki tugas dan wewenang seperti mengelola keuangan perusahaan, membuat laporan keuangan, mengelola risiko keuangan, membuat perencanaan keuangan jangka pendek dan jangka panjang serta mempertahankan hubungan dengan investor. Dalam menjalankan tugasnya, kepala bagian keuangan akan dibantu oleh beberapa divisi yaitu divisi pembelian dan divisi penjualan.

b. Kepala Bagian Pemasaran

Bertanggungjawab atas pengembangan strategi pemasaran, mengelola anggaran pemasaran, mengelola pendistribusian produk dan memonitor pasar.

7. Staff Ahli

Staff ahli berisikan tenaga ahli yang bertugas membantu direktur menjalankan tugas yang berkaitan dengan teknik, administrasi serta hukum. Staff ahli akan bertanggungjawab langsung kepada direktur bidangnya masing-masing. Tugas dari staf ahli diantaranya memberikan saran dan masukan terkait pengembangan dan perencanaan, melakukan evaluasi terhadap bidangnya dan memberikan saran hukum.

4.4.4 Pengaturan Jam Kerja

Pabrik fenil asetat direncanakan memiliki jumlah total karyawan sebanyak 128 orang dan akan beroperasi selama 24 jam sehari secara kontinyu dengan total hari kerja 330 hari dalam setahun. Waktu yang tersisa dalam setahun akan digunakan untuk keperluan perbaikan serta perawatan pabrik. Berdasarkan waktu kerjanya, karyawan diklasifikasikan menjadi dua, yaitu:

1. Karyawan Non-shift

Karyawan non shift merupakan karyawan yang melakukan aktivitas kerja selama 5 hari dalam seminggu dengan total waktu kerja selama 40 jam. Sedangkan pada hari sabtu, minggu dan hari-

hari besar karyawan non-shift libur. Karyawan non-shift tidak menangani proses produksi atau aktivitas produksi secara langsung. Karyawan non shift terdiri dari direktur utama, sekretaris, direktur, direktur, kepala bagian serta bawahan yang beraktivitas di area perkantoran. Untuk perincian lebih lanjut mengenai jam kerja karyawan non-shift dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.2 Jadwal kerja karyawan *non-shift*

Hari	Jam Kerja	Jam Istirahat
Senin - Penuliss	07.00 – 16.00	12.00 – 13.00
Jumat	07.00 – 17.30	11.30 – 14.00

2. Karyawan *Shift*

Berbeda dengan karyawan non-shift, karyawan shift memiliki kegiatan dan jam kerja yang berbeda. Karyawan shift merupakan orang-orang menangani secara langsung proses produksi dan mengatur bagian tertentu dari perusahaan yang berkaitan dengan keamanan dan kelancaran produksi selama 24 jam. Karyawan shift terdiri atas operator, bagian teknik, bagian pergudangan serta bagian lainnya yang memerlukan kesiagaan dalam penangangan dan pengawasan untuk menjaga keselamatan dan keamanan jalannya pabrik. Waktu kerja karyawan shift umumnya sama yaitu 8 jam namun akan dibagi menjadi beberapa giliran dalam kurun waktu 24 jam sehari. Jam kerja karyawan shift dalam sehari akan dibagi menjadi 3 shift yang telah dirincikan pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.3 Jadwal kerja karyawan *shift*

Hari	Jam Kerja	Jam Istirahat
<i>Shift</i> Pagi (P)	06.30 – 14.30	11.00 – 12.00
<i>Shift</i> Sore (S)	14.30 – 22.30	18.30 – 19.30
<i>Shift</i> Malam (M)	22.30 – 06.30	02.30 – 03.30

Karyawan shift akan dibagi menjadi 4 kelompok yaitu A, B, C dan D. Setiap kelompok akan dikepalai oleh satu orang. Setiap hari akan ada 3 kelompok saja yang bertugas dan 1 kelompok akan libur. Untuk kelompok yang mendapatkan shift kerja di hari libur maupun hari besar yang ditetapkan pemerintah tetap berkewajiban untuk masuk, namun kegiatan tersebut akan dihitung sebagai kerja lembur dan mendapatkan bayaran sesuai dengan jam lemburnya. Berikut ini adalah pembagian shift kerja untuk masing-masing kelompok selama 1 bulan.

Tabel 4.4 Pembagian *shift* kerja tiap kelompok

Kelompok	Tanggal														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P
B	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L
C	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S
D	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M

Tabel 4.5 Pembagian *shift* kerja tiap kelompok

Kelompok	Tanggal														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M
B	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P
C	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L
D	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S

4.4.5 Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji

Sistem pembagian gaji berdasarkan pada ketentuan jabatan atau golongan, tingkat Pendidikan, pengalaman kerja dan tingkat risiko pekerjaan yang dilakukan. Pada perusahaan ini terdapat tiga jenis pembagian gaji, yaitu:

1. Gaji Pokok

Gaji tersebut diberikan kepada karyawan tetap perusahaan dengan nominal yang sesuai dengan peraturan perusahaan serta akan dibayarkan pada tanggal 1 setiap bulannya. Berikut ini adalah nominal gaji karyawan untuk masing-masing jabatan.

Tabel 4.6 Gaji karyawan tiap jabatan

No.	Posisi	Gaji/Bulan/Orang
1	Direktur Utama	25.000.000
2	Sekretaris Direktur Utama	5.000.000
3	Staff Ahli Direktur Utama	10.000.000
4	Direktur <i>Plant</i>	20.000.000
5	Staff Ahli Direktur <i>Plant</i>	1.000.000
6	Direktur Sumber Daya Manusia	20.000.000
7	Staff Ahli Sumber Daya Manusia	10.000.000
8	Direktur Administrasi dan Pemasaran	20.000.000
9	Staff Ahli Direktur Administrasi dan Pemasaran	10.000.000
10	Kepala Bagian Proses dan Utilitas	8.000.000
11	Kepala Bagian <i>Research and Development</i> , HRD	8.000.000
12	Kepala Bagian Pemeliharaan Listrik dan Instrumentasi	8.000.000
13	Kepala Bagian Kesehatan dan Keselamatan Kerja	8.000.000
14	Kepala Bagian Keuangan+pemasaran	8.000.000
15	Kepala Bagian Pemasaran	8.000.000
16	Kepala Bagian Human Resource and Development	8.000.000
17	Kepala Bagian Keamanan	8.000.000
18	Karyawan Produksi	6.000.000
19	Karyawan <i>Control Room</i>	6.000.000
20	Karyawan <i>Quality Control</i>	6.000.000

No.	Posisi	Gaji/Bulan/Orang
21	Karyawan Laboratorium	5.000.000
22	Karyawan Penelitian Proses dan Teknologi	5.000.000
23	Karyawan Utilitas dan Pengolahan Limbah	5.000.000
24	Karyawan Perawatan Pabrik	5.000.000
25	Karyawan Instrumentasi Kelistrikan	6.000.000
26	Karyawan Kesehatan dan Keselamatan Kerja	5.000.000
27	Karyawan Keuangan+penjualan+pembelian	5.000.000
28	Karyawan Pembelian	5.000.000
29	Karywaan Penjualan	5.000.000
30	Karyawan Analisa Pasar dan Perencanaan Pemasaran	5.000.000
31	Karyawan Pelayanan Umum	5.000.000
32	Karyawan Humas	5.000.000
33	Karyawan Transportasi	5.000.000
34	Karyaran Personalia	5.000.000
35	Karyawan Gudang	5.000.000
36	Karyawan keamanan	5.000.000
37	Karyawan Pelatihan Tenaga Kerja	5.000.000
38	Dokter	6.000.000
39	Suster	4.000.000
40	Sopir	3.000.000
41	<i>Cleaning service</i>	2.000.000

2. Gaji Harian

Gaji harian akan diberikan kepada karyawan tidak tetap/buruh harian, serta karyawan borongan.

3. Gaji Lembur

Gaji ini diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja pokoknya. Gaji lembur akan diberikan minimal satu hari atau maksimal dua hari setelah kegiatan dilakukan. Penentuan nominal uang lembur didasarkan pada Peraturan Pemerintah No.35 Pasal 30 ayat 3 Tahun 2021 dengan ketentuan sebagai berikut:

- a. Jam pertama sampai dengan jam kedelapan dibayar sebesar dua kali upah sejam.
- b. Jam kesembilan dibayar sebesar tiga kali upah sejam.
- c. Jam kesepuluh, kesebelas dan kedua belas dibayar sebesar empat kali upah sejam.

Perhitungan upah kerja lembur didasarkan pada gaji bulanan yang diperoleh. Gaji perbulan yang diperoleh akan dikali dengan $1/173$ dimana angka tersebut diperoleh dari perkiraan jumlah jam kerja perminggu (40 Jam) dikali jumlah minggu dalam sebulan (4,33 minggu).

4.4.6 Fasilitas dan Hak Karyawan

Terdapat beberapa fasilitas dan hak karyawan yang wajib diberikan oleh perusahaan demi menunjang efektivitas kinerja karyawan antara lain:

1. Hak Cuti

a. Cuti Tahunan

Berdasarkan Undang-undang No. 6 Pasal 79 ayat 3 tahun 2023 tentang Cipta Kerja, seluruh karyawan mendapatkan hak cuti tahunan paling sedikit 12 hari kerja apabila yang bersangkutan telah bekerja selama 12 bulan secara terus menerus. Untuk karyawan pabrik fenil asetat akan mendapatkan hak cuti tahunan sebanyak 15 hari setiap tahunnya. Jika yang bersangkutan tidak mengambil hak cuti tahunan, maka hak tersebut akan hangus pada tahun itu dan tahun berikutnya akan mendapatkan kembali hak cuti tahunan yang sama.

b. Cuti Hamil dan Haid

Untuk karyawan/buruh perempuan berhak memperoleh istirahat selama 1,5 (satu setengah) bulan sebelum saatnya melahirkan anak dan 1,5 (satu setengah) bulan sesudah melahirkan menurut perhitungan dokter kandungan atau bidan. Sedangkan apabila mengalami keguguran kandungan, karyawan/buruh perempuan berhak memperoleh istirahat 1,5 (satu setengah) bulan atau sesuai dengan surat keterangan dokter kandungan atau bidan. Selain itu, karyawan/buruh perempuan yang dalam masa haid merasakan sakit, maka tidak wajib bekerja pada hari pertama dan kedua pada waktu haid.

2. Hari Libur Nasional

Bagi karyawan harian (*non-shift*), hari libur nasional termasuk dalam hari libur kerja. Sedangkan untuk karyawan shift, pada hari libur nasional tetap masuk kerja dengan catatan hari tersebut diperhitungkan sebagai hari kerja lembur (*overtime*) serta mendapatkan upah kerja lembur.

3. Kerja Lembur

Pemberian jam kerja lembur hanya dilakukan apabila terdapat keperluan yang mendesak dan harus segera diselesaikan serta mendapatkan persetujuan dari kepala bagian yang bersangkutan. Berdasarkan Undang-undang No. 6 Pasal 78 ayat 1 b tahun 2023 tentang Cipta Kerja, waktu kerja lembur hanya dapat dilakukan paling lama 4 jam dalam 1 hari dan 18 jam dalam 1 minggu. Karyawan yang melakukan kerja lembur berhak atas upah kerja lembur sesuai yang telah ditetapkan oleh perusahaan.

4. Jamsostek

Selain menerima gaji pokok tiap bulannya, seluruh karyawan pabrik akan mendapatkan tunjangan yang bertujuan memberikan kesejahteraan kepada karyawan. Tunjangan tersebut diantaranya:

a. Tunjangan Kesehatan

Seluruh karyawan pabrik akan mendapatkan asuransi kesehatan sesuai dengan Permenaker Nomor 5 Tahun 2021.

Berdasarkan peraturan tersebut jaminan sosial yang diperoleh diantaranya:

- Jaminan Kecelakaan Kerja
- Jaminan Hari Tua
- Jaminan Kematian

Apabila ada karyawan yang mengalami kecelakaan ataupun sakit sehingga harus mendapatkan perawatan, maka perusahaan harus mengganti keseluruhan dari biaya perawatan.

b. Tunjangan Hari Raya

Seluruh karyawan akan memperoleh tunjangan hari raya dengan besaran nominal sesuai dengan 1 bulan gaji pokok tiap tahunnya serta pemberian tunjangan minimal kepada karyawan yang sudah bekerja minimal 1 bulan. Penyerahan tunjangan hari raya dilakukan paling lambat tujuh hari sebelum hari raya.

c. Tunjangan Keluarga

Tunjangan tersebut akan diberikan kepada karyawan dengan perincian tunjangan suami/istri dan tunjangan anak (maksimal dua anak) dengan besaran 10% dan 2 % dari gaji pokok.

5. Fasilitas Penunjang Aktivitas Karyawan

Penyediaan tempat ibadah lengkap dengan sarana air serta listrik.

- a. Penyediaan fasilitas kantin.
- b. Penyediaan fasilitas poliklinik yang akan ditangani oleh dokter dan perawat.
- c. Penyediaan sarana transportasi seperti motor, sepeda, dan bus untuk keperluan tertentu.

BAB V

UTILITAS

Utilitas merupakan unit penunjang proses utama maupun sarana lain dalam pabrik. Unit utilitas pada pabrik ini terbagi atas beberapa unit sebagai berikut:

1. Unit penyediaan dan pengolahan air (*Water Treatment System*)
2. Unit pembangkit *steam* (*Steam Generation System*)
3. Unit pembangkit listrik (*Power Plant System*)
4. Unit penyediaan udara tekan (*Instrument Air System*)
5. Unit penyediaan bahan bakar
6. Unit pengolahan limbah

5.1 Unit Penyediaan dan Pengelolaan Air (*Water Treatment System*)

5.1.1 Unit Penyediaan Air

Kebutuhan air industri dapat dipenuhi dengan memanfaatkan air sungai maupun laut sebagai sumber air baku yang diolah menjadi air bersih. Sistem pengolahan disesuaikan dengan kondisi dan kandungan dari air baku. Pengolahan air baku dilakukan untuk menghindari fouling pada alat-alat pemanas dan sterilisasi untuk konsumsi. Pada pabrik ini, air yang digunakan berasal dari sungai yang mengandung pengotor dari zat yang terlarut maupun yang tidak terlarut, sehingga diperlukan proses pengolahan secara fisis dan kimia. Adapun beberapa pertimbangan dipilihnya Sungai Bengawan Solo sebagai sumber air baku dari pabrik fenil asetat adalah:

1. Sungai Bengawan Solo memiliki jarak yang relatif dekat dengan lokasi pendirian pabrik, sehingga pemanfaatan air lebih mudah.
2. Kandungan dalam air sungai membutuhkan pengolahan yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan air laut, sehingga proses pengolahan akan lebih murah.
3. Air sungai cenderung memiliki kontinuitas yang tinggi, sehingga pemenuhan air terjamin.

Proses pengolahan air baku pada pabrik ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan beberapa proses dan unit, diantaranya:

a. Air Domestik

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, kebutuhan air setiap orang di Indonesia sejumlah 60-144 liter per hari. Rincian kebutuhan air dalam pabrik meliputi:

- Kebutuhan Air Karyawan

Jumlah karyawan	=	128	orang
Kebutuhan air setiap karyawan	=	60	L/hari
Total kebutuhan air karyawan	=	7.680	kg/hari
	=	320	kg/jam

- Kebutuhan Air Perumahan

Jumlah rumah	=	35	rumah
Jumlah orang di setiap rumah	=	4	orang
Kebutuhan air setiap orang	=	60	L/hari
Total kebutuhan air perumahan	=	8.400	kg/hari
	=	350	kg/jam

Total kebutuhan air disajikan pada Tabel 5.1 sebagai berikut:

Tabel 5.1 Kebutuhan air domestik

No	Keterangan	Kebutuhan air (kg/jam)
1	Karyawan	320
2	Perumahan Karyawan	350
Total		670

b. Air Layanan Umum (*Service Water*)

Air layanan umum digunakan untuk memenuhi kebutuhan air di area pabrik dan fasilitas umum, seperti bengkel, poliklinik, laboratorium, pemadam kebakaran, kantin, musholla, dan taman.

Total kebutuhan air disajikan dalam Tabel 5.2 sebagai berikut:

Tabel 5.2 Kebutuhan *service water*

No	Keterangan	Kebutuhan Air (kg/jam)
1	Bengkel	25
2	Poliklinik	40
3	Laboratorium	60
4	Pemadam Kebakaran	45
5	Kantin	30
6	Mushola	25
7	Taman	25
Total		250

c. Air Umpan Boiler (*Boiler Feed Water*)

Air umpan boiler merupakan air yang digunakan untuk menghasilkan *steam* yang digunakan untuk menunjang kelangsungan proses produksi. Kebutuhan *steam* untuk peralatan pada pabrik ini dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Kebutuhan air umpan boiler

No	Nama Alat	Kebutuhan Air (kg/jam)
1	Heater - 01	556,00
2	Reboiler - 01	2.731,55
3	Reboiler - 02	14.132,21
Total		17.419,76

Dibutuhkan saturated *steam* dengan kondisi:

$$P = 2,79721 \text{ MPa}$$

$$T = 230 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Perancangan dibuat over design 20%, sehingga kebutuhan *steam* menjadi:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan } \textit{steam} &= 1,2 \times 17.419,76 \text{ kg/jam} \\ &= 20.903,71 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

- Blowdown
 - = 15% x kebutuhan *steam*
 - = 15% x 20.903,71 kg/jam
 - = 3.135,56 kg/jam
- *Steam* trap
 - = 5% x kebutuhan *steam*

$$= 5\% \times 20.903,71 \text{ kg/jam}$$

$$= 1.045,19 \text{ kg/jam}$$

Sehingga jumlah make-up *steam* adalah:

$$= \text{Blow down} + \text{Steam trap}$$

$$= (3.135,56 + 1.045,19) \text{ kg/jam}$$

$$= 4.180,74 \text{ kg/jam}$$

d. Air Pendingin (*Cooling Water*)

Air pendingin berperan dalam menjadi media pendingin pada proses produksi. Kebutuhan air pendinginan dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Kebutuhan air pendingin

No	Nama Alat	Kebutuhan Air (kg/jam)
1	Reaktor – 01	6.752,62
2	Reaktor – 02	1.487,67
3	Kondensor – 01	22.974,72
4	Kondensor – 02	121.382,87
5	Cooler – 01	3.773,26
6	Cooler – 02	1.608,94
7	Cooler – 03	6.989,02
Total		164.969,10

Perancangan dibuat over design 20%, sehingga kebutuhan air pendingin menjadi:

$$\text{Kebutuhan air pendingin (Wc)} = 1,2 \times 164.969,10 \text{ kg/jam}$$

$$= 197.962,92 \text{ kg/jam}$$

- Jumlah air yang menguap (W_e)

$$= 0,00085 \times W_c \times (T_{out} - T_{in})$$

$$= 0,00085 \times 197.962,92 \text{ kg/jam} \times (327,0 - 298,0) \text{ K}$$

$$= 4.879,94 \text{ kg/jam}$$

- Drift loss (W_d)

$$= 0,0002 \times W_c$$

$$= 39,59 \text{ kg/jam}$$

- Blowdown (W_b)

$$W_b = \frac{W_e - (cycle - 1) W_d}{cycle - 1}$$

Cycle yang dipilih : 4 kali

$$W_b = \frac{4.879,94 - (4 - 1) 39,59}{4 - 1}$$

$$W_b = 1.587,05 \text{ kg/jam}$$

Sehingga jumlah make-up water adalah:

$$W_m = W_e + W_d + W_b$$

$$= (4.879,94 + 39,59 + 1.587,05) \text{ kg/jam}$$

$$= 6.506,59 \text{ kg/jam}$$

Total kebutuhan air pada pabrik fenil asetat yaitu dapat dilihat pada tabel 5.5.

Tabel 5.5 Kebutuhan air total

No	Nama Alat	Kebutuhan Air (kg/jam)
1	<i>Domestic Water</i>	670,00
2	<i>Service Water</i>	250,00
3	<i>Cooling Water</i>	197.962,92
4	Air Umpan Boiler	20.903,71
Total		219.786,63

5.1.2 Unit Pengolahan Air

Unit pengolahan air bertujuan memproses air sehingga dapat digunakan dengan aman dalam menunjang proses produksi maupun kebutuhan lain di area pabrik. Air baku dari Sungai Bengawan Solo diolah secara fisik dan kimia. Beberapa tahapan dalam pengolahan air baku adalah sebagai berikut:

a. Penghisapan

Penghisapan dilakukan untuk mengambil air dari sumber menggunakan pompa. Selanjutnya air dialirkan menuju proses penyaringan.

b. Penyaringan (*Screening*)

Air baku mengandung pengotor yang tidak terlarut dan dapat dipisahkan secara fisik, seperti ranting, daun, dan sampah. Air yang lolos pada proses *screening* akan diolah pada proses selanjutnya.

c. Pengendapan Awal (*Sedimentation*)

Pada proses sedimentasi, padatan/kotoran akan dibiarkan mengendap dengan memanfaatkan gaya gravitasi. Pengotor seperti pasir dan lumpur yang terbawa air akan dipisahkan pada tahap pengendapan.

d. Bak Penggumpal

Proses koagulasi/penggumpalan dapat terjadi dengan menambahkan koagulan ke dalam air sehingga partikel pengotor akan menjadi stabil atau netral dan membentuk endapan. Koagulan yang digunakan merupakan jenis tawas atau aluminium sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$).

e. Bak Pengendap I dan II

Setelah melewati proses penggumpalan, zat pengotor akan membentuk flok-flok yang kemudian saling bergabung dan ukurannya menjadi semakin besar (flokulasi), sehingga lebih mudah mengendap. Pada proses flokulasi, kapur ditambahkan guna menghilangkan kesadahan karbonat dalam air dan membuat sifat basa sehingga mempermudah proses penggumpalan. Penambahan soda caustic (NaOH) diberikan untuk menjaga pH dalam rentang 6,5 - 7,5 sehingga proses flokulasi lebih efektif.

f. Sand Filter

Setelah melewati proses koagulasi dan flokulasi, air baku dialirkan menuju sand filter melalui bagian atas dan ke bawah. Air baku akan berkontak dengan media filter (*spheres*) yang akan

menyaring partikel pengotor seperti *suspended solid*. Air baku keluaran dari proses ini memiliki kandungan *suspended solid* kurang dari 1 ppm dan pH 6,5 - 7,5. Selanjutnya air ditampung dalam tangki penampungan sementara.

g. Tangki Penampungan Air Bersih

Air baku yang telah melalui proses penyaringan dalam sand filter, selanjutnya ditampung di dalam tangki penampungan sementara sebagai air bersih. Air ini disalurkan dan diolah lebih lanjut untuk dimanfaatkan sebagai pemenuh kebutuhan air domestik (*domestic water*), air layanan (*service water*), air pendingin (*cooling water*), dan air umpan boiler (*boiler feed water*).

h. Klorinasi

Proses klorinasi diperlukan untuk membunuh bakteri, kuman, jamur, serta mikroorganisme lainnya, sehingga air layak untuk dikonsumsi dan digunakan. Air yang telah melalui proses klorinasi akan ditampung di dalam tangki penyimpanan air bersih

i. *Cooling Tower*

Cooling tower merupakan alat yang digunakan untuk menghasilkan air dingin yang digunakan sebagai pendingin pada alat-alat proses. Air panas diolah menjadi air dingin dengan menggunakan udara sebagai pendinginnya. *Initial water* ke *cooling tower* berasal dari *filtered water storage tank* pada 50,8⁰C yang dialirkan ke atas *cooling tower*. Air akan mengalami evaporasi,

sehingga air akan mengalir melalui lubang saluran (*swirl*). Bersamaan dengan proses, akan terjadi pelepasan panas laten yang mengakibatkan sebagian air menguap, sehingga diperlukan make-up water sebagai pengganti dari penguapan. *Make-up water* juga berasal dari *filtered water storage tank*. Air yang mengalami evaporasi akan sama jumlahnya dengan *make-up water* yang masuk, sehingga perpindahan panas antara udara dan air akan tetap stabil. Suhu keluaran dari *cooling tower* akan turun menjadi 20⁰C.

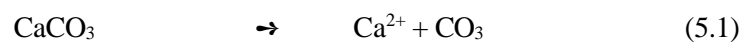
j. Demineralisasi

Proses demineralisasi diperlukan untuk menghilangkan mineral-mineral terlarut dengan proses penukaran ion, sehingga air tidak menyebabkan *fouling* pada boiler saat proses pembentukan *steam water*. Proses demineralisasi terjadi pada alat-alat berikut:

1. Kation *Exchanger*

Kation *exchanger* berperan membebaskan air dari mineral-mineral sadah seperti Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, dan lainnya.

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Dalam jangka waktu tertentu, penggantian kation resin akan diperlukan dengan menambahkan asam klorida (HCl).

2. Anion *Exchanger*

Anion *exchanger* berfungsi mengikat ion-ion negatif dalam air, seperti HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Cl^- , dan lain-lain. Ion negatif ini harus ditangkap karena jika air bersifat basa ini dipanaskan, akan berpotensi untuk membentuk gas CO_2 yang bisa menurunkan performa boiler dan alat proses lainnya. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Dalam jangka waktu tertentu, kation resin ini perlu diregenerasi dengan larutan NaOH.

3. Deaerator

Setelah melewati proses pertukaran kation dan anion, air dibersihkan dari gas seperti oksigen (O_2) dan karbon dioksida (CO_2) menggunakan hidrazin (N_2H_4). Gas tersebut dapat menyebabkan korosi pada boiler. Dengan menambahkan hidrazin, oksigen dapat diikat melalui reaksi berikut:



5.2 Unit Pembangkit *Steam*

Kebutuhan *steam* dicukupi melalui unit pembangkit *steam* dengan adanya ketel uap (boiler) dengan spesifikasi sebagai berikut:

Kapasitas : 20.903,71 kg/jam

Jenis : *fired tube boiler*

Jumlah : 1

Boiler dilengkapi sistem pengaman-pengaman yang bekerja secara otomatis, seperti *economizer safety valve*. Sebelum digunakan sebagai umpan boiler, ditambahkan bahan-bahan kimia ke dalam *feed* untuk mengatur kadar silika, O₂, Ca, dan Mg. Selain itu, pH dipertahankan pada rentang 10,5-11,5. Nilai pH yang terlalu tinggi akan meningkatkan korosifitas air.

Di dalam boiler, api yang keluar dari alat pembakaran (*burner*) bertugas untuk memanaskan lorong api dan pipa-pipa api. Gas sisa pembakaran ini masuk ke *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap, sehingga air di dalam boiler menyerap panas dari dinding-dinding dan pipa-pipa api maka air menjadi mendidih dan kemudian dialirkan ke *steam* header untuk didistribusikan ke area-area proses produksi.

5.3 Unit Pembangkit Listrik

Kebutuhan listrik di pabrik fenil asetat ini dipenuhi oleh PLN, namun dalam menanggulangi gangguan pasokan listrik dari PLN setempat, disediakan generator sebagai cadangan listrik. Hal ini bertujuan agar pasokan tenaga listrik dapat berjalan secara kontinyu. Adapun generator yang digunakan adalah jenis generator diesel, dimana solar dan udara yang terbakar secara kompresi akan

menghasilkan panas. Panas yang dikeluarkan ini digunakan untuk memutar poros engkol sehingga dapat menghidupkan generator yang mampu menghasilkan tenaga listrik. Selanjutnya listrik didistribusikan ke panel kemudian dialirkan ke unit pemakai. Spesifikasi generator yang digunakan yaitu:

Kapasitas : 1.100 kW

Jenis : AC Generator

Jumlah : 1

Berikut merupakan rincian kebutuhan listrik untuk pabrik fenil asetat:

a. Kebutuhan Listrik untuk Alat Proses

Tabel 5.6 Kebutuhan listrik untuk alat proses

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Reaktor-01	R-01	0,50	372,85
Reaktor-02	R-02	0,50	372,85
Filter	F-01	200,00	149.140,00
Pompa-01	P-01	0,50	372,85
Pompa-02	P-02	0,17	124,28
Pompa-03	P-03	0,50	372,85
Pompa-04	P-04	0,50	372,85
Pompa-05	P-05	0,08	62,14
Pompa-06	P-06	0,25	186,43
Pompa-07	P-07	0,05	37,29
Pompa-08	P-08	0,25	186,43
<i>Screw Conveyor - 01</i>	SC-01	0,05	37,29
<i>Screw Conveyor - 02</i>	SC-02	0,05	37,29

Tabel 5.7 Kebutuhan listrik untuk alat proses (Lanjutan)

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
<i>Screw Conveyor</i> - 03	SC-03	0,05	37,29
Total		203,45	151.712,67

Power yang dibutuhkan untuk alat proses = 151,71 kW

b. Kebutuhan Listrik untuk Utilitas

Tabel 5.8 Kebutuhan listrik untuk utilitas

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Bak Penggumpal	BU-01	2,00	1.491,40
Blower Cooling Tower	BL-01	100,00	74.570,00
Kompresor Udara	CP-01	10,00	7.457,00
Pompa-01	PU-01	15,00	11.185,50
Pompa-02	PU-02	15,00	11.185,50
Pompa-03	PU-03	15,00	11.185,50
Pompa-04	PU-04	0,05	37,29
Pompa-05	PU-05	15,00	11.185,50
Pompa-06	PU-06	15,00	11.185,50
Pompa-07	PU-07	5,00	3.728,50
Pompa-08	PU-08	7,50	5.592,75
Pompa-09	PU-09	7,50	5.592,75
Pompa-10	PU-10	0,05	37,29
Pompa-11	PU-11	0,05	37,29
Pompa-12	PU-12	0,05	37,29
Pompa-13	PU-13	0,05	37,29
Pompa-14	PU-14	0,05	37,29
Pompa-15	PU-15	150,00	111.855,00
Pompa-16	PU-16	150,00	111.855,00
Pompa-17	PU-17	0,50	372,85

Tabel 5.9 Kebutuhan listrik untuk utilitas (Lanjutan)

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Pompa-18	PU-18	0,50	372,85
Pompa-19	PU-19	1,00	745,70
Pompa-20	PU-20	1,00	745,70
Pompa-21	PU-21	1,50	1.118,55
Total		511,8	381.650,26

Power yang dibutuhkan untuk alat utilitas = 381,65 kW

c. Kebutuhan Listrik untuk Alat Penunjang

Jumlah kebutuhan listrik alat penunjang dapat dilihat pada Tabel 5.9.

Tabel 5.10 Kebutuhan listrik alat penunjang

No	Keperluan	Kebutuhan (kW)
1	Penerangan	57,25
2	Peralatan kantor	57,25
3	Laboratorium dan Bengkel	57,25
4	Perumahan	41,02
5	Instrumentasi	95,41
Total		308,17

Kebutuhan listrik untuk alat penunjang = 308,17 kW.

Maka, total kebutuhan listrik yang diperlukan untuk perancangan pabrik fenil asetat ditunjukkan pada tabel 5.9.

Tabel 5.11 Total kebutuhan listrik pabrik fenil asetat

No	Keperluan	Kebutuhan (kW)
1	Keperluan <i>Plant</i>	
	a. Proses	151,71
	b. Utilitas	381,65
2	Alat Penunjang	
	Penerangan	57,25
	Peralatan kantor	57,25
	Laboratorium dan Bengkel	57,25
	Perumahan	41,02
	Instrumentasi	95,41
	Total	841,54

Dengan mempertimbangkan faktor keamanan, maka total kebutuhan listrik menjadi 20% dari rancangan, sehingga total kebutuhan listrik sebesar 1.009,84 kW

5.4 Unit Penyedia Udara Tekan

Udara tekan dibutuhkan untuk menggerakkan instrumen kontrol secara pneumatis. Tekanan udara yang digunakan adalah 6,35 bar. Pada pabrik ini digunakan 44 alat kontrol yang memerlukan udara tekan untuk menggerakkannya. Udara dilewatkan kompresor hingga tekanannya mencapai 6,35 bar dan kemudian dialirkan menuju alat kontrol yang membutuhkan. Udara yang digunakan harus dalam keadaan kering sehingga udara dilewatkan melalui sebuah tangki udara berisi gel silika. Total kebutuhan udara tekan yaitu sebanyak 82,24 m³/jam.

5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit ini bertanggungjawab dalam penyediaan kebutuhan bahan bakar pabrik. Bahan bakar yang tersuplai berupa bahan bakar untuk kebutuhan generator, boiler, dan *furnace*. Jenis bahan bakar yang digunakan diantaranya solar untuk generator listrik serta fuel oil untuk *furnace* dan boiler dengan pembagian sebagai berikut:

Tabel 5.12 Kebutuhan bahan bakar pabrik

No.	Jenis Kebutuhan	Jumlah bahan bakar (Kg/Jam)
1	<i>Furnace</i>	93,34
2	<i>Boiler</i>	1.721,91
3	Generator Listrik	98,33

5.6 Unit Pengolahan Limbah

Limbah yang dihasilkan dari proses produksi, aktivitas karyawan dan unit utilitas dari pabrik fenil asetat berupa limbah cair. Sebelum dapat dibuang, limbah tersebut harus diolah terlebih dahulu untuk menghindari terjadinya risiko pencemaran lingkungan sekitar. Limbah cair yang akan diolah diantaranya berasal dari laboratorium, layanan umum, proses produksi, kantor dan perumahan.

1. Limbah laboratorium diolah dengan proses *physical treatment* (proses pengendapan dan penyaringan), *chemical treatment* (penambahan bahan kimia dan pengontrol pH), serta *biological treatment*.
2. Air buangan domestik dari perkantoran dan perumahan akan dikumpulkan dahulu ke dalam satu bak khusus yang kemudian akan

diolah dalam unit stabilisasi. Pada unit tersebut, air akan ditambahkan lumpur aktif yang bertindak sebagai disinfektan, aerasi, dan injeksi gas klorin yang akan membunuh mikroorganisme yang terkandung dalam air.

3. Buangan dari proses utilitas yaitu dari unit demineralisasi harus dinetralkan terlebih dahulu sebelum dapat dibuang. Apabila air buangan memiliki pH lebih dari 7 maka akan ditambahkan NaOH sedangkan pH kurang dari 7 akan ditambahkan H₂SO₄.

5.7 Spesifikasi Alat Utilitas

Tabel 5.13 Spesifikasi pompa utilitas

Parameter	Identifikasi				
Kode Alat	PU-1	PU-2	PU-3	PU-4	PU-5
Fungsi	Mengalirkan air dari sungai menuju <i>screening</i>	Mengalirkan air sungai dari <i>screening</i> ke reservoir/ sedimentasi (BU-01)	Mengalirkan air dari Bak Sedimentasi (B-01) menuju Bak Koagulasi dan Flokulasi (BU-02)	Mengalirkan air dari Tangki Alum (TU-01) menuju ke Bak Koagulasi dan Flokulasi (BU-02)	Mengalirkan air dari Bak Koagulasi dan Flokulasi (BU-02) menuju ke Bak Pengendapan 1 (BU-03)
Kapasitas (gpm)	1.130,75	1.388,26	1.318,85	0,0476	1.318,85
Tipe	<i>Axial flow impeller</i>	<i>Axial flow impeller</i>	<i>Axial flow impeller</i>	<i>Radial flow impeller</i>	<i>Axial flow impeller</i>
Jenis Pompa	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>				
Efisiensi Pompa	90%	90%	90%	45%	90%
Daya Motor (Hp)	15	15	15	0,05	15
Jumlah	1	1	1	1	1
Bahan	<i>Commercial Steel</i>				
Spesifikasi					
IPS (in)	12	12	12	0,125	12
No. Sch	40	40	40	40	40
OD (in)	12,75	12,75	12,75	0,405	12,75
ID (in)	12,090	12,090	12,090	0,269	12,090

Tabel 5.14 Spesifikasi pompa utilitas (Lanjutan)

Parameter	Identifikasi				
Kode Alat	PU-6	PU-7	PU-8	PU-9	PU-10
Fungsi	Mengalirkan air dari Bak Pengendap 1 (BU-03) menuju Bak Pengendap 2 (BU-04)	Mengalirkan air dari Bak Pengendap II (BU-04) menuju Bak Saringan Pasir (FU-02)	Mengalirkan air dari Bak Sand Filter/ Bak Saringan Pasir (FU-02) menuju Bak Penampung Sementara (BU-05)	Mengalirkan air dari Bak Penampung Sementara (BU-05) menuju ke area kebutuhan air	Mengalirkan Kaporit dari Tangki Kaporit (TU-03) menuju Tangki Klorinasi (TU-02)
Kapasitas (gpm)	1.252,90	1.190,26	1.130,75	1.130,75	2,48 E-05
Tipe	<i>Axial flow impeller</i>	<i>Axial flow impeller</i>	<i>Axial flow impeller</i>	<i>Axial flow impeller</i>	<i>Radial flow impeller</i>
Jenis Pompa	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>				
Efisiensi Pompa	90%	90%	90%	90%	45%
Daya Motor (hp)	15	5	7,5	7,5	0,05
Jumlah	1	1	1	1	1
Bahan	<i>Commercial Steel</i>				
Spesifikasi					
IPS (in)	12	12	12	12	0,125
No. Sch	40	40	40	40	40
OD (in)	12,75	12,75	12,75	12,75	0,405
ID (in)	12,090	12,090	12,090	12,090	0,269

Tabel 5.15 Spesifikasi pompa utilitas (Lanjutan)

Parameter	Identifikasi				
Kode Alat	PU-11	PU-12	PU-13	PU-14	PU-15
Fungsi	Mengalirkan air dari tangki klorinasi menuju tangki air bersih (T-01)	Mengalirkan air dari tangki bersih (T-01) menuju area domestik	Mengalirkan air dari tangki air servis menuju tangki air bertekanan	Mengalirkan air dari tangki air bertekanan menuju area kebutuhan servis	Mengalirkan air dari bak air dingin (BU-04) menuju ke cooling tower (CT-01)
Kapasitas (gpm)	3,44	3,44	1,28	1,28	1.018,47
Tipe	<i>Radial flow impeller</i>	<i>Radial flow impeller</i>	<i>Radial flow impeller</i>	<i>Mixed flow impeller</i>	<i>Mixed flow impeller</i>
Jenis Pompa	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>				
Efisiensi Pompa	45%	45%	45%	45%	90%
Daya Motor (Hp)	0,05	0,05	0,05	0,05	150
Jumlah	1	1	1	1	1
Bahan	<i>Commercial Steel</i>				
Spesifikasi					
IPS (in)	0,75	0,75	0,5	0,5	10
No. Sch	40	40	40	40	40
OD (in)	1,05	1,05	0,84	0,84	10,75
ID (in)	0,824	0,824	0,622	0,622	10,02

Tabel 5.16 Spesifikasi pompa utilitas (Lanjutan)

Parameter	Identifikasi					
	PU-16	PU-17	PU-18	PU-19	PU-20	PU-21
Fungsi	Mengalirkan air dari cooling tower (CT-01) menuju recycle dari bak air dingin	Mengalirkan air dari tangki penampung H2SO4 menuju mixed bed (TU-05)	Mengalirkan air dari Mixed Bed (TU-05) menuju tangki air demin	Mengalirkan air dari tangki air demin menuju tangki deaerator (De-01)	Mengalirkan larutan hydrazine dari tangki N2H4 (T-09) menuju tangki deaerator (De-01)	Mengalirkan air dari deaerator (De-01) menuju boiler
Kapasitas (gpm)	1.018,47	107,54	107,54	107,54	107,54	107,54
Tipe	<i>Mixed flow impeller</i>	<i>Mixed flow impeller</i>	<i>Axial flow impeller</i>	<i>Mixed flow impeller</i>	<i>Mixed flow impeller</i>	<i>Mixed flow impeller</i>
Jenis Pompa	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>					
Efisiensi Pompa	90%	69%	70%	65%	65%	65%
Daya Motor (Hp)	150	0,5	0,5	1	1	1,5
Jumlah	1	1	1	1	1	1
Bahan	<i>Commercial Steel</i>					
Spesifikasi						
IPS (in)	10	4	4	4	4	4
No. Sch	40	40	40	40	40	40
OD (in)	10,75	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
ID (in)	10,02	4,026	4,026	4,026	4,026	4,026

Tabel 5.17 Spesifikasi bak utilitas

Parameter	BU-01	BU-02	BU-03	BU-04	BU-05	BU-06
Fungsi	Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa dari air sungai	Mengendapkan Kotoran yang berupa dispersi koloid dalam air dengan menambahkan koagulan untuk menggumpalkan kotoran.	Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (menghilangkan flokulasi)	Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari sungai dengan proses flokulasi (memberi kesempatan untuk proses flokulasi O ₂)	Menampung sementara raw water setelah disaring di <i>sand filter</i>	Menampung kebutuhan air pendingin
Jenis	Bak persegi	Bak Silinder Tegak	Bak persegi	Bak persegi	Bak persegi	Bak persegi panjang
Bahan	Beton bertulang	Beton bertulang	Beton bertulang	Beton bertulang	Beton bertulang dilapisi porselin	Beton bertulang
Spesifikasi						
Kapasitas (kg/jam)	269.840,32	565.151,27	256.348,30	243.530,89	219.786,63	197.962,92
Panjang (m)	13,74	-	13,5	13,27	8,08	22,51
Lebar (m)	13,74	-	13,5	13,27	8,08	22,51
Tinggi (m)	6,87	7,32	6,75	6,64	4,04	11,25
Jumlah	1	1	1	1	1	1

Tabel 5.18 Spesifikasi tangki utilitas

Parameter	TU-01	TU-02	TU-03	TU-04	TU-05
Fungsi	Menyiapkan dan menyimpan larutan alum 5 % untuk 1 minggu	Mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk kebutuhan rumah tangga	Menampung kebutuhan kaporit selama 1 minggu yang akan dimasukkan ke dalam tangki Klorinasi (TU-01)	Menampung air untuk keperluan kantor dan rumah tangga	Menampung Air bertekanan untuk keperluan layanan umum
Jenis	Silinder Tegak	Silinder Tegak Berpengaduk	Silinder Tegak	Silinder Tegak	Silinder Tegak
Bahan	<i>Carbon Steel</i>				
Spesifikasi					
Tinggi (m)	3,61	1,01	0,13	2,91	2,09
Diameter (m)	1,81	1,01	0,13	2,91	2,09
Volume (m ³)	9,25	0,80	0,0018	19,30	7,20
Jumlah	1	1	1	1	1

Tabel 5.19 Spesifikasi tangki utilitas (Lanjutan)

Parameter	TU-06	TU-07	TU-08	TU-09
Fungsi	Menampung larutan H ₂ SO ₄ yang akan digunakan untuk meregenerasi <i>kation exchanger</i> .	Menampung larutan NaOH yang akan digunakan untuk meregenerasi <i>anion exchanger</i> .	Menampung air bebas mineral sebagai air umpan boiler.	Menyimpan larutan N ₂ H ₄
Jenis	Silinder Tegak	Silinder Tegak	Silinder Tegak	Silinder Tegak
Bahan	<i>Carbon Steel</i>			
Spesifikasi				
Tinggi (m)	2,44	1,30	9,15	3,19
Diameter (m)	2,44	1,30	9,15	3,19
Volume (m ³)	11,35	1,73	602,03	25,5
Jumlah	1	1	1	1

Parameter	<i>Screening (FU-01)</i>
Fungsi	Menyaring kotoran-kotoran yang berukuran besar seperti daun, ranting dan sampah-sampah lainnya.
Bahan	Alumunium
Spesifikasi	
Kapasitas (Kg/Jam)	284.042,44
Panjang (ft)	10
Lebar (ft)	8
Diameter lubang (cm)	1
Jumlah	1

Parameter	<i>Sand Filter (FU-02)</i>
Fungsi	Menyaring partikel-partikel halus yang ada dalam air sungai.
Bahan	<i>Spheres</i>
Ukuran pasir (mesh)	100
Spesifikasi	
Volume (m ³)	0,63
Panjang (m)	1,08
Tinggi (m)	0,54
Lebar (m)	1,08
Jumlah	1

Parameter	<i>Cooling Tower (CT)</i>
Fungsi	Mendinginkan air pendingin setelah digunakan
Jenis	<i>Cooling Tower Induced Draft</i>
Spesifikasi	
Kapasitas (m ³ /jam)	197.962,92
Panjang (m)	4,83
Tinggi (m)	60,80
Lebar (m)	4,83
Jumlah	1

Parameter	<i>Blower Cooling Tower (BL-01)</i>
Fungsi	Menghisap udara sekeliling untuk dikontakkan dengan air yang akan didinginkan
Jenis	<i>Centrifugal Blower</i>
Bahan	<i>Carbon Steel SA 285 Grade C</i>
Spesifikasi	
Kapasitas (m ³ /jam)	139.723,11
Efisiensi	65%
Power (Hp)	100
Jumlah	1

Parameter	<i>Mixed bed</i>
Fungsi	Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh kation seperti Ca dan Mg, serta anion seperti Cl, SO ₄ , dan NO ₃ .
Jenis	Tangki Silinder Tegak
Resin	<i>Synthetic Gel Zeolite</i>
Bahan	<i>Stainless Steel</i>
Spesifikasi	
Diameter tangki (m)	1,25
Tinggi tangki (m)	1,68
Tinggi bed (m)	1,40
Volume bed (m ³)	1,71
Volume bak resin (grain)	602.618,38
Tebal (in)	0,188
Jumlah	1

Parameter	<i>Deaerator (De)</i>
Fungsi	Menghilangkan gas CO ₂ dan O ₂ yang terikat dalam feed water yang menyebabkan kerak pada <i>Reboiler</i> .
Jenis	Tangki Silinder Tegak
Spesifikasi	
Kapasitas (m ³ /jam)	20,90
Diameter (m)	3,17
Tinggi (m)	3,17
Volume (m ³)	25,08
Jumlah	1

Parameter	<i>Boiler</i>
Fungsi	Membuat <i>saturated steam</i>
Kondisi Operasi	
Jenis <i>boiler</i>	<i>Fire tube boiler</i>
Kapasitas (Kg/jam)	17.419,76
Kapasitas <i>steam</i> (Kg/jam)	20.903,71
Jenis bahan bakar	Solar
Tekanan (atm)	27,41
Suhu (°C)	230
Spesifikasi	
Tinggi (m)	7,03
Diameter (m)	14,05
Luas transfer panas (m ²)	176,01

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

Dalam perancangan pabrik perlu dilakukannya analisa ekonomi untuk menentukan bahwa pabrik yang akan didirikan memiliki kelayakan pabrik untuk dibangun. Analisa ekonomi dilakukan agar dapat mengetahui estimasi kelayakan suatu pabrik dengan adanya investasi modal yang dikembalikan serta terjadinya *Break Even Point* (tidak memperoleh untung maupun rugi) sehingga dapat diperkirakan apakah pabrik tersebut dapat menarik investor.

Kelayakan pabrik harus memenuhi beberapa parameter sebagai acuan agar besarnya pendapatan yang diperoleh dari segi ekonomi dapat tercapai. Beberapa parameter yang digunakan antara lain:

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

Sebelum melakukan analisa ekonomi dengan parameter diatas, beberapa hal yang perlu dikalkulasikan antara lain:

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

- a. Biaya Pembuatan (*Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya Pengeluaran Umum (*General Expenses*)
3. Pendapatan Modal
- a. Biaya Tetap Per-Tahun (*Fixed Cost Annual*)
 - b. Biaya Variabel Per-Tahun (*Variable Cost Annual*)
 - c. Biaya Mengambang (*Regulated Cost Annual*)

6.1 Penentuan Harga Alat

Penentuan harga alat yang dialami akan mengalami perubahan seiring dengan kondisi ekonomi dari negara didirikannya pabrik. Oleh sebab itu penaksiran harga alat perlu dipertimbangan agar tidak menimbulkan kekurangan atau kelebihan dalam mengevaluasi ekonomi pabrik. Pabrik fenil asetat direncanakan berdiri pada tahun 2028 dan diperlukan indeks harga pada tahun tersebut.

Analisa harga alat dilakukan pada tahun 2023 untuk pembelian alat pada pendirian pabrik di tahun 2028. Analisa dilakukan menggunakan data indeks harga alat pada tahun 1987 hingga 2018 (Sumber: chemengonline.com/pci).

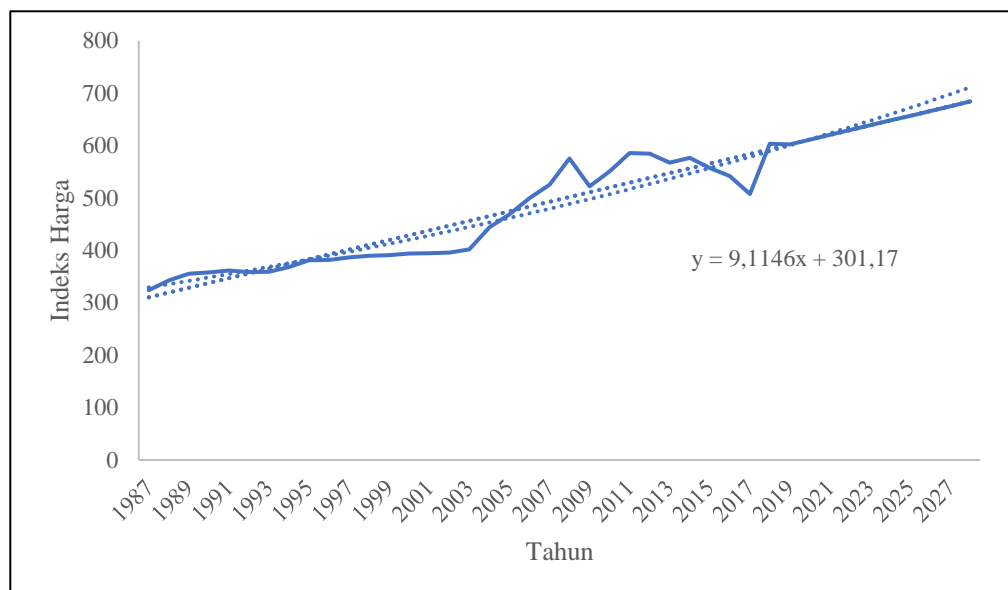
Tabel 6.1 Indeks harga alat tahun 1987-2018

Tahun (Xi)	Indeks (Yi)	Tahun (Xi)	Indeks (Yi)
1987	323,8	2003	402
1988	342,5	2004	444,2
1989	355,4	2005	468,2
1990	357,6	2006	499,6
1991	361,3	2007	525,4
1992	358,2	2008	575,4

Tabel 6.1 Indeks harga alat tahun 1987-2018 (Lanjutan)

1993	359,2	2009	521,9
1994	368,1	2010	550,8
1995	381,1	2011	585,7
1996	381,7	2012	584,6
1997	386,5	2013	567,3
1998	389,5	2014	576,1
1999	390,6	2015	556,8
2000	394,1	2016	541,7
2001	394,3	2017	567,5
2002	395,6	2018	603,1

Data diatas akan dimuat dalam bentuk grafik hubungan antara tahun dan indeks harga alat seperti gambar berikut:



Gambar 6.1 Grafik indeks harga alat tahun 1985 - 2020

Dari grafik diperoleh persamaan $y = 9,1139x - 17799$ sehingga dapat diperoleh indeks harga pada tahun 2028 yaitu 683,99. Penentuan harga alat pada tahun pendirian pabrik menggunakan indeks rasio pada tahun referensi dan tahun pembelian alat dengan persamaan Aries & Newton (1995) sebagai berikut:

$$E_x = E_y \frac{N_x}{N_y} \quad (6.1)$$

Dimana:

N_x : Indeks harga pada tahun 2028

N_y : Indeks harga pada tahun 2014

E_x : Harga alat pada tahun 2028

E_y : Harga alat pada tahun 2014

Dengan menggunakan persamaan 6.1 dapat diketahui harga alat proses dan utilitas pada tahun 2028 sebagai berikut:

Tabel 6.2 Harga alat proses tahun 2028

No	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	E_y (\$)	E_x (\$)
1	Tangki Fenol	T-01	1	200.000	208.979
2	Tangki Asam Asetat	T-02	1	400.000	417.958
3	Silo	S-01	1	112.000	117.028
4	Pompa-01	P-01	1	6.800	7.105
5	Pompa-02	P-02	1	6.800	7.105
6	Screw Conveyor-01	SC-01	1	4.200	4.389
7	Continuous Stirred Tank Reactor	R-01	2	87.500	182.857
8	Pompa-03	P-03	1	6.800	7.105

Tabel 6.2 Perkiraan harga alat proses tahun 2028

No	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	E _y (\$)	E _x (\$)
9	Rotary Filter Drum	F-01	1	950.000	992.650
10	Pompa-04	P-04	1	6.800	7.105
11	Heater-01	HE-01	1	13.100	13.688
12	Menara Distilasi-01	MD-01	1	62.100	64.888
13	Accumulator-01	ACC-01	1	4.337	4.532
14	Reboiler-01	RB-01	1	20.500	21.420
15	Kondensor-01	CD-01	1	12.900	13.479
16	Pompa-05	P-05	1	6.800	7.105
17	Cooler-01	C-01	1	1.700	1.776
18	Pompa-06	P-01	1	6.800	7.105
19	Menara Distilasi-02	MD-02	1	102.200	106.788
20	Accumulator-02	ACC-02	1	4.337	4.532
21	Kondensor-02	CD-02	1	12.900	13.479
22	Reboiler-02	RB-02	1	22.000	22.988
23	Pompa-07	P-07	1	6.800	7.105
24	Cooler-02	C-02	1	1.700	1.776
25	Pompa-08	P-08	1	6.800	7.105
26	Cooler-03	C-03	1	1.700	1.776
27	Screw Conveyor-02	SC-02	1	4.200	4.389
28	Furnace-01	FR-01	1	138.000	144.196
29	Screw Conveyor-03	SC-03	1	4.200	4.389
Jumlah			30	2.213.974	2.404.799

Tabel 6.2 Perkiraan harga alat utilitas tahun 2028

No.	Nama Alat	Jumlah	E _y (\$)	E _x (\$)
1	Pompa 1	1	6.874	7.183
2	Pompa 2	1	7.438	7.772
3	Pompa 3	1	7.293	7.620
4	Pompa 4	1	1.065	1.113
5	Pompa 5	1	7.293	7.620
6	Pompa 6	1	7.150	7.471
7	Pompa 7	1	7.009	7.324
8	Pompa 8	1	6.874	7.183
9	Pompa 9	1	6.874	7.183
10	Pompa 10	1	1.065	1.113
11	Pompa 11	1	1.081	1.130
12	Pompa 12	1	1.081	1.130
13	Pompa 13	1	1.065	1.113
14	Pompa 14	1	1.065	1.113
15	Pompa 15	1	6.135	6.410
16	Pompa 16	1	6.135	6.410
17	Pompa 17	1	4.035	4.216
18	Pompa 18	1	4.035	4.216
19	Pompa 19	1	4.035	4.216
20	Pompa 20	1	4.035	4.216
21	Pompa 21	1	4.035	4.216
22	Boiler	1	1.482.100	1.548.639
23	Kompresor	1	3.500	3.657
24	Cooling Tower	1	75.300	78.681
25	Blower	1	63.000	65.828

Tabel 6.2 Perkiraan harga alat utilitas tahun 2028

No.	Nama Alat	Jumlah	E _y (\$)	E _x (\$)
26	Screening	1	26.500	27.690
27	Tangki Alum	1	25.000	26.122
28	Sand Filter	1	46.400	48.483
29	Tangki kloronasi	1	10.300	10.762
30	Tangki penyimpanan kaporit	1	1.200	1.254
31	Tangki Air Bersih	1	32.000	33.437
32	Tangki Air Bertekanan	1	22.400	23.406
33	Mixed Bed	1	19.400	20.271
34	Tangki H ₂ SO ₄	1	38.700	40.437
35	Tangki NaOH	1	19.800	20.689
36	Tangki Air Demin	1	72.000	75.232
37	Deaerator	1	49.000	51.200
38	Tangki N ₂ H ₄	1	49.100	51.304
39	Tangki BB Boiler	1	48.000	50.155
40	Tangki BB Generator	1	4.900	5.120
41	Tangki umpan boiler	1	49.200	51.409
42	Bak sedimentasi	1	23.000	24.033
43	Bak pengendapan 1	1	1.262.200	1.318.867
44	Bak pengendapan 2	1	1.215.300	1.269.861
45	Bak gumpal	1	1.170.100	1.222.632
46	Bak sementara	1	1.215.300	1.269.861
47	Bak air dingin	1	867.100	906.029
Total		47	7.986.472	8.345.026

6.2 Dasar Perhitungan

Dasar perhitungan yang digunakan dalam melakukan analisis ekonomi unit asam asetat ini adalah:

1. Kapasitas produksi : 20.000 ton/tahun
2. Satuan tahun operasi : 330 hari
3. Tahun pabrik berdiri : 2028
4. Nilai kurs mata uang : \$1 = Rp15.405,800
5. Umur alat : 10 tahun

6.3 Komponen Biaya

Capital Investment merupakan banyaknya pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas dan pengoperasian pabrik. *Capital investment* dibagi menjadi 2, yaitu *Fixed Capital Investment* (modal tetap) dan *Working Capital* (modal kerja) (Peters dan Timmerhaus, 2018).

6.3.1 *Fixed Capital Investment*

Fixed Capital Investment merupakan modal yang dibutuhkan untuk mendirikan fasilitas pabrik. Setelah melakukan perhitungan rencana maka pabrik fenil asetat ini memerlukan rencana *physical plant cost*, *direct plant cost*, *fixed capital instrument*. Hasil perhitungan masing-masing dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 6.3 *Physical Plant Cost (PPC)*

No.	Jenis Capital Investment	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1.	<i>Purchased Equipment Cost</i>	165.609.650.901,57	10.749.824,80
2.	<i>Delivered Equipment Cost</i>	41.402.412.725,39	2.687.456,20
3.	<i>Equipment Installation</i>	132.487.720.721,26	8.599.859,84
4.	<i>Pipping</i>	49.682.895.270,47	3.224.947,44
5.	<i>Instrumentation Cost</i>	49.682.895.270,47	3.224.947,44
6.	<i>Electrical Cost</i>	41.402.412.725,39	2.687.456,20
7.	<i>Insulation</i>	13.248.772.072,13	859.985,98
8.	<i>Building</i>	82.804.825.450,78	5.374.912,40
9.	<i>Land & Yard Improvement</i>	16.560.965.090,16	1.074.982,48
<i>Physical Plant Cost (PPC)</i>		592.882.550.227,62	38.484.372,78

Tabel 6.4 *Direct Plant Cost (DPC)*

No.	Jenis Capital Investment	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1.	<i>Engineering & Construction Cost</i>	177.864.765.068,29	11.545.311,84
Total (PPC + DPC)		770.747.315.295,90	50.029.684,62

Tabel 6.5 *Fixed Capital Investment (FCI)*

No.	Jenis Capital Investment	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1.	Total (PPC + DPC)	770.747.315.295,90	50.029.684,62
2.	Biaya tak terduga	77.074.731.529,59	5.002.968,46
3.	Kontraktor	7.707.473.152,96	500.296,85
FCI		855.529.519.978,45	55.532.949,93

6.3.2 *Manufacturing Cost*

Manufacturing Cost merupakan biaya yang diperlukan untuk aktivitas produksi. *Manufacturing cost* diperoleh dari penjumlahan *direct*,

indirect dan *fixed manufacturing cost* yang memiliki keterkaitan dengan aktivitas produksi.

a. *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

Direct Manufacturing Cost merupakan biaya yang dikeluarkan untuk keperluan yang berkaitan secara langsung dengan aktivitas produksi. Berikut perincian biaya yang dikeluarkan:

Tabel 6.6 *Direct Manufacturing Cost*

No.	Jenis Capital Investment	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1.	<i>Raw material</i>	612.340.671.081,23	39.747.411,43
2.	<i>Labor</i>	8.868.000.000,00	575.627,36
3.	<i>Supervision</i>	2.217.000.000,00	143.906,84
4.	<i>Maintenance</i>	85.552.951.997,85	5.553.294,99
5.	<i>Plant Supplies</i>	12.832.942.799,68	832.994,25
6.	<i>Royalty and Patent</i>	554.608.800.000,83	36.000.000,00
7.	<i>Utilities</i>	65.548.415,47	4.254,79
<i>DMC</i>		1.276.485.914.295	82.857.489,67

b. *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

Indirect Manufacturing Cost merupakan biaya yang dikeluarkan untuk keperluan yang tidak berkaitan secara langsung dengan aktivitas produksi. Berikut perincian biaya yang dikeluarkan:

Tabel 6.7 *Indirect Manufacturing Cost*

No.	Type of expense	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1.	<i>Payroll over head</i>	1.773.600.000,00	115.125,47
2.	<i>Laboratorium</i>	1.773.600.000,00	115.125,47
3.	<i>Plant over head</i>	6.207.600.000,00	402.939,15
4.	<i>Shipping and Packaging</i>	30.617.033.554,06	1.987.370,57
IMC		40.371.833.554,06	2.620.560,67

c. *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

Fixed Manufacturing Cost merupakan biaya harus selalu dikeluarkan pada saat pabrik beroperasi maupun tidak. Pengeluaran ini bersifat tetap yang tidak berkaitan dengan waktu dan tingkat produksi. Berikut perincian biaya yang dikeluarkan:

Tabel 6.8 *Fixed Manufacturing Cost*

No.	Type of expense	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1.	<i>Depretiation</i>	85.552.951.997,85	5.553.294,99
2.	<i>Property taxes</i>	34.221.180.799,14	2.221.318,00
3.	<i>Insurance</i>	8.555.295.199,78	555.329,50
<i>FMC</i>		128.329.427.996,77	8.329.942,49

Tabel 6.9 *Total Manufacturing Cost*

No.	Jenis Capital Investment	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1.	<i>DMC</i>	1.276.485.914.295,05	82.857.489,67
2.	<i>IMC</i>	40.371.833.554,06	2.620.560,67
3.	<i>FMC</i>	128.329.427.996,77	8.329.942,49
MC		1.445.187.175.845,88	93.807.992,82

6.3.3 General Expenses

General expense adalah biaya yang dikeluarkan untuk keperluan yang berhubungan dengan fungsi perusahaan dan tidak termasuk *manufacturing cost*. Berikut ini Tabel perincian biaya untuk *general expense*:

Tabel 6.10 *General Expense*

No.	Type of expense	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1.	<i>Administration</i>	57.807.487.033,84	3.752.319,71
2.	<i>Sales expense</i>	317.941.178.686,09	20.637.758,42
3.	<i>Research</i>	25.665.885.599,35	1.665.988,50
4.	<i>Finance</i>	50.581.551.154,61	3.283.279,75
General Expense		451.996.102.473,89	29.339.346,38

Tabel 6.11 *Total Production Cost*

No.	Type of expense	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1.	<i>MC</i>	1.445.187.175.845,88	93.807.992,82
2.	<i>General expense</i>	451.996.102.473,89	29.339.346,38
Total produksi		1.897.183.278.319,77	123.147.339,20

6.4 Analisa Keuntungan

a. Keuntungan sebelum pajak

Total penjualan : Rp 2.087.342.056.825,67

Total biaya produksi : Rp 1.897.183.278.319,77

Keuntungan : Total penjualan – Total biaya produksi

: Rp 190.158.778.505,90

b. Keuntungan setelah pajak

Pajak	: 40% x Rp 190.158.778.505,90
	: Rp 114.095.267.103,54
Keuntungan	: Rp 76.063.511.402,36

6.5 Analisa Kelayakan

Untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau kecil sehingga dapat dikategorikan berpotensi atau tidak dari segi ekonomi, maka dilakukanlah suatu analisa atau evaluasi kelayakan. Terdapat beberapa faktor yang digunakan untuk menentukan kelayakan pabrik secara menyeluruh, yaitu:

6.5.1 Return On Investment (ROI)

Return on investment adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang telah dikeluarkan. Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan risiko tinggi minimum adalah 44% sedangkan pabrik dengan risiko rendah mempunyai persentase minimum sebesar 11% (Aries dan Newton, 1955). Untuk menghitung ROI dapat digunakan persamaan berikut:

$$\text{ROI} = \frac{\text{keuntungan}}{\text{fixed capital}} \times 100\% \quad (6.2)$$

a. ROI b (sebelum pajak)

$$= \frac{\text{keuntungan}}{\text{fixed capital}} \times 100\% = \frac{\text{Rp } 190.158.778.505,90}{\text{Rp } 855.529.519.978,45} \times 100\% = 22 \%$$

b. ROI a (setelah pajak)

$$= \frac{\text{keuntungan}}{\text{fixed capital}} \times 100\% = \frac{\text{Rp } 114.095.267.103,54}{\text{Rp } 855.529.519.978,45} \times 100\% = 13 \%$$

6.5.2 Pay Out Time (POT)

Pay out time merupakan lama waktu yang diperlukan untuk mendapatkan pengembalian modal berdasarkan total modal investasi serta perolehan keuntungan setiap tahunnya. Industri kimia memiliki syarat POT sebelum pajak berdasarkan risiko pabriknya, pabrik dengan risiko tinggi memiliki maksimal POT selama 2 tahun dan pabrik dengan risiko rendah memiliki maksimal POT selama 5 tahun (Aries dan Newton, 1955). Berikut persamaan yang digunakan untuk menghitung POT:

$$\text{POT} = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{\text{Keuntungan} + \text{Depresiasi}} \quad (6.3)$$

a. POT sebelum pajak (POT b)

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{\text{Keuntungan} + \text{Depresiasi}} = \frac{\text{Rp } 855.529.519.978,45}{\text{Rp } 190.158.778.505,90 + \text{Rp } 85.552.951.997,85} = \\ &= 3,1 \text{ tahun} \end{aligned}$$

b. POT setelah pajak (POT a)

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{\text{Keuntungan} + \text{Depresiasi}} = \frac{\text{Rp } 855.529.519.978,45}{\text{Rp } 114.095.267.103,54 + \text{Rp } 85.552.951.997,85} = \\ &= 4,29 \text{ tahun} \end{aligned}$$

6.5.3 Break Even Point (BEP)

Break Even Point merupakan titik impas dimana pabrik tidak mengalami kerugian maupun keuntungan sehingga perolehan pendapatan dan pengeluaran seimbang. Perhitungan nilai BEP juga dapat membantu

menentukan harga jual dan jumlah penjualan minimum dan banyaknya penjualan agar memperoleh keuntungan. Nilai BEP pabrik kimia umumnya berkisar antara 40-60% dan apabila suatu pabrik memiliki BEP dibawah rentang tersebut maka dapat mengalami kerugian. Berikut persamaan *Break Even Point* yang digunakan:

$$\text{BEP} = \frac{(Fa + 0,3Ra)}{(Sa - Va - 0,7Ra)} \times 100\% \quad (6.4)$$

Keterangan:

Fa = *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Sa = *Annual Sales Value* pada produksi maksimum Annual

Ra = *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va = *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Tabel 6.12 *Annual Fixed Cost*

No.	Type of Capital Investment	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1.	<i>Depretiation</i>	85.552.951.997,85	5.553.294,99
2.	<i>Property taxes</i>	34.221.180.799,14	2.221.318,00
3.	<i>Insurance</i>	8.555.295.199,78	555.329,50
Total		128.329.427.996,7	8.329.942,49

Tabel 6.13 *Annual Sales Value*

No.	Type of Capital Investment	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1.	<i>Annual Sales Value</i>	2.087.342.056.825,6	135.490.663,05
Total		2.087.342.056.825,6	135.490.663,05

Tabel 6.14 *Annual Regulated Expenses*

No.	Type of Capital Investment	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1.	<i>Labor</i>	8.868.000.000,00	575.627,36
2.	<i>Payroll Overhead</i>	1.773.600.000,00	115.125,47
3.	<i>Supervision</i>	2.217.000.000,00	143.906,84
4.	<i>Plant Overhead</i>	6.207.600.000,00	402.939,15
5.	<i>Laboratory</i>	1.773.600.000,00	115.125,47
6.	<i>General Expense</i>	451.996.102.473,89	29.339.346,38
7.	<i>Maintenance</i>	85.552.951.997,85	5.553.294,99
8.	<i>Plant Supplies</i>	12.832.942.799,68	832.994,25
Total		571.198.841.828	571.221.797.271,41

Tabel 6.15 *Annual Variable Value*

No.	Type of Capital Investment	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1.	<i>Raw material</i>	612.340.671.081,23	39.747.411,43
2.	<i>Shipping and Packaging</i>	30.617.033.554,06	1.987.370,57
3.	<i>Utilities</i>	65.548.415,47	4.254,79
4.	<i>Royalty and Patent</i>	554.608.800.000,83	36.000.000,00
Total		1.197.591.984.875	612.340.671.081,23

Dengan mensubstitusikan data pada Tabel 6.14 – Tabel 6.16 maka diperoleh persentase BEP sebesar 61%

6.5.4 Shut Down Point (SDP)

Shut Down Point merupakan perkiraan kondisi dimana jalannya aktivitas produksi pabrik harus berhenti akibat biaya yang dikeluarkan lebih mahal jika dibandingkan dengan biaya penutupan pabrik dan membayar *fixed cost*. Berikut persamaan SDP yang digunakan:

$$SDP = \frac{0,3 Ra}{(Sa - Va - 0,7Ra)} \times 100\% \quad (6.5)$$

Dengan mensubstitusikan nilai pada Tabel 6.14 – 6.17 maka diperoleh SDP sebesar:

$$SDP = \frac{(0,3 \times 571.221.797.271,41)}{(2.087.342.056.825 - 1.197.632.053.051 - 0,7 \times 571.221.797.271)} \times 100\%$$

$$SDP = 35\%$$

6.5.5 Discounted Cash Flow Rate (DCFR)

Discounted Cash Flow Rate merupakan pendekatan untuk mengevaluasi keuntungan dengan mempertimbangkan *time value* (nilai atas waktu) dari uang berdasarkan jumlah investasi yang belum terkembalikan pada setiap akhir tahun selama umur pabrik. Syarat minimum nilai DCFR yang dimiliki adalah 1,5 kali bunga bank. Berikut ini persamaan yang digunakan untuk menentukan nilai DCFR:

$$(FC + WC)(1 + i)^n = C \sum_{N=0}^{N=n-1} (1 + i)^N + WC + SV \quad (6.6)$$

Dengan:

FC = *Fixed Capital Investment*

WC = *Working Capital Invesyment*

SV = *Salvage value* = depresiasi

i = Nilai DCFR

n = Umur pabrik = 10 tahun

C = *Cash flow* = *profit after taxes* + depresiasi + *finance*

Untuk memperoleh nilai DCFR dilakukan dengan metode *trial and error* sehingga diperoleh nilai DCFR sebesar 12% dengan suku bunga bank yang digunakan sebesar 5,7%. Berdasarkan hasil *trial and error* dan syarat minimum yang ada maka dapat disimpulkan bahwa nilai DCFR yang diperoleh memenuhi syarat.

6.6 Analisa Resiko Pabrik

Analisis resiko pabrik dilakukan untuk menentukan besar kecilnya resiko sebuah pabrik (*high risk* atau *low risk*) dengan mempertimbangkan kemungkinan yang terjadi kemudian mencari solusi atas setiap resiko tersebut. Berdasarkan analisa resiko yang dilakukan, diketahui bahwa pabrik unit fenil asetat termasuk kategori resiko tinggi (*low risk*) dengan pertimbangan sebagai berikut :

- a. Kondisi operasi prarancangan unit fenil asetat beroperasi dengan suhu berkisar antara 30°C hingga 550°C dengan tekanan operasi keseluruhannya yaitu 1 atm. Sehingga, prarancangan pabrik ini dikategorikan *low risk*.
- b. Bahan baku dan produk dari prarancangan pabrik ini memiliki sifat kimia ada yang mudah terbakar dan tidak. Sisa proses reaksi mengandung bahan yang berbahaya bagi lingkungan sehingga harus diolah terlebih dahulu.

BAB VII

PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa pada hasil perhitungan prarancangan pabrik fenil asetat dari fenol dengan kapasitas 20.000 ton/tahun dari segi teknis dan ekonomis diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pabrik fenil asetat berbentuk Perseroan Terbatas (PT) didirikan di daerah di daerah Kemiri, Kabupaten Karanganyar, Solo Jawa Tengah dengan luas tanah keseluruhan 30.720 m² dan jumlah karyawan 128 orang.
2. Dari evaluasi ekonomi serta analisa kelayakan, pabrik ini dinilai layak untuk didirikan dengan parameter kelayakan sebagai berikut:
 - a. *Return on Investment* (ROI)
ROI sebelum pajak = 22%
ROI setelah pajak = 13%
 - b. *Pay Out Time* (POT)
POT sebelum pajak = 3,1 tahun
POT setelah pajak = 4,3 tahun
 - c. *Break Even Point* (BEP)
BEP diperoleh = 61%
 - d. *Shut Down Point* (SDP)
SDP diperoleh = 29,31%

e. *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)*

DCFR diperoleh = 12,25%

3. Pabrik fenil asetat didirikan dekat dengan lokasi sumber air yaitu Sungai Bengawan Solo sehingga dapat meminimalisir kemungkinan kekurangan pasokan air. Selain itu, lokasi pendirian pabrik dekat dengan produsen bahan baku sehingga dapat terjaga kontinuitasnya.

Berdasarkan poin penjelasan diatas, maka dapat disimpulkan bahwa pabrik fenil asetat dengan kapasitas 20.000 ton/tahun layak untuk didirikan karena telah memenuhi syarat yang ada.

7.2 Saran

Dalam perancangan pabrik kimia diperlukan pengetahuan dan pemahaman yang didukung dengan adanya referensi dan pranalar lainnya yang memiliki hubungan untuk meningkatkan tingkat kelayakan pendirian pabrik kimia berupa optimalisasi penentuan alat proses dan alat penunjang perlu diperhatikan agar perolehan keuntungan dapat lebih maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S., and Newton, R.D., 1955, Chemical Engineering Cost Estimation, Mc Graw Hill Handbook Co., Inc., New York.
- Brown, G G (1977). Unit Operarions. CBS, New Delhi
- Brownell, L E. Young, E H. (1959). Equipment Design. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Coulson, J.J and Richardson, J.F. 1983. Chemical Equipment Design. John Wiley and Sons. Inc, New York.
- D. McGinty, D. Vitale, C.S. Letizia, A.M. Api. 2012. Fragrance material review on phenethyl acetate. Food and Chemical Toxicology. Volume 50. Pages S491-S497. ISSN 0278-6915. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.02.089>.
- Fogler, H.S. 2006. Elements of Chemical Reaction Engineering. 4th ed. Pearson Education Inc. Massachusetts.
- Geankoplis, C J. 1993. Transport Processes and Unit Operations Third Edition. Prentice-Hall International, Inc. New Jersey.
- G. Kuriakose, J.B. Nagy, N. Nagaraju. 2004. One pot synthesis of phenyl acetate and o-hydroxyacetophenone via esterification and fries rearrangement over zeolite catalysts. Studies in Surface Science and Catalysis. Volume 154, Part C. Pages 2803-2808. [https://doi.org/10.1016/S0167-2991\(04\)80557](https://doi.org/10.1016/S0167-2991(04)80557).

Kern, D.Q., 1965, Process Heat Transfer, McGraw Hill Book Company Inc., New York.

Matche, 2023. Equipment cost. <http://www.matche.com/>. Diakses pada tanggal 26 Juli 2024 pukul 02.46 WIB

Mc. Ketta, John, 1976, “ Encyclopedia Chemical Process and Design, Volume 1”, Marchell Dekker Inc., New York. Perry, R.H., and Green, D.W.

Renzo Carta, Stella Dernini,

Kinetic study of the acetate-catalysed hydrolysis of phenyl acetate. 2001. Chemical Engineering Journal. Volume 81, Issues 1–3. [https://doi.org/10.1016/S1385-8947\(00\)00216-3](https://doi.org/10.1016/S1385-8947(00)00216-3).

Perry, R.H. and D. W. Green. 1997. Perry’s Chemical Engineering Handbooks, 7th edition, McGraw Hill Book Co., New York

Peters, M. S., & Timmerhaus, K. D. (1991). Plant design and economics for chemical engineers (4th ed.). McGraw Hill Book Co., Inc., New York.

Peters, M. S., Klaus D. Timmerhaus and Ronald E. West .(2004). Plant design and economics for chemical engineers (5th ed.). McGraw Hill Book Co., Inc., New York.

Smith, J. M., and H. C. Van Ness. Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics. New York: McGraw-Hill, 1959.

- Treybal (1981). Mass – Transfer Operations. McGraw-Hill. Singapore Ulrich, G.D. 1984. A Guide to Chemical engineering Process Design and Economic's. John Wiley and Sons. Inc, New York.
- Walas, S.M., 1988, Chemical Process Equipment, 3rd ed, Butterworths Series in Chemical Engineering, USA.
- Wen-Hua Chen, Frank Bauer, Evelin Bilz, Annette Freyer, Shing-Jong Huang, Chiun-Shen Lai, Shang-Bin Liu. 2004. Acidity characterization of H-ZSM-5 catalysts modified by pre-coking and silylation. Studies in Surface Science and Catalysis. Volume 154, Part C, Pages 2269-2274. [https://doi.org/10.1016/S0167-2991\(04\)80485-3](https://doi.org/10.1016/S0167-2991(04)80485-3).
- Yaws, Carl L., 1999, Chemical Properties Handbook, McGraw Hill, Kogakusha, Ltd., Tokyo.
- Sobrinho, Eledir Cardoso, Dilson Souza-Aguiar, E.F. 1998. Thermodynamic analysis of phenol acylation with acetic acid. Journal of the Brazilian Chemical Society. 10.1590/S0103-50531998000300005.

LAMPIRAN A

PERANCANGAN REAKTOR

Kode	: R-01
Fungsi	: Tempat berlangsungnya reaksi fenol dengan asam asetat membentuk fenil asetat
Jenis	: <i>Continuous Stirred Reactor Tank</i>
Konversi	: 80%
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 30°C
Reaksi	: Eksotermis, nonadiabatis-isotermal
Tujuan	: 1. Menentukan jenis reaktor 2. Menghitung neraca massa 3. Merancang spesifikasi reaktor

A. Alasan Pemilihan Reaktor

Jenis reaktor yang digunakan adalah reaktor alir tangki berpengaduk (RATB). Dasar pemilihan reaktor adalah sebagai berikut:

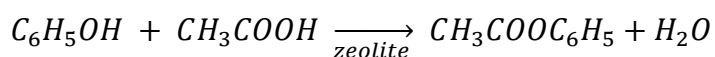
1. Reaksi berada pada fase cair-cair
2. Beroperasi secara kontinyu.
3. Terdapat pengaduk, sehingga sihi dan komposisi selalu homogen.
4. Harga relatif murah.
5. Konstruksi lebih sederhana.

B. Neraca Massa

Tabel 1 Neraca massa Reaktor - 01

Komponen	Input (Kg/Jam)			Output (Kg/Jam)
	Arus 1	Arus 2	Arus 3	Arus 4
C ₆ H ₅ OH	2.222,20			444,44
CH ₃ COOH		1.418,43		283,69
CH ₃ COOC ₆ H ₅				2.572,08
H ₂ O	22,45	2,84		365,71
Zeolite H-β			141,76	141,76
Total	2.244,65	1.421,27	141,84	3.807,76
		3.807,76		3.807,76

Reaksi yang terjadi:



Mula-mula	23,640	23,640	0,000	0,000
Reaksi	18,912	18,912	18,912	18,912
Setimbang	4,728	4,728	18,912	18,912

C. Perancangan Reaktor

Untuk menghitung optimasi reaktor diperlukan data data sebagai berikut:

1. Densitas Campuran

$$\rho = 1.032 \text{ kg/m}^3$$

2. Kecepatan volumetric umpan (Fv)

$$Fv = \frac{\text{densitas campuran} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)}{\text{umpan masuk} \left(\frac{\text{kg}}{\text{jam}} \right)} = \frac{1.022}{3.807.76} = 3,688 \text{ m}^3/\text{jam}$$

3. Konsentrasi C_6H_5OH (C_{A0})

$$\frac{FA0}{Fv} = \frac{31,43}{4,638} = 7 \text{ kmol/m}^3$$

4. Konsentrasi CH_3COOH (C_{b0})

$$\frac{FA0}{Fv} = \frac{31,43}{4,638} = 7 \text{ kmol/m}^3$$

5. Kinetika Reaksi

$$k = 5,074 \text{ m}^3/\text{kmol.jam}$$

6. Konversi Reaksi

$$80\%$$

D. Menghitung Optimasi Reaktor1. Untuk satu reaktor ($n = 1$)

$$V = \frac{Fv(x_{A1} - x_{A0})}{kC_{A0}(1 - x_{A1}) - (M - x_{A1})} \quad (1)$$

2. Untuk dua reaktor ($n = 2$)

$$V = \frac{Fv(x_{A2} - x_{A1})}{kC_{A0}(1 - x_{A2}) - (M - x_{A2})} \quad (2)$$

3. Untuk tiga reaktor ($n = 3$)

$$V = \frac{Fv(x_{A3} - x_{A2})}{kC_{A0}(1 - x_{A3}) - (M - x_{A3})} \quad (3)$$

4. Untuk empat reaktor ($n = 4$)

$$V = \frac{Fv(x_{A4} - x_{A3})}{kC_{A0}(1 - x_{A4}) - (M - x_{A4})} \quad (4)$$

Berdasarkan persamaan diatas maka diperoleh perhitungan sebagai berikut:

Tabel 2 Konversi reaktor

n	$xa1$	$xa2$	$xa3$	$xa4$	$xa5$
1	0,800				
2	0,624	0,800			
3	0,520	0,710	0,800		
4	0,450	0,641	0,741	0,800	

Tabel 3 Volume reaktor

n	$V1$	$V2$	$V3$	$V4$	$1,2 \times V$
1	2,268				2,779
2	0,510	0,510			0,612
3	0,256	0,256	0,256		0,313
4	0,168	0,168	0,168	0,168	0,206

Setelah melakukan over desain reaktor pada volume hasil perhitungan optimasi reaktor menunjukkan reaktor bereaksi secara optimal pada dua reaktor dan harga paling ekonomis yaitu menggunakan 2 reaktor dengan volume shell reaktor yaitu $0,612 \text{ m}^3$.

E. Menghitung Dimensi Reaktor

1. Menentukan Ukuran Tangki

Dengan ratio dimensi $D = 2H$, didapatkan ukuran tangki sebesar:

$$\text{Diameter} = 0,73 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = 1,46 \text{ m}$$

2. Menentukan Tebal Shell

Tebal *shell* berdasarkan ASME code untuk *cylindrical tank*:

$$T_s = \frac{P \times r}{(f \times E) - (0,6 \times P)} + C \quad (5)$$

$$T_s = \frac{37,59 \times 18,12}{(21.030 \times 0,85) - (0,6 \times 37,59)} + 0,125 = 0,163 \text{ in}$$

Keterangan:

T_s = Tebal *shell*, in

P = Tekanan *design*, psi

f = *allowable stress* bahan, psi (stainless steel 304)

E = *joint efficiency*

r = Jari-jari dalam *shell*

C = *corrosion allowance*

Didapatkan tebal tangki standar sebesar 0,188 inch.

3. Penentuan Dimensi Tutup Atas dan Tutup Bawah

Tebal standar Hemispherical Dished berdasarkan ukuran OD standar pada tabel 5.7 Brownell. Dari Tabel 5.7 Brownell didapatkan:

$$T_h = \frac{P \times r \times W}{(2f \times E) - (0,2 \times P)} + C \quad (6)$$

$$W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{r}{icr}} \right) \quad (7)$$

Keterangan:

T_h = Tebal *head*, in

P = Tekanan *design*, psi

f = *allowable stress* bahan, psi (stainless steel 304)

E = *joint efficiency*

r = Jari-jari dalam *shell*, in

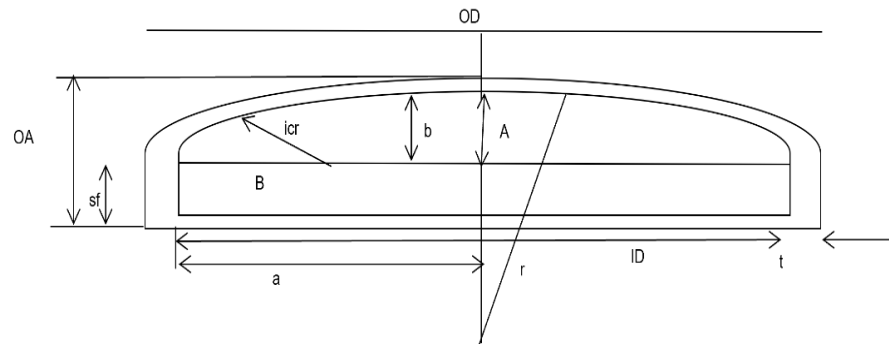
icr = *inside corner radius*, in

C = *corrosion allowance*

$$W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{r}{icr}} \right) = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{34}{2,125}} \right) = 1,750 \text{ in}$$

$$Th = \frac{22,89 \times 34 \times 1,750}{((2 \times 21.030,472) \times 0,850) - (0,2 \times 22,89)} + 0,125 = 0,159 \text{ in}$$

Didapatkan tebal standar head sebesar 0,188 inch



Bahan konstruksi untuk *head* reaktor dipilih *Carbon Steel SA 283 Grade C* karena memiliki konstruksi yang kuat, tahan terhadap korosifitas dan struktur kuat dengan *allowable stress* mencapai 12.650 psi. Tebal *head* standar yang digunakan 0,188 in dan diameter luar standar *shell* dipilih 30 in sehingga berdasarkan Tabel 5.7 hal.89 Brownell & Young diperoleh data sebagai berikut:

$$IDs = 29,63 \quad \text{in}$$

$$Icr = 1,88 \quad \text{in}$$

$$r = 30$$

$$sf = 2$$

$$a = \frac{IDs}{2} = 14,81 \quad \text{in}$$

$$AB = a - icr = 12,94 \quad \text{in}$$

$$BC = r - icr = 28,13 \quad \text{in}$$

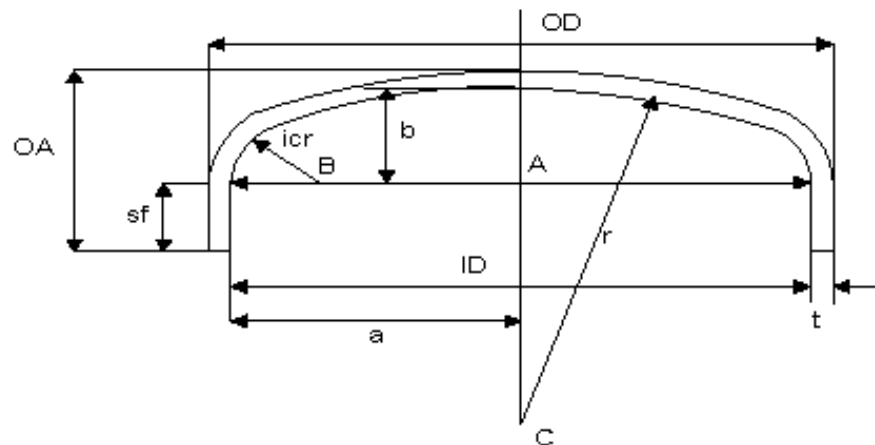
$$AC = \sqrt{BC^2 - AB^2}$$

$$= 24,98 \quad \text{in}$$

$$b = r - AC = 5,03 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi Head (OA)} = tH + sf + b = 7,22 \text{ in} = 0,183 \text{ m}$$

4. Menghitung Tinggi Reaktor Total

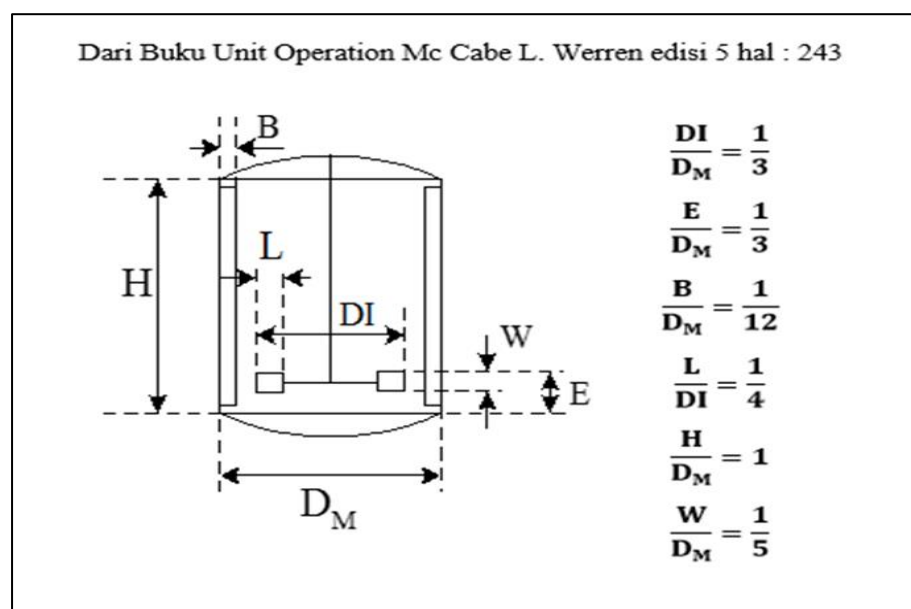


Berdasarkan Tabel 5.11 Brownell & Young, untuk $T_h = 0,188 \text{ in}$ maka *standart straight flanged* (sf) = 2

$$\text{Tinggi Head (OA)} = 0,18 \text{ m}$$

$$\text{maka, tinggi total} = H_{\text{shell}} + 2.H_{\text{head}} = 1,82 \text{ m}$$

5. Menghitung Tinggi Pengaduk



Karena campuran memiliki nilai viskositas <1000 cP, maka dapat digunakan six pitched blade turbine. Selanjutnya, karena turbine memiliki range volume yang besar dan dapat digunakan untuk kecepatan putaran yang cukup tinggi maka dapat dipilih jenis flat blade turbine impellers sebagai pengaduk.

- a. Pengaduk : *flat blade impeller*
- b. Jumlah sudu (blade) : 6 buah
- c. Jumlah baffle : 4

Dengan ID = 33,625 in, maka dapat diperoleh :

DM (Diameter Shell)	: 0,730	m
DI (Diameter Pengaduk)	: 0,243	m
E (Jarak Pengaduk)	: 0,243	m
B (Lebar Baffle)	: 0,061	m
L (Lebar Pengaduk)	: 0,061	m
H (Tinggi Cairan)	: 0,730	m
W (Tinggi Pengaduk)	: 0,146	m

6. Menghitung Jumlah Impeller

WELH (*Water Equivalent Liquid High*) = 1,368 m

$$\Sigma_{\text{impeller}} = \frac{\text{WELH}}{D}$$

$$\Sigma \text{ impeller} = \frac{0,750 \text{ m}}{0,730 \text{ m}} = 2 \text{ impeller}$$

jumlah impeller yang dibutuhkan adalah 2

7. Putaran Pengaduk

$$N = \frac{600}{\pi DI} \sqrt{\frac{WELH}{2 DI}}$$

$$N = 97,604 \text{ rpm}$$

Jenis motor yang digunakan adalah *fixed speed belt* dengan kecepatan standar adalah 100 rpm.

8. Menghitung Power Motor

$$Re = \frac{\rho_L N DI^2}{\mu_L}$$

$$Re = 1.878,330$$

Dari gambar 9.13 Mc.Cabe, hal. 251 diperoleh N_p adalah 5,5.

$$P = \frac{N^3 DI^5 \rho N_p}{550 \text{ gc}}$$

$$P = 0,492 \text{ Hp}$$

Power standar motor adalah 0,5 Hp.

F. Neraca Panas Reaktor-01

Suhu : 30°C

Tekanan : 1 atm

Tabel 4 Neraca panas di Reaktor – 01

Komponen	Masuk (kJ/Jam)	Keluar (kJ/Jam)
Q1	24.790,423	
Q2	15.312,175	
Q3	54.942,157	
Q4		90.832,049
Q Reaksi	137.459,782	
Sub total	232.504,537	90.832,049
Qw Pendingin		141.672,488
Total	232.504,537	232.504,537

G. Merancang Sistem Pendingin

Reaktor beroperasi secara *isothermal* dan reaksi yang terjadi merupakan reaksi eksotermis sehingga panas yang dibutuhkan reaksi harus diserap ke reaktor untuk mencegah penurunan suhu. Coil pendingin digunakan untuk menjaga suhu reaktor pada 30°C.

Pertimbangan penggunaan coil meliputi:

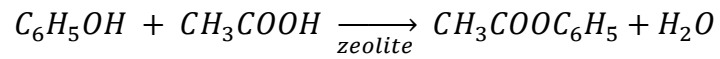
- Terjadi kontak langsung dengan fluida sehingga transfer panas lebih efektif
- Panas tercampur lebih homogen didalam fluida
- Ekonomis

Digunakan pendingin pada reaktor sehingga kebutuhan pendingin:

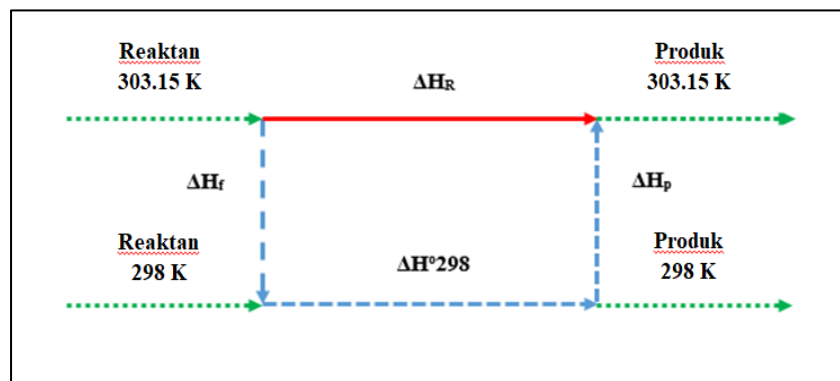
Panas reaksi di Reaktor-01

Konversi : 80%

Reaksi yang terjadi,



Mula-mula	23,640	23,640	0,000	0,000
Reaksi	18,912	18,912	18,912	18,912
Setimbang	4,728	4,728	18,912	18,912



$$\Delta H^{\circ}_{298} = \Delta H^{\circ}_p - \Delta H^{\circ}_r$$

$$\Delta H^{\circ}_{298} : ((9,736+6,002) - (11,514+11,715)) \text{ kJ/mol} \quad (\text{yaws, 1999})$$

$$\Delta H^{\circ}_{298} : -7,491 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}_{298} : -141.673 \text{ kJ}$$

$$\Delta H_{\text{Reaction at } 303.15 \text{ K}} = \int_{303.15}^{T_{\text{Ref}}} m_{\text{input}} \cdot C_p \cdot dT + \left(\sum \Delta H_f^{\circ}_{\text{product}} + \sum \Delta H_f^{\circ}_{\text{reactant}} \right) + \int_{T_{\text{Ref}}}^{303.15 \text{ K}} m_{\text{output}} \cdot C_p \cdot dT$$

$$\Delta H^{\circ}_{\text{reaksi}} : -137.460 \text{ kJ}$$

1. Mengitung ΔT LMTD

$$\Delta T_{\text{LMTD}} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}}$$

$$\text{Suhu hot fluid reaktor} : 30 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad 86 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

Suhu pendingin reaktor masuk	: 20 °C	68 °F
Suhu pendingin reaktor keluar	: 25 °C	392 °F
ΔT_1 (°F)	: 18 °F	
ΔT_2 (°F)	: 9 °F	
ΔT_{LMTD}	: 12,98 °F	
Kebutuhan air pendingin	: 6.753 kg/jam	

2. Menghitung Luas Transfer Panas

$$A = \frac{Q}{U_D \Delta T_{LMTD}}$$

Untuk pendingin dan *hot fluid heavy organics*,

Viskositas, μL	: 3,317 cP (<i>heavy organics</i>)
UD	: 60 w/m ² .K (kern, 1965)
A	: 172,371 ft ²
	: 16,014 m ²

3. Menghitung Luas Selubung Reaktor-01

$$L = \pi D L$$

L	: 1,67 m ²
---	-----------------------

Karena luas transfer panas lebih besar dari selubung reaktor, maka digunakan koil pendingin.

4. Menghitung Dimensi Koil Pendingin

Cp air di 20°C	: 5,065 kJ/Kg.K
Rotasi Pengaduk (N)	: 100 rpm

Densitas, ρ	: 1.050 kg/m ³
Viskositas, μL	: 3,317 cP
	: 11,496 lb/ft.jam
Konduktivitas Termal	: 0,102 Btu/ft.jam.°F
Diameter Reaktor, Dt	: 0,730 m
Diameter Impeler, L	: 0,243 m

Pemilihan pipa standar (Tabel. 13, Timmerhaus, 1991):

IPS	: 1,5 in	0,125 ft
OD	: 1,9 in	0,150 ft
ID	: 1,6 in	0,134 ft
at''	: 0,498 ft ² /ft	
a'	: 2,04 in	0,014 ft ²

5. Fluks Massa Pendingin Total (G_{tot})

$$m_w = \frac{Q_w}{C_p(T_{out} - T_{in})}$$

Mw : 266,62 kg/jam

$$G = \frac{m_w}{A_p}$$

G : $\frac{266,62 \text{ kg/jam}}{0,014 \text{ ft}^2}$
: 18.820,76 kg/jam.ft²
: 41.499,77 lb/jam.ft²

6. Fluks Massa Tiap Set Koil

$$G_i = \rho_c \times v_c$$

Kecepatan medium pendingin di dalam pipa umumnya 1,5-2,5 m/s

Dipilih v_c : 2,5 m/s
: 8,202 ft/s

G_i : 1.902.341,208 lbm/jam.ft²

Koefisien Transfer Panas Fluida Sisi Dalam Tube

$$h_i = jH \frac{k}{D} \left(\frac{c \mu}{k} \right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14}$$

(Peter Harriot pers. 5.1)

Sifat fisis fluida :

Densitas (ρ) : 64,42 lb/ft³

Viskositas (μ) : 2,481 lb/ft.jam

Konduktivitas termal : 1,210 Btu/lb.°F

$$h_i = 51,901 \frac{Btu}{ft^2 jam.°F}$$

$$ID = 1,610 \text{ in} \\ = 0,314 \text{ ft}$$

$$OD = 1,9 \text{ in} \\ = 0,150 \text{ ft}$$

Koefisien Transfer Panas Fluida Sisi Luar Tube

$$h_{io} = h_i \frac{ID}{OD}$$

$$h_{io} = 144,290 \frac{Btu}{ft^2 jam.°F}$$

Koefisien Transfer Panas Fluida Sisi Luar Koil

$$\frac{h_c D_i}{k} = 0.87 \left(\frac{L^2 N \rho}{\mu} \right)^{2/3} \left(\frac{c \mu}{k} \right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14}$$

(Peter Harriot pers. 5.1)

Sifat fisis fluida	:
Densitas (ρ)	: 65,597 lb/ft ³
Viskositas (μ)	: 8,024 lb/ft.jam
Konduktivitas termal	: 0,102 Btu/lb.°F
Cp air di 20°C	: 1,210 Btu/lb.°F
Diameter Impeller	: 0,243 ft
Rotasi Pengaduk	: 6.000 rph

$$h_o = 168,269 \frac{Btu}{ft^2 jam.°F}$$

7. Clean Overall Coefisien (U_c)

$$U_c = \frac{h_o \times h_{io}}{h_o + h_{io}}$$

$$U_c = 77,68 \frac{Btu}{jam.ft°F}$$

Diambil Rd 0,001 (Tabel 12 Kern, 1950)

$$U_D = \frac{1}{\frac{1}{77,68} + 0,001}$$

$$U_D = 72,08 \frac{Btu}{jam.ft°F}$$

 U_D memenuhi untuk *heavy organics* dengan rentang U_D yaitu 5-75.

8. Panjang Pipa

$$L_c = \frac{A}{A_o}$$

$$L_c = 346,127 \text{ ft}$$

9. Volume Koil

$$V_c = \frac{1}{4} \pi \cdot OD^2 \cdot L_c$$

$$V_c = 0,1933 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume Total} = V \text{ Cairan} + V \text{ Koil}$$

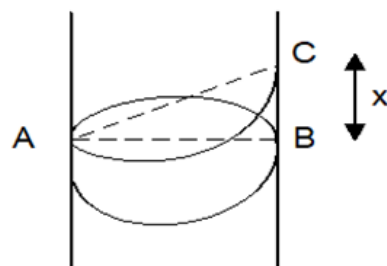
$$\text{Volume Total} = 0,751 \text{ m}^3$$

10. Tinggi Cairan

$$h = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D^2}$$

$$H \text{ Cairan Koil} = 1,792 \text{ m}$$

11. Jumlah Lilitan Koil



$$BC = \frac{1}{3} \cdot OD_{Coil}$$

$$BC = 0,005 \text{ m}$$

$$AB = 0.8 \cdot ID_{Reaktor}$$

$$AB = 0,584 \text{ m}$$

$$AC = \sqrt{AB^2 + BC^2}$$

$$AC = 0,584 \text{ m}$$

$$L_{Coil \text{ tiap lilitan}} = \pi \cdot AC$$

$$L \text{ Koil} = 1,835 \text{ m}$$

$$N_{Lilitan} = \frac{Lc}{L_{Coil \text{ tiap lilitan}}}$$

$$N \text{ lilitan koil} = 58 \text{ lilitan}$$

12. Tinggi Koil

$$h_{Coil} = (N - 1) \cdot BC + 2OD$$

$$H \text{ Koil} = 0,376 \text{ m}$$

Jarak koil dari dasar silinder (L_{ds}) = 0,1 x Diameter Reaktor

$L_{ds} = 0,073 \text{ m}$, sehingga

Tinggi puncak koil = Tinggi Koil + L_{ds}

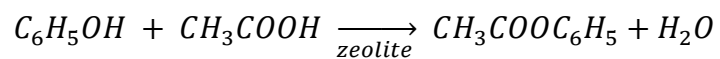
Tinggi puncak koil = 0,449 m

Maka, koil terendam dalam cairan didalam reaktor.

Kode	: R-02
Fungsi	: Tempat berlangsungnya reaksi fenol dengan asam asetat membentuk fenil asetat
Jenis	: <i>Continuous Stirred Reactor Tank</i>
Konversi	: 0,176%
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 30°C
Reaksi	: Eksotermis, nonadiabatis-isotermal
Tujuan	: 1. Menentukan jenis reaktor 2. Menghitung neraca massa 3. Merancang spesifikasi reaktor

Panas reaksi di Reaktor-02

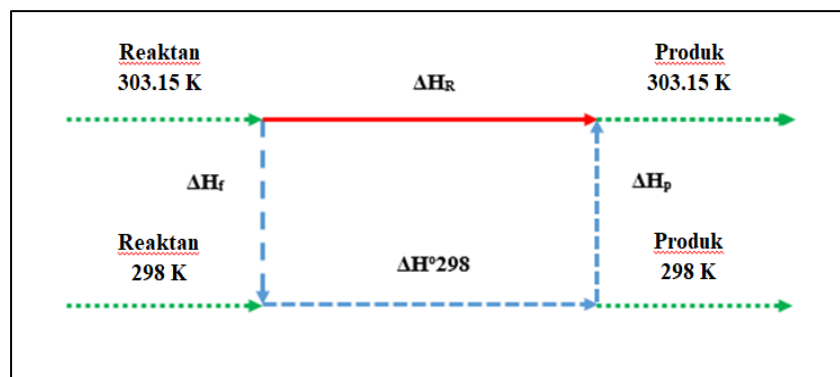
Reaksi yang terjadi;



Mula-mula	4,728	4,728	0,000	0,000
Reaksi	4,167	4,167	4,167	4,167
Setimbang	0,562	0,562	4,167	4,167

Tabel 5 Neraca panas di Reaktor – 02

Komponen	Masuk (kJ/Jam)	Keluar (kJ/Jam)
Q1	24.790,423	
Q2	15.312,175	
Q3	54.942,157	
Q4		90.832,049
Q Reaksi	26.999,139	
Sub total	122.043,894	90.832,049
Qw Pendingin		31.211,845
Total	122.043,894	122.043,894



$$\Delta H^{\circ}_{298} = \Delta H^{\circ}_p - \Delta H^{\circ}_r$$

$$\Delta H^{\circ}_{298}: ((9,736+6,002) - (11,514+11,715)) \text{ kJ/mol} \quad (\text{yaws, 1999})$$

$$\Delta H^{\circ}_{298}: -7,491 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}_{298}: -31.212 \text{ kJ}$$

$$\Delta H_{\text{Reaction at } 303.15 \text{ K}} = \int_{303.15}^{T_{\text{Ref}}} m_{\text{input}} \cdot C_p \cdot dT + \left(\sum \Delta H^{\circ}_f_{\text{product}} + \sum \Delta H^{\circ}_f_{\text{reactant}} \right) + \int_{T_{\text{Ref}}}^{303.15 \text{ K}} m_{\text{output}} \cdot C_p \cdot dT$$

$$\Delta H^{\circ}_{\text{reaksi}} : -26.999 \text{ kJ}$$

1. Mengitung ΔT LMTD

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}}$$

Suhu <i>hot fluid</i> reaktor	: 30 °C	86 °F
Suhu pendingin reaktor masuk	: 20 °C	68 °F
Suhu pendingin reaktor keluar	: 25 °C	392 °F
ΔT_1 (°F)	: 18 °F	
ΔT_2 (°F)	: 9 °F	
ΔT_{LMTD}	: 12,98 °F	
Kebutuhan air pendingin	: 1.488 kg/jam	

2. Menghitung Luas Transfer Panas

$$A = \frac{Q}{U_D \Delta T_{LMTD}}$$

Untuk pendingin dan *hot fluid heavy organics*,

Viskositas, μL	: 3,32 cP (<i>heavy organics</i>)
UD	: 5-75 w/m ² .K (kern, 1965)
A	: 37,975 ft ²
	: 3,528 m ²

3. Menghitung Luas Selubung Reaktor-01

$$L = \pi D L$$

L	: 1,676 m ²
---	------------------------

Karena luas transfer panas lebih besar dari selubung reaktor, maka digunakan koil pendingin.

4. Menghitung Dimensi Koil Pendingin

Cp air di 20°C : 1,210 Btu/lb.°F

Rotasi Pengaduk (N) : 100 rpm

Densitas, ρ : 1.050 kg/m³

Viskositas, μ L : 3,317 cP

: 8,024 lb/ft.jam

Konduktivitas Termal : 0,102 Btu/ft.jam.°F

Diameter Reaktor, Dt : 0,730 m

Diameter Impeler, L : 0,243 m

Pemilihan pipa standar (Tabel. 13, Timmerhaus, 1991):

IPS : 1,5 in 0,125 ft

OD : 1,9 in 0,150 ft

ID : 1,6 in 0,134 ft

at'' : 0,498 ft²/ft

a' : 2,04 in 0,014 ft²

5. Fluks Massa Pendingin Total (G_{tot})

$$m_w = \frac{Q_w}{C_p(T_{out} - T_{in})}$$

Mw : 58,74 kg/jam

$$G = \frac{m_w}{A_p}$$

G : $\frac{58,74/jam}{0,014 ft^2}$

: 4.146,4 kg/jam.ft²

$$: 9.142,8 \text{ lb/jam.ft}^2$$

6. Fluks Massa Tiap Set Koil

$$G_i = \rho_c \times v_c$$

Kecepatan medium pendingin di dalam pipa umumnya 1,5-2,5 m/s

$$\begin{aligned} \text{Dipilih } v_c & : 2,5 \text{ m/s} \\ & : 8,202 \text{ ft/s} \end{aligned}$$

$$G_i : 1.902.341,208 \text{ lbm/jam.ft}^2$$

Koefisien Transfer Panas Fluida Sisi Dalam Tube

$$hi = jH \frac{k}{D} \left(\frac{c \mu}{k} \right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14}$$

(Peter Harriot pers. 5.1)

Sifat fisis fluida

$$\text{Densitas } (\rho) : 64,43 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Viskositas } (\mu) : 2,481 \text{ lb/ft.jam}$$

$$\text{Konduktivitas termal} : 1,692 \text{ Btu/lb.}^\circ\text{F}$$

$$\text{Cp air di } 20^\circ\text{C} : 1,210 \text{ Btu/lb.}^\circ\text{F}$$

$$hi = 55 \frac{\text{Btu}}{\text{ft}^2 \text{ jam.}^\circ\text{F}}$$

$$\text{ID} = 1,610 \quad \text{in}$$

$$= 0,314 \quad \text{ft}$$

$$\text{OD} = 1,9 \quad \text{in}$$

$$= 0,150 \quad \text{ft}$$

Koefisien Transfer Panas Fluida Sisi Luar Tube

$$hio = hi \frac{ID}{OD}$$

$$h_{io} = 152,78 \frac{Btu}{ft^2 jam.^{\circ}F}$$

Koefisien Transfer Panas Fluida Sisi Luar Koil

$$\frac{h_c D_i}{k} = 0,87 \left(\frac{L^2 N \rho}{\mu} \right)^{2/3} \left(\frac{c \mu}{k} \right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14} \quad (\text{Peter Harriot pers. 5.1})$$

Sifat fisis fluida	:
Densitas (ρ)	: 65,597 lb/ft ³
Viskositas (μ)	: 8,024 lb/ft.jam
Konduktivitas termal	: 0,102 Btu/lb. ^o F
Cp air di 20 ^o C	: 1,210 Btu/lb. ^o F
Diameter Impeller	: 0,243 ft
Rotasi Pengaduk	: 100 rph

$$h_o = 168,27 \frac{Btu}{ft^2 jam.^{\circ}F}$$

7. Clean Overall Coefisien (U_c)

$$U_c = \frac{h_o \times h_{io}}{h_o + h_{io}}$$

$$U_c = 80,075 \frac{Btu}{Jam.ft^{\circ}F}$$

Diambil Rd 0,001 (Tabel 12 Kern, 1950)

$$U_D = \frac{1}{\frac{1}{80,075} + 0,001}$$

$$U_D = 74,138 \frac{Btu}{Jam.ft^{\circ}F}$$

U_D memenuhi untuk *heavy organics* dengan rentang U_D yaitu 5-75.

8. Panjang Pipa

$$L_c = \frac{A}{A_o}$$

$$L_c = 76,255 \text{ ft}$$

9. Volume Koil

$$V_c = \frac{1}{4} \pi \cdot OD^2 \cdot L_c$$

$$V_c = 0,042 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume Total} = V \text{ Cairan} + V \text{ Koil}$$

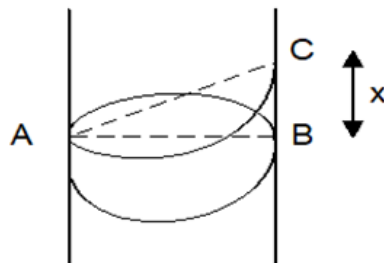
$$\text{Volume Total} = 0,589 \text{ m}^3$$

10. Tinggi Cairan

$$h = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D^2}$$

$$H \text{ Cairan Koil} = 1,433 \text{ m}$$

11. Jumlah Lilitan Koil



$$BC = \frac{1}{3} \cdot OD_{Coil}$$

$$BC = 0,005 \text{ m}$$

$$AB = 0.8 \cdot ID_{Reaktor}$$

$$AB = 0,584 \text{ m}$$

$$AC = \sqrt{AB^2 + BC^2}$$

$$AC = 0,584 \text{ m}$$

$$L_{Coil \text{ tiap lilitan}} = \pi \cdot AC$$

$$L \text{ Koil} = 1,835 \text{ m}$$

$$N_{Lilitan} = \frac{Lc}{L_{Coil \text{ tiap lilitan}}}$$

$$N \text{ lilitan koil} = 13 \text{ lilitan}$$

12. Tinggi Koil

$$h_{Coil} = (N - 1) \cdot BC + 2OD$$

$$H \text{ Koil} = 0,155 \text{ m}$$

Jarak koil dari dasar silinder (L_{ds}) = 0,1 x Diameter Reaktor

$$L_{ds} = 0,073 \text{ m, sehingga}$$

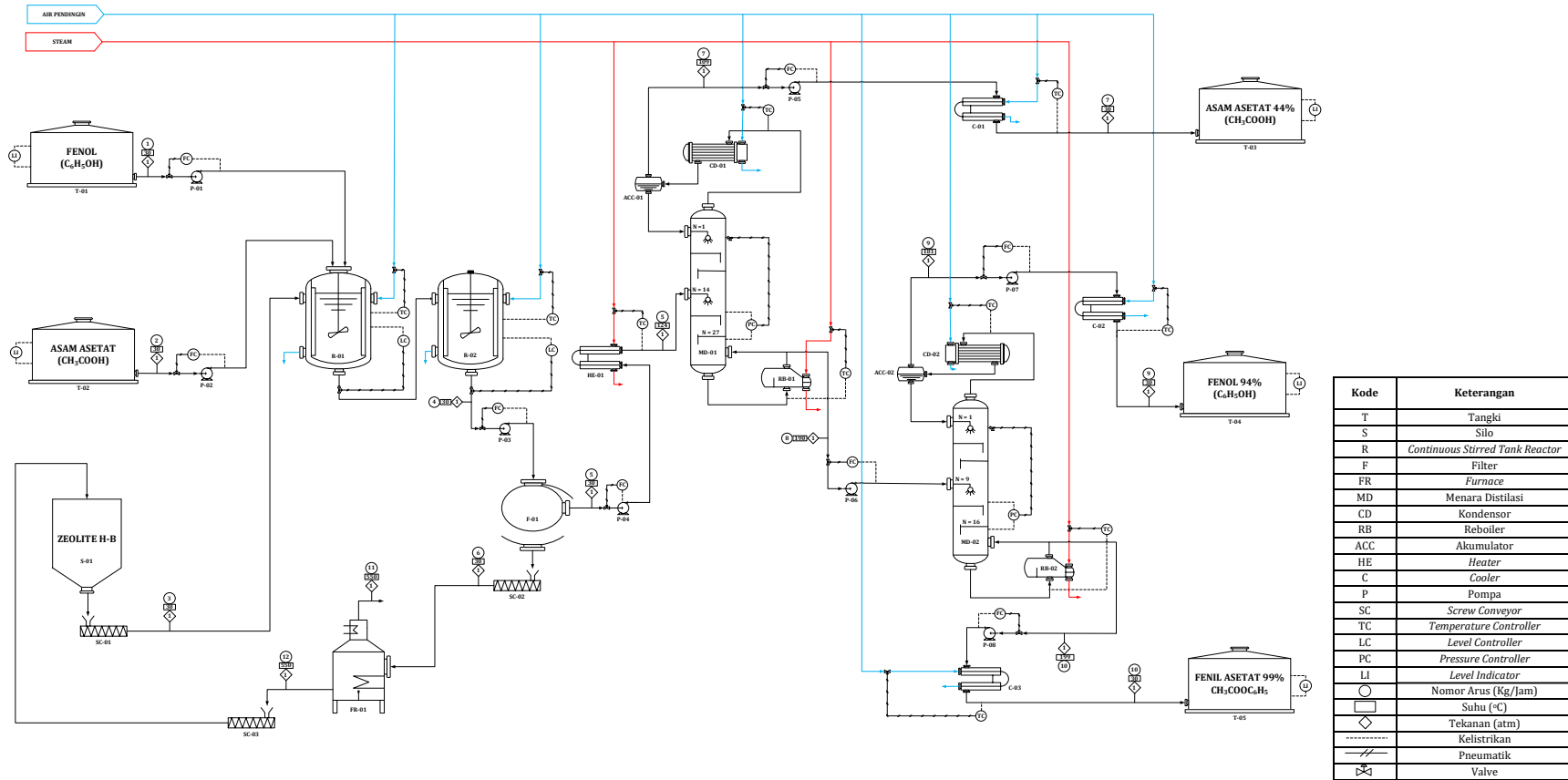
$$\text{Tinggi puncak koil} = \text{Tinggi Koil} + L_{ds}$$

$$\text{Tinggi puncak koil} = 0,228 \text{ m}$$

Maka, koil terendam dalam cairan didalam reaktor.

LAMPIRAN B
PROCESS FLOW DIAGRAM

PROCESS FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK FENIL ASETAT DARI FENOL DAN ASAM ASETAT
DENGAN KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN



Kode	Keterangan
T	Tangki
S	Silo
R	Continuous Stirred Tank Reactor
F	Filter
FR	Furnace
MD	Menara Distilasi
CD	Kondensor
RB	Reboiler
ACC	Akumulatur
HE	Heater
C	Cooler
P	Pompa
SC	Screw Conveyor
TC	Temperature Controller
LC	Level Controller
PC	Pressure Controller
LI	Level Indicator
○	Nomor Arus (Kg/Jam)
○	Suhu (°C)
◇	Tekanan (atm)
-----	Kelistrikan
-----	Pneumatik
▽	Valve

Komponen	Arus (Kg/jam)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
C6H5OH	2.222,20	0,00	0,00	444,44	440,00	4,44	4,40	435,60	431,24	4,36	4,44	0,00
CH3COOH	0,00	1.418,43	0,00	283,69	280,85	2,84	278,04	2,81	2,81	0,00	2,84	0,00
CH3COOC6H5	0,00	0,00	0,00	2.572,08	2.546,36	25,72	0,00	2.546,36	25,46	2.520,90	25,72	0,00
H2O	22,45	2,84	0,00	365,71	362,05	3,66	362,05	0,00	0,00	0,00	3,66	0,00
Zeolite H-Beta	0,00	0,00	141,84	141,84	0,00	141,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	141,84
Total	2.244,65	1.421,27	141,84	3.807,76	3.629,26	178,50	644,49	2.984,76	459,51	2.525,25	36,66	141,84

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
 FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

PRA RANCANGAN PABRIK FENIL ASETAT
 DARI FENOL DAN ASAM ASETAT
 DENGAN KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN















Disusun Oleh:
 Rani Abid Fadalyah (20521160)
 Hasnadika Nabilah Aurialia. W (20521218)












Dosen Pembimbing:
 Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T.

LAMPIRAN C

KARTU KONSULTASI PEMBIMBING PRARANCANGAN PABRIK

1. Nama Mahasiswa : Rani Abid Fadaiyah
NIM : 20521160
2. Nama Mahasiswa : Hasnadika Nabilah Auralia Wibowo
NIM : 20521218
- Judul Prarancangan : Prarancangan Pabrik Fenil Asetat dari Fenol dan
Asam Asetat Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
- Mulai Masa Bimbingan : 14 September 2023
- Batas Akhir Bimbingan : 13 September 2024

No.	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	20-09-23	Perkenalan dan Diskusi Prarancangan Pabrik	
2.	10-10-23	Konsultasi Pemilihan Proses dan Konsultasi Kapasitas	
3.	17-10-23	Konsultasi Kinetika dan Spesifikasi Bahan Baku	 
4.	21-11-23	Konsultasi Diagram Alir	 
5.	28-12-23	Konsultasi Neraca Massa	 
6.	20-01-24	Konsultasi Neraca Massa	 
7.	26-01-24	Konsultasi Reaktor	 
8.	16-03-24	Konsultasi Reaktor	 
9.	21-03-24	Konsultasi Reaktor, Filter	 

10.	26-04-24	Konsultasi Reaktor, MD	
11.	24-05-24	Konsultasi Reaktor dan MD	
12.	08-06-24	Konsultasi MD dan Furnace	
13.	02-07-24	Konsultasi MD dan Furnace	
14.	11-07-24	Konsultasi Furnace dan Alat Kecil	
15.	27-07-24	Konsultasi Alat Kecil dan Neraca Panas	
16.	01-08-24	Konsultasi MD, Furnace, Alat Kecil dan Neraca Panas	
17.	15-08-24	Konsultasi Lokasi Pabrik dan Utilitas	
18.	29-08-24	Konsultasi Utilitas dan Evaluasi Ekonomi	
19.	30-08-24	Konsultasi Evaluasi Ekonomi dan PEFD	
20.	03-09-24	Konsultasi Evaluasi Ekonomi	

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 4 September 2024

Dosen Pembimbing



Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T. M.T.

NIK. 155211305